

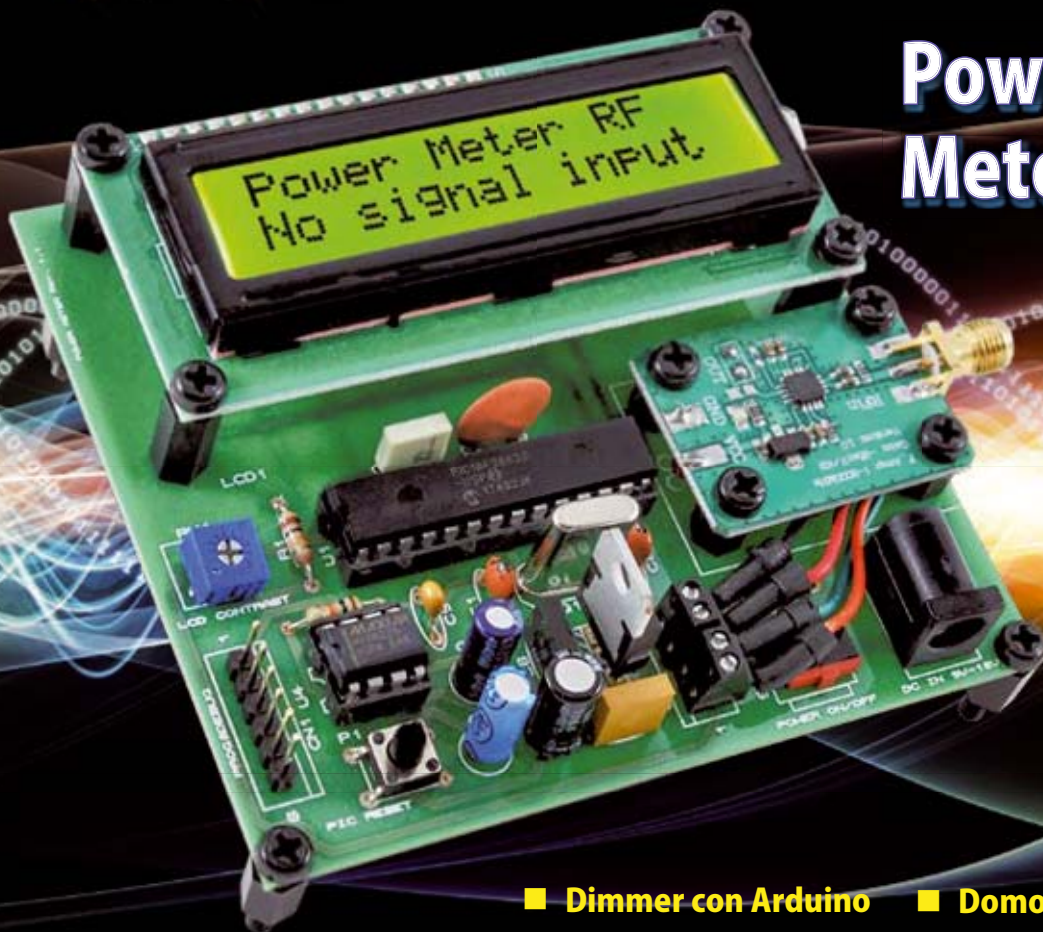
Elettronica In

www.elettronica.in.it

€ 6,00 - Anno XXV - n. 237 - LUGLIO / AGOSTO 2019



Power Meter RF



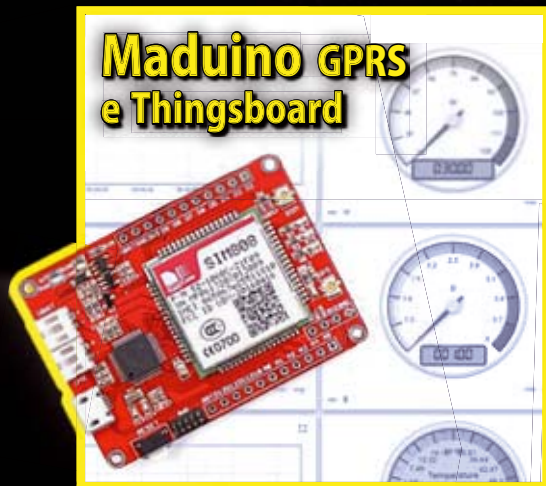
■ Dimmer con Arduino ■ Domotica per tutti

■ Driver per motori
passo-passo

■ ON AIR
per radio shack

■ Caricabatterie
per LiPo 3 celle

**Maduino GPRS
e Thingsboard**



**FAXMATIC
con Raspberry Pi**



IL MONDO DELL'
IoT
INTERNET OF THINGS

Progetti su misura!

Hai bisogno di una modifica ad un progetto pubblicato sulla rivista?

Manda una mail a
progettazione@futuragroupsrl.it
con una breve descrizione delle modifiche
che vorresti apportare per avere
un preventivo dettagliato.





Lunga vita ai Maker

Ha avuto grande risonanza tra la comunità dei maker la notizia della chiusura di Maker Media, la società guidata da Dale Dougherty che pubblica la rivista Make e che organizza le due più importanti Maker Faire americane, quella storica della Bay Area e quella di New York. Gravi problemi di natura finanziaria hanno costretto Dale Dougherty a licenziare i 22 dipendenti e a sospendere la pubblicazione di Make Magazine. La crisi sembra sia stata innescata dalla mancanza di sponsor per quanto riguarda le manifestazioni, e dagli alti costi di produzione della rivista.

Una situazione che gli addetti ai lavori conoscevano già, dopo che due anni fa la Maker Faire californiana aveva rischiato di saltare per mancanza di sponsor.

Certo, da un'ottica prettamente italiana qualcuno si domanda come si fa ad essere in crisi con ben 125 mila abbonamenti paganti e con un biglietto d'ingresso alle fiere di 30 dollari (più 25 di parcheggio).

Evidentemente i costi delle "attrazioni" americane non sono così a buon mercato.

E adesso? Che ne sarà del Maker Movement di cui Dave era il portabandiera? E delle Maker

Faire sparse in tutto il mondo? Diciamo subito che per quanto riguarda le altre Maker Faire (pensiamo soprattutto a quella di Roma in programma in autunno) sicuramente non ci sarà alcuna ripercussione: queste manifestazioni si sostengono con i finanziamenti di sponsor locali e non ricevono alcun contributo da parte di Maker Media. Casomai è vero il contrario.

Per quanto riguarda il movimento dei maker, siamo certi che in qualche modo Dave Dougherty riprenderà in mano le redini della situazione, continuando ad alimentare un fenomeno culturale che si è diffuso rapidamente in tutto il mondo e che è stato favorito dalla disponibilità di tecnologie sempre più semplici, più a buon mercato e, soprattutto, completamente "aperte", sia nell'hardware che nel software.

Un movimento che trova nelle community open-source come quella di Arduino e nella Fondazione Raspberry Pi quella sponda tecnologica per avvicinare all'elettronica, alla programmazione e all'innovazione, nonni e nipoti.

Anche se i maker sono sempre esistiti e sempre esisteranno.

Chiamateli inventori, innovatori, hobbysti, artigiani o imprenditori: Steve Jobs, Dave Packard, Bill Hewlett e tanti altri come loro, in fondo, non erano altro che dei maker.

In ogni caso, un po' ci mancherà l'odore degli hamburger con la cipolla o il sapore della paella di Gerard's della Maker Faire Bay Area.

In fondo i maker sono sempre esistiti e sempre esisteranno.

ON LINE

elettronica.in.it

SI RINGRAZIA

Futura Elettronica
Microchip
RM Elettronica



In copertina:
Sfruttiamo un AD8318 di Analog Devices per realizzare un misuratore di potenza RF in grado di funzionare con segnali da 1 MHz a 8 GHz. Utilizzabile sul campo o in laboratorio.

Arsenio Spadoni
 arsenio.spadoni@elettronica.in.it



Elettronica In

Rivista mensile, anno XXV n. 237
LUGLIO / AGOSTO 2019

Direttore Responsabile

Arsenio Spadoni

arsenio.spadoni@elettronica.in.it

Redazione

Stefano Garavaglia, Paolo Gaspari,
Boris Landoni, Davide Scullino,
Gabriele Daghetta, Alessandro Sottocornola

redazione@elettronica.in.it

Grafica

Alessia Sfulcini

alessia.sfulcini@elettronica.in.it

Ufficio Pubblicità

Monica Premoli (0331-752668)

monica.premoli@elettronica.in.it

Ufficio Abbonamenti

Elisa Guarniero (0331-752668)

elisa.guarniero@elettronica.in.it

Direzione, Redazione, Pubblicità

FUTURA GROUP srl - Divisione Editoriale
via Adige 11 - 21013 Gallarate (VA)

Tel. 0331-752668

Abbonamenti

Annuo 10 numeri Euro 45,00

Esteri 10 numeri Euro 45,00 (digitale)

Le richieste di abbonamento vanno inviate a:

FUTURA GROUP srl
via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)

Tel. 0331-752668

oppure tramite il sito

<https://www.elettronica.in.it/abbonamenti/>

Distribuzione per l'Italia

SO.DI.P. Angelo Patuzzi S.p.A.

via Bettola 18 - 20092 Cinisello Balsamo (MI)

Tel. 02-660301 Fax 02-66030320

Stampa

ROTO3 Spa - Via Turbigo, 11/b
20022 CASTANO PRIMO (MI)

Tiratura
18.500 copie



Mensile
associato all'USPI,
Unione Stampa
Periodica Italiana

Rivista mensile registrata presso il Tribunale di Milano
con il n. 245 il 03/05/1995.

Prezzo di copertina Euro 6,00.

Gli arretrati nei formati cartaceo e digitale (pdf) sono acquistabili
sul sito della rivista al prezzo di Euro 6,00.

Poste Italiane Spa - Spedizione in abbonamento Postale - D.L.
353/2003 (conv. in L. 27/02/2004) art. 1 comma 1 - DCB Milano.

Futura Group srl è iscritta al Registro Operatori della
Comunicazione n. 23650 del 02/07/2013.

Impaginazione ed immagini sono realizzati in DeskTop Publishing
con programmi Adobe InDesign e Adobe Photoshop per Windows.
Tutti i contenuti della Rivista sono protetti da Copyright.

Ne è vietata la riproduzione, anche parziale, la traduzione e più in
generale la diffusione con qualsiasi mezzo senza l'autorizzazione
scritta da parte dell'Editore. I circuiti, il firmware ed il software
descritti sulla Rivista possono essere realizzati solo per uso
personale, ne è proibito lo sfruttamento a carattere commerciale
e industriale. Tutti possono collaborare con Elettronica In. L'invio
di articoli, materiale redazionale, programmi, traduzioni, ecc.
implica da parte del Collaboratore l'accettazione dei compensi e
delle condizioni stabilite dall'Editore (www.elettronica.in.it/ase.pdf).
Manoscritti, disegni e foto non richiesti non verranno in alcun caso
restituiti. L'utilizzo dei progetti e dei programmi pubblicati non
comporta alcuna responsabilità da parte della Società Editrice.

© 2019 Futura Group srl



Contenuti

01

RUBRICHE

- 01 Editoriale
- 05 Q&A Questions & Answers
- 09 Embedded IoT
Digital Transformation of Things
- 13 Componenti & Sistemi
- 17 Appuntamenti & Eventi
- 122 Scienza & Tecnologia
- 126 Fonti Rinnovabili

Progetto di Copertina



76

Networking

Maduino e
Thingsboard

39



23

ARTICOLI

DIDATTICA

23 Domotica per tutti

Realizziamo applicazioni di controllo all'interno di edifici mediante una piattaforma basata sull'hardware di Raspberry Pi. Prima puntata.

RADIO

33 ON AIR per radio shack

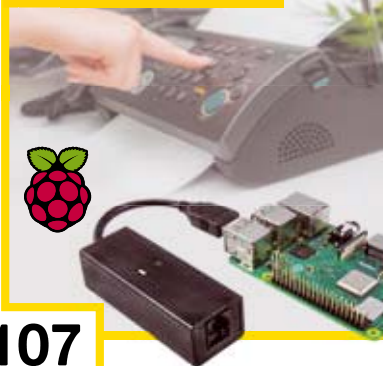
Realizziamo un'insegna luminosa radioamatoriale che si accende quando l'apparato RTX va in trasmissione, segnalandoci che siamo "in onda".

Didattica

Domotica per tutti



23

Mondo 3D**Motorfish****65****Raspberry Pi****FAXMATIC****107****LIGHTING****Dimmer AC con Arduino****97****Radio****ON AIR per radio shack****33****Didattica****Corso IoT****117****Applicazioni****Caricabatterie LiPo****89****NETWORKING****39 Maduino e Thingsboard**

Acquisiamo dati remoti da periferiche IoT dotate di connettività GPRS e localizzazione satellitare e pubblichiamoli nel cloud.

MONDO 3D**65 Motorfish: lo stepper non sbaglia un passo**

Descriviamo il firmware del controller a retroazione per motore passo-passo e testiamolo sulla stampante 3D. Seconda e ultima puntata.

STRUMENTAZIONE**76 Power Meter RF**

Realizziamo un ottimo misuratore di potenza dei segnali radio impiegabile sia al banco che sul campo. Prima puntata.

APPLICAZIONI**89 Caricabatterie LiPo**

Completo caricatore in formato breakout board basato sull'integrato BQ76920, in grado di gestire da 3 a 5 celle.

LIGHTING**97 Dimmer AC con Arduino**

Realizziamo un parzializzatore d'onda modulare che può funzionare sia in circuiti a corrente alternata che in dispositivi a sinusoide raddrizzata a singola semionda.

RASPBERRY PI**107 FAXMATIC**

Emuliamo il vecchio e caro Fax su una Raspberry Pi appoggiandoci, per la ricetrasmisione, a un modem PSTN e a un server web.

Didattica**117 Il mondo dell'Internet of Things**

Si parla tanto di Internet delle Cose, dei settori di impiego e dell'impatto sull'industria; proviamo a spiegare di cosa si tratta, facendo il punto sullo stato attuale e sugli scenari futuri che delinea.



Soluzioni Smart che velocizzano la progettazione

Building Block per ottimizzare l'intelligenza nel tuo progetto

Con l'evolversi della tecnologia, sempre più dispositivi richiedono sistemi intelligenti. Microchip è sempre stata all'avanguardia in questa evoluzione, offrendoti un ampio portfolio di soluzioni che ti aiutano a:

- Trovare facilmente il giusto livello di intelligenza per il tuo progetto con il nostro ampio portfolio di MCU, DSC e MPU a 8-, 16- e 32-bit
- Creare in modo efficiente progetti che si differenziano grazie a periferiche e funzioni flessibili
- Accelerare i tempi di progettazione con i nostri ambienti di sviluppo intuitivi, progetti di riferimento completi, librerie software gratuite e strumenti di generazione automatica del codice.



Scopri come Microchip può portarti più velocemente alla produzione con soluzioni che non sono solo intelligenti ma anche connesse e sicure.



Fatti furbo, vai su www.microchip.com/Smart





L'anno zero del 5 G

Davvero è iniziata l'era commerciale del 5 G? E gli smartphone, sono già disponibili?

Romano Barisoni > Milano

R: Ebbene sì, siamo finalmente arrivati alla fine di un lungo percorso: Vodafone, prima in Italia, ha annunciato la copertura di cinque città col nuovo servizio 5G: Milano e 28 comuni dell'area metropolitana, Roma, Torino, Bologna e Napoli. Entro il 2021 seguiranno le prime 100 città italiane e le principali località turistiche.

Un lungo percorso che abbiamo seguito sin dall'inizio, con le prime bozze relative agli obiettivi da raggiungere, le bande da utilizzare e le tecnologie da sfruttare. Occupandoci di chi era impegnato sul fronte della rete e di quanti stavano mettendo a punto i chipset necessari per i nuovi apparati. Un punto di arrivo che rappresenta anche una nuova partenza: non dimentichiamo, infatti, che ci sono voluti 10 anni per portare al top delle prestazioni la tecnologia 4G. E sicuramente ce ne vorranno altrettanti per ottenere dalla tecnologia 5G tutte le prestazioni in termini di

Queste pagine sono dedicate alle richieste, ai suggerimenti ed alle segnalazioni dei lettori.

Raccomandiamo, per quanto possibile, di proporre argomenti di interesse generale.

Contattateci all'indirizzo:
redazione@elettronica.it

throughput e di latenza che gli utenti si aspettano. D'altra parte quella che è entrata in funzione è la rete sub 6 GHz, con le onde millimetriche che sono ancora tutte da scoprire (e sfruttare).

I clienti Vodafone potranno scegliere tra 3 modelli di smartphone 5G:

- Xiaomi Mix 3 5G
- LG V50 ThinQ 5G
- Samsung Galaxy S10 5G

Naturalmente tutti questi smartphone sono compatibili con le tecnologie precedenti 4G, 3G e 2G. In assenza di copertura 5G, i terminali sfrutteranno la rete disponibile. Per quanto riguarda l'aspetto economico, per i clienti Consumer il servizio commerciale sarà disponibile dal 16 giugno senza costi aggiuntivi per le offerte 5G Ready già sul mercato: RED Unlimited Smart, RED Unlimited Black, Shake it Easy e per l'offerta Vodafone One Pro che diventa 5G. Per i clienti Consumer che non hanno un piano abilitato al 5G sarà disponibile l'opzione 5G Start al costo di 5 euro al mese (primo mese gratuito).

Per i clienti Business, che da aprile possono beneficiare di nuovi servizi per essere #AlwaysOnBusiness, dal 16 giugno saranno disponibili i piani Black già abilitati al 5G, mentre i piani Red potranno essere abilitati al 5G al costo di 5 euro al mese.

Viaggi sicuri con Android Auto

Il sistema multimediale della vettura che ho appena acquistato è compatibile con Android Auto. Come funziona e come si utilizza questa interfaccia?

Roberto Valle > Roma

R: Questa funzionalità, pensata per scongiurare l'uso del cellulare alla guida, consente di utilizzare alcune funzioni del nostro smartphone attraverso il display del navigatore o del sistema di infotainment dell'automobile.

Collegando il cellulare, verrà creata una nuova interfaccia con diverse e utili applicazioni, da Google Maps a Waze. Dopo aver controllato che il sistema di bordo supporti Android Auto (puoi fare una verifica sul sito www.android.com) dobbiamo installare sullo smartphone





(con sistema operativo 5.0 Lollipop) l'applicazione gratuita Android Auto. Terminata l'installazione puoi collegare lo smartphone alla vettura tramite un comune cavetto USB, al fine di abilitare l'interfaccia di Android Auto. Google ha anche sviluppato una modalità di connessione senza fili.

Per utilizzare Android Auto Wireless serve però un sistema d'infotainment e uno smartphone compatibili con questo sistema di collegamento. Una volta terminata la configurazione, sul display comparirà una nuova interfaccia dedicata, chiara e di facile utilizzo.

L'interfaccia utente è controllabile tramite i tradizionali pulsanti touch, attraverso i comandi sul volante, se presenti, e anche utilizzando la nostra voce. Per attivare le funzioni vocali basta fare tap sull'icona del microfono presente in alto a sinistra, premendo il pulsante apposito collocato sul volante della macchina (se presente) o pronunciando il solito comando vocale "Ok Google" che attiva varie funzioni: ad esempio "Ok Google portami a casa", "Ok Google apri WhatsApp", "Ok Google chiama Mamma" o "Ok Google invia un messaggio a Gianni" e altro ancora.

Android Auto consente infatti la completa gestione di chiamate, della messaggistica (WhatsApp, Sms, ecc.) con la possibilità di leggere i messaggi in arrivo e di dettare a voce una risposta o impostarne una automatica.

Tra le funzionalità di Android Auto troviamo anche la Navigazione che sfrutta la nota app Google Maps e la voce Musica che consente l'accesso a vari servizi di streaming audio come ad esempio Tunes, Spotify, Deezer e Google Play Music.

Arrivano le DDR5

In cosa differiscono le memorie DDR5 rispetto alle attuali DDR4 presenti sul mio PC? Di quanto sono più performanti?

Claudio Rossi > Venezia

R: Le DDR5 sono l'ultima evoluzione delle memorie per PC in grado di ridurre ulteriormente il consumo energetico e di raddoppiare la larghezza di banda e la capacità rispetto alle precedenti DDR4. Lo standard è stato recentemente definito da parte di JEDEC anche se alcune aziende – come SK Hynix – avevano fin dall'anno scorso messo in commercio prototipi di DDR5. L'acronimo DDR sta per Double Data Rate e indica la capacità di queste memorie di lavorare al doppio della loro frequenza nominale, più precisamente si parla di DDR SDRAM (acronimo per "memoria dinamica ad accesso casuale sincrona a doppia velocità") dove un byte viene trasmesso sul fronte di salita del clock (anche detto Posedge) e un altro sul fronte di discesa (anche detto

Negedge). Il Clock funziona a metà della velocità di trasmissione dei dati e viene distribuito a tutti i chip di memoria. Poiché i dati possono andare sia dal controller alla DRAM (operazione di scrittura) che dalla DRAM al controller (operazione di lettura), queste linee digitali sono di natura bidirezionale. Il data bus è un bus parallelo a 64 bit di larghezza (considerato che 8 bit formano 1 Byte, quindi 64 bit sono un trasferimento di 8 Byte). Si tratta di chip di memoria sviluppati pensando principalmente a quelle applicazioni che richiedono grossi spostamenti di dati come big-data, intelligenza artificiale e machine learning.

Le prime DDR5 introdotte da SK Hynix presentano una capacità di 16 GB, una velocità di trasferimento di 5200 MT/s e funzionano a 1,1 V; recentemente la stessa SK Hynix ha presentato una DDR5 da 6400 MT/s.

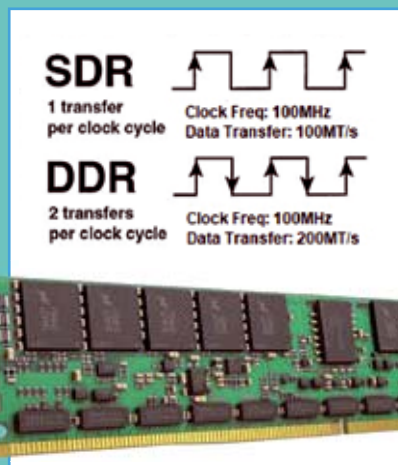
Localizzatore con Iridium

Per un esperimento che sto conducendo sulle correnti marine con una boa derivante, ho la necessità di conoscere la posizione della boa ogni 10/15 minuti. Il sistema è dotato di connessione GSM ma spesso, quando la boa si trova molto al largo, la connessione viene meno. Come posso fare?

Luca Martini > Torino

R: Nel tuo caso l'unica soluzione è ricorrere ad un sistema satellitare. Queste costellazioni (Globalstar, Iridium, Inmarsat, ecc.) coprono ogni punto della Terra, anche il più sperduto, garantendo una connessione audio (telefonica) e/o una connessione dati. Da qualche tempo anche in questo settore si parla di IoT, ovvero della possibilità di tracciare ovunque oggetti, dispositivi e macchinari, anche quando questi ultimi non si trovano nell'area di copertura di una rete GSM, ad esempio, quando sono in mezzo all'oceano. Per questa applicazione sono stati realizzati dei moduli relativamente economici, in altre parole non è più necessario ricorrere ai modem per trasmissione dati del costo di migliaia di euro.

In questo campo la costellazione Iridium Next è quella che offre la più ampia scelta con moduli dual band (GSM/Iridium) e GPS incorporato. La costellazione Iridium Next è la più recente tra



le costellazioni satellitari per connessione voce/dati: utilizza 66 satelliti in orbita bassa (LEO) in grado di coprire l'intera superficie del pianeta, poli compresi.

I modem portatili Iridium supportano l'invio/ricezione di SMS ed email, ed hanno una porta mini USB per la connessione dati a bassa velocità.

Uno dei moduli più economici e usati è The Rock 7 RockBLOCK, facilmente pilotabile anche con Arduino mediante la libreria IridiumSBD. La libreria IridiumSBD utilizza il protocollo SBD ("Short Burst Data") di RockBLOCK / Iridium per inviare e ricevere messaggi brevi da / verso l'hub Iridium. SBD è una tecnologia "text message" che supporta la trasmissione di messaggi di testo o binari fino a una certa dimensione massima (270 byte ricevuti, 340 byte trasmessi).

Rock 7 ha reso l'interfacciamento con l'Arduino piuttosto semplice. Ogni modulo viene fornito con un cavo con terminazione JST a 10 pin che si aggancia al RockBLOCK e espone comodamente le varie linee di segnale per il dispositivo client a cui connettersi. In realtà è necessario collegare solamente 5 linee per far funzionare l'applicazione con Arduino (Positivo, massa, TX, RX e Sleep).

La natura delle comunicazioni via satellite è tale che spesso ci vuole un po' di tempo per stabilire un collegamento. Le comunicazioni via satellite sono "a vista", per cui avere una visione chiara di un cielo senza nuvole migliora notevolmente la velocità e l'affidabilità; tuttavia, stabilire un contatto può essere difficile anche in condizioni ideali se il satellite è sovraccarico. In questi casi, la biblioteca

avvia una serie di tentativi; con cielo sereno, le trasmissioni riescono quasi sempre dopo alcuni di questi tentativi, ma l'intero processo può richiedere qualche minuto.

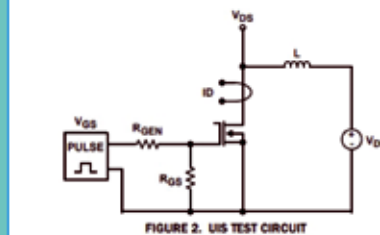
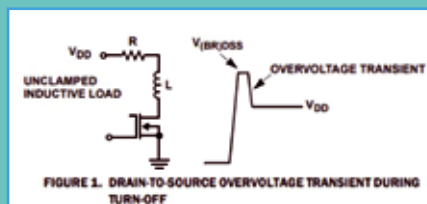
Unclamped Inductive Switching (UIS)

Leggo spesso sui vari data-sheet in relazione alle caratteristiche dei MOSFET, in particolare della robustezza, dei test di Unclamped Inductive Switching (UIS). Ho fatto delle ricerche in Internet ma non ho trovato quasi nulla. Di cosa si tratta?

Mario Bianchi - Venezia

R: In effetti l'Unclamped Inductive Switching (UIS) ha lo scopo di verificare il grado di robustezza del MOSFET in funzione della velocità di commutazione. I MOSFET di potenza hanno intrinsecamente velocità di commutazione estremamente veloci. L'utilizzo di MOSFET in circuiti di commutazione ad alta velocità può però portare a stress del dispositivo che non si riscontra normalmente nella commutazione più lenta. In effetti, le velocità di commutazione possono essere così veloci rispetto al tempo di spegnimento che una pur piccola induttanza parassita nel circuito può portare a significativi transitori di sovratensione (Figura 1). Questo è dovuto al fatto che quando la corrente attraversa un induttore, quest'ultimo induce una forza elettromotrice che si oppone al cambiamento. Se il transiente di tensione è abbastanza elevato, il MOSFET può essere soggetto a distruzione per effetto valanga tra Drain e Source.

È possibile determinare il picco transitorio di sovratensione durante lo spegnimento utilizzando l'equazione:
 $V_{SPK} = L \times di/dt + V_{DD}$



Secondo l'equazione, la sovratensione aumenta all'aumentare della frequenza e della corrente di carico. Con correnti molto alte anche basse capacità parassite possono avere un effetto deleterio.

A causa delle loro velocità di commutazione intrinsecamente veloci, è chiaro che i MOSFET di potenza devono essere progettati e fabbricati per assicurare un'adeguata protezione nei confronti dell'effetto valanga. Ed è proprio ciò che il test (Figura 2) dell'Unclamped Inductive Switching (UIS) consente di valutare.

Web Forum e supporto tecnico

Hai un problema con uno dei circuiti pubblicati? Vorresti effettuare una modifica? Accedi al nostro Web Forum dove i nostri tecnici (ma anche gli altri lettori) ti aiuteranno a chiarire qualsiasi dubbio di natura tecnica.

Collegati a:

www.elettronicaonline.it/webforum



RM ELETTRONICA

Forniture per hobbisti, scuole e industria,
vendita di prodotti per la connettività in fibra ottica

Distributore autorizzato:

**FUTURA
ELETTRONICA**

Via Val Sillaro 38 • 00141 Roma • Tel: +39.068104753 • rmelettronica@libero.it

**Il tuo punto
di riferimento
per l'elettronica
a ROMA**

Sostituire il telecomando TV? Nulla di più facile!

Il tuo telecomando TV è rotto o non funziona più bene?
È arrivato il momento di sostituirlo con i telecomandi universali a infrarossi compatibili con le TV delle maggiori marche prodotte dal 2000 ad oggi. Dispongono di tutte le funzioni del telecomando originale. Subito utilizzabili!



PRONTI ALL'USO



Cod. **TVIR-SAMSUNG**



Cod. **TVIR-SONY**



Cod. **TVIR-PHILIPS**



Cod. **TVIR-LG**



Cod. **TVIR-PANASONIC**

€ 5,90
OGNI PEZZO

DA PROGRAMMARE



€ 9,00
cod. **TVFREEDOM2**

2 in 1

DISPONIBILE ANCHE 1 in 1
cod. **TVFREEDOM1**

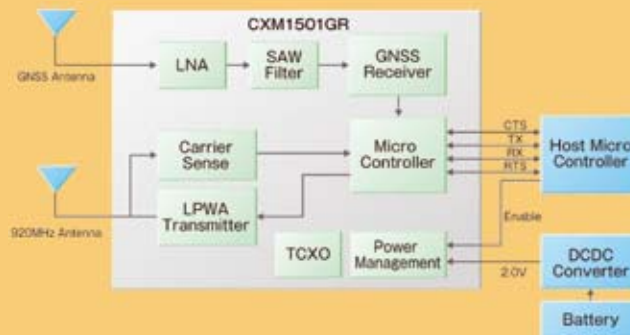
€ 8,50

Telecomando universale, programmabile da PC, per controllare qualunque dispositivo di qualsiasi marca e modello. Include tutte le funzioni dell'originale, configurazione facile e veloce. Mai obsoleto grazie ad aggiornamenti gratuiti. Oltre 260.000 modelli in continuo aggiornamento, può comandare fino a due dispositivi audio/video: TV, TDT, SAT, DVD, BLURAY, proiettori, soundbar, VCR, media center e impianti Hi-Fi delle migliori marche. Richiede il download su PC-Windows di software gratuito per la selezione e la programmazione del telecomando.



Sony ha creato il transceiver CXM1501GR per dispositivi IoT, sviluppato per operare all'interno della nuova rete LPWAN proprietaria che il colosso giapponese ha chiamato ELTRES. Questo nuovo standard di low-power wide area network consente, impiegando moduli CXM1501GR alimentati da una pila a bottone, di coprire distanze fino a 100 km, anche operando in movimento fino alla velocità di 100 km/h. Al contrario di WiFi e cellulari, ELTRES sfrutta la tecnologia wireless a bassa potenza per trasferire informazioni su una vasta area, con un minore consumo energetico, rendendo possibile la connessione di un'ampia gamma di dispositivi a basso bit-rate. Il chip CXM1501GR opera nella banda 920 MHz e integra sensori GPS/GNSS per ottenere i dati relativi a tempo e posizione.

› Sony ridisegna i link per IoT



Il modulo di comunicazione CXM1501GR integra un trasmettitore LSI di nuova concezione e un circuito per l'adattamento di impedenza con antenna montata esternamente. Tra le principali caratteristiche del modulo, la modulazione $\pi/2$ -shift BPSK (biphase deviation modulation) che garantisce un elevato rapporto S/N nelle comunicazioni a banda stretta, nonché la compatibilità del ricevitore GNSS (Global Navigation Satellite System) ad alta sensibilità con gli standard GPS, GLONASS e QZSS. Il modulo si candida a equipaggiare nodi per acquisizione di dati da dispositivi montati a bordo di veicoli, elettronica indossabile, droni, divenendo un'alternativa ai classici link utilizzati nell'IoT.

www.sony-semicon.co.jp

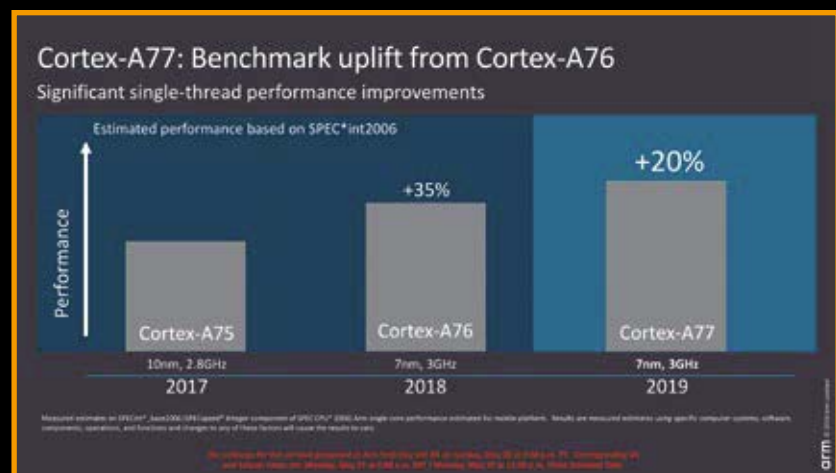
› Cortex A77: più intelligenza da ARM

All'ultima edizione del Computex di Taipei, ARM ha svelato i dettagli delle sue nuove CPU premium Cortex-A77 e delle Gpu Mali-G77, che andranno a equipaggiare tablet e smartphone del 2020. I nuovi SOC per dispositivi mobili basati su CPU Cortex-A77 potranno beneficiare di un aumento del 20% delle istruzioni eseguite per ciclo di clock rispetto alle precedenti CPU A76, ottimizzando le esperienze di realtà virtuale e aumentata su smartphone e tablet e consentendo applicazioni AI. I nuovi core sono realizzati ancora con il processo fotolitografico a 7 nanometri e operano a una frequenza di clock 3 GHz. La stima è che le prestazioni complessive dei dispositivi mobile cresceranno dal 25 al 30%. I chip ARM rappresentano una versione ottimizzata della famiglia A-76 e supportano il set di istruzioni Armv8.2, Aarch32 e Aarch64, hanno una cache di primo

livello I/D di 64 kB, oltre a 256 e 512 KB di cache di secondo livello privata e fino a 4 MB di cache condivisa L3. Le Gpu Mali-G77 si basano invece sulla nuova architettura Valhall, che do-

vrebbe aumentare le prestazioni del 40 per cento rispetto alla piattaforma G76, con consumi ridotti del 30%.

www.arm.com



› Infineon e Arkessa per l'IoT cellulare più sicuro

Importanti novità in tema di comunicazioni su rete cellulare per l'IoT, dove la sicurezza è uno dei principali aspetti da considerare nell'implementare e utilizzare dispositivi "connessi". Infineon ha sviluppato e fornisce controllori hardware per IoT a elevata sicurezza, basati sulla specifica eSIM (Embedded Subscriber Identity Module) della GSMA, che supporta il nuovo servizio. I controllori sposano i servizi di connessione dati su rete mobile cellulare offerti dalla Arkessa e finalizzati a connettere i dispositivi IoT.

La specifica eSIM garantisce caratteristiche di sicurezza e affidabilità in numerose applicazioni dell'IoT e può essere

combinata in modo flessibile con moduli cellulari, tecnologia NB-IoT (Narrow Band IoT) e con i nuovi servizi LTE-M offerti dalla Arkessa.

La sicurezza è un tema cruciale in generale nelle comunicazioni IoT e in maniera rilevante nell'IIoT e nell'Industry 4.0, dove coinvolge le comunicazioni tra macchine (M2M). Nella fabbrica intelligente le macchine utilizzano sempre più le reti cellulari per scambiarsi informazioni in modo da permettere un funzionamento sicuro ed efficiente. La famiglia di controllori di sicurezza SLM Infineon è stata ottimizzata e orientata alle applicazioni industriali e garantisce il perfetto funziona-

› Samsung dà vita a "La Gioconda"

Una nuova tecnologia basata sull'intelligenza artificiale permetterà di ottenere video realistici partendo da una sola foto o immagine di una persona e di realizzare avatar più realistici per videoconferenza e telepresenza.

Grazie all'intelligenza artificiale è oggi possibile animare il volto di una persona o un ritratto ottenendone immagini animate e in movimento: come se la persona uscisse dalla foto, si materializzasse e prendesse vita. Non si tratta della scena di un film di fantascienza ma di una tecnologia che Samsung ha implementato e sta collaudando.

Ad oggi, per ottenere animazioni di immagini statiche si utilizzano modelli

di reti neurali artificiali che richiedono una notevole quantità di dati e di foto da analizzare; è un quel che viene fatto per creare i cosiddetti deepfake, video in cui viene sostituito il volto del protagonista originale con quello di un altro e animato grazie a computer. Ma nel loro studio, i ricercatori del Samsung AI Center di Mosca, aperto lo scorso anno, e dello Skolkovo Institute of Science and Technology, hanno ottenuto la stessa cosa limitando al minimo le immagini di partenza e il tempo per l'apprendimento iniziale del sistema di intelligenza artificiale che svolgerà il compito.

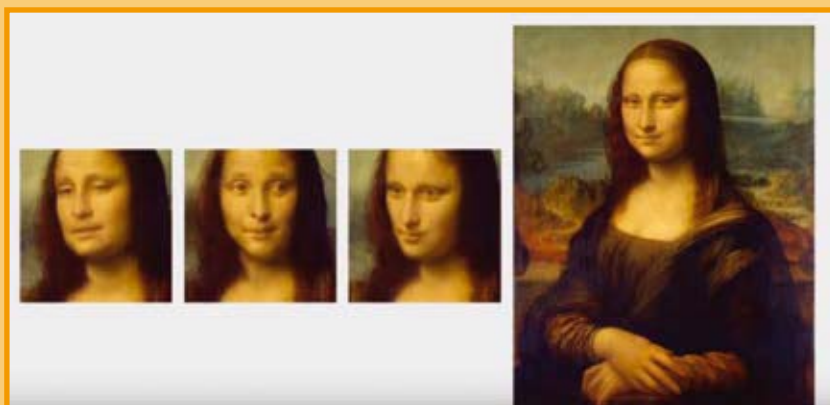
Una dimostrazione delle capacità di questo sistema si può avere in un video

di Egor Zacharov (uno dei ricercatori) su YouTube, dove i volti di personaggi famosi come Albert Einstein e Marilyn Monroe prendono vita muovendo bocca e occhi. Anche il ritratto della celebre Gioconda di Leonardo da Vinci assume sembianze umane e comincia ad animarsi come se si trattasse della ripresa di una persona reale.

Questa tecnologia, davvero stupefacente, in grado di creare veri e propri film basati su personaggi che mai li hanno recitati, ha un risvolto che può destare qualche preoccupazione: potrebbe essere sfruttata da malintenzionati per creare falsi filmati come i deepfake, ma più realistici e quindi insidiosi, anche e soprattutto se utilizzati allo scopo di creare false prove nei procedimenti giudiziari o inventare azioni poco encomiabili da parte di personaggi pubblici che si vuole mettere in cattiva luce.

Tuttavia, lo sviluppo della tecnologia di Samsung nasce per buoni intenti e potrà aprire importanti sviluppi nel campo dei videogiochi, nelle applicazioni di videoconferenza e telepresenza, ambiti in cui permetterebbe la produzione di avatar delle persone che comunicano a distanza molto più realistici rispetto a quelli creati ad oggi.

<https://arxiv.org/abs/1905.08233v1>



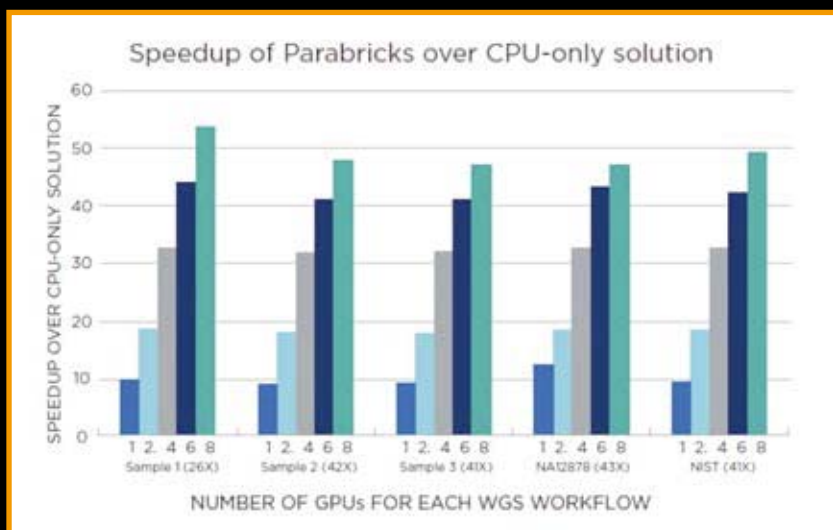
mento in ambiente industriale, grazie all'esteso range di temperatura operativa, che spazia tra -40 e +105 °C. La famiglia di prodotti SLM Infineon prevede controllori di sicurezza a 16 bit e 32 bit.

Ma Infineon rivolge i propri prodotti anche al di fuori dell'ambito Industrial IoT e Machine To Machine (M2M) perché la serie SLM apporta significativi vantaggi anche nei settori delle smart city, della distribuzione e dell'asset tracking, nonché in condizioni ambientali difficili come quelle caratteristiche delle applicazioni di smart metering, macchine per il vending poste all'esterno e via di seguito.

www.infineon.com



› Decifrare rapidamente il genoma con l'AI



L'analisi del DNA attraverso il sequenziamento del genoma è una procedura complessa e che richiede molto tempo e denaro; sebbene oggi si riesca a fare in poco più di un giorno e con un costo di circa 1.000 euro, per estenderla su larga scala e farla diventare un esame di routine della diagnostica clinica, servono computer molto potenti e algoritmi di calcolo all'altezza.

In questo l'intelligenza artificiale gioca un ruolo determinante, come dimostra l'applicazione al sistema NetApp del software di analisi genomica con accelerazione GPU ad alte prestazioni di Parabricks. Utilizzando CPU standard, l'elaborazione può richiedere giorni, ma con Parabricks ci vogliono solo pochi minuti. Il software Parabricks in combinazione con la collaudata ar-

chitettura NetApp ONTAP AI- supportata dai supercomputer NVIDIA DGX e dallo storage NetApp connesso al cloud, consente di implementare una soluzione di intelligenza artificiale end-to-end completamente integrata e ottimizzata per l'elaborazione di dati genomici.

Con questa soluzione è possibile accelerare il sequenziamento del genoma in media di 50 volte, eseguire più operazioni di analisi genomica in meno tempo con lo storage all-flash leader del settore connesso al cloud dai server NetApp e NVIDIA DGX, proteggere i dati genomici sensibili e migliorare la precisione del test per i calcoli di precisione alimentati dall'intelligenza artificiale.

Inoltre si riesce a ridurre il costo di analisi, perché con il software Parabricks in esecuzione su ONTAP AI è possibile adattarsi a più attività genomiche e soddisfare la crescente domanda, consentendo di eliminare le congetture e accelerare il sequenziamento grazie a un'architettura di riferimento convalidata che riduce la complessità e rende le analisi più efficienti.

www.parabricks.com

Tutto sotto controllo ovunque e in ogni momento!



**Manuale di istruzioni
passo-passo per il
collegamento e l'utilizzo.
Tutto in italiano!**

TELECAMERA IP WiFi MOTORIZZATA con funzione Smart Tracking Motion 2MPX ONVIF

Vuoi avere sempre tutto sotto controllo anche quando non sei a casa? Niente di più facile! Con la mini telecamera IP a colori motorizzata dotata di ottica fissa da 3,6 mm, 6 LED IR, con funzione Smart Tracking Motion (monitoraggio del movimento) puoi fare questo facilmente! Il modulo Wi-Fi integrato consente di collegare la telecamera in remoto permettendoti di visualizzare su PC e Smartphone (iOS, Android), quanto ripreso dal suo obiettivo che può ruotare sia orizzontalmente sia verticalmente. Grazie al microfono e all'altoparlante integrato potrai comunicare con chi è vicino alla telecamera. Puoi inoltre registrare video su PC oppure sulla micro SD card (max 128 GB, acquistabile separatamente). È possibile visualizzare dall'APP fino a 9 telecamere contemporaneamente.

€ 56,00
cod. CP729



€ 54,00
cod. CP728

**Istruzioni
in italiano!**

TELECAMERA IP WiFi MOTORIZZATA da 2MPX ONVIF

Permette la visione da remoto tramite smartphone con sistema Android e iOS. Consente di registrare video sulla memoria dello smartphone tramite apposita APP, oppure su micro SD Card (max. 128GB, acquistabile separatamente). Dispone di microfono e di altoparlante che permettono di parlare e ascoltare da remoto.



PDS-408G PoE, switch a 8 porte standard IEEE 802.3bt

Microchip Technology, attraverso la sua sussidiaria Microsemi, annuncia un economico switch PoE (Power over Ethernet) a otto porte in grado di fornire una potenza garantita di 60 Watt per porta, a tutte le otto porte contemporaneamente. Ideale per installazioni digitali a soffitto, lo switch PDS-408G PoE conforme allo standard IEEE 802.3bt, funziona senza alcun rumore in quanto privo di ventola, non necessaria.

Progettato per le applicazioni aziendali



di illuminazioni connesse, il PDS-408G collega sistemi separati come lampade, sensori, HVAC e access point Wi-

Fi tramite un unico switch. Lo switch dispone di otto porte PoE, il numero ottimale per illuminazioni connesse, e offre ulteriori risparmi sui costi delle applicazioni finali grazie al risparmio energetico e ai minori costi operativi. In conformità con IEEE 802.3bt, il PDS-408G fornisce un totale di 480 W, oppure fino a 90 W per ogni singola porta o 60 W per ognuna delle otto porte contemporaneamente.

www.microchip.com

LEM presenta l'integratore digitale AI-PMUL per gli anelli di Rogowski

LEM presenta l'integratore AI-PMUL, che va a completare la sua offerta degli anelli flessibili di Rogowski. AI-PMUL è un versatile condizionatore di segnale digitale per gli anelli di Rogowski che offre un'ampia gamma di uscite analogiche sia True RMS che istantanee. La tensione d'uscita delle bobine di Rogowski è proporzionale alla derivata della corrente primaria. È necessario un circuito integratore per convertire questo segnale per essere proporzionale al valore della corrente primaria. Questo integratore è un componente essenziale nella misura delle correnti per mezzo dell'anello di Rogowski e sia l'architettura che l'implementazione dello stadio

di amplificazione hanno forte influenza sulle prestazioni elettriche del sensore.

Con un errore di linearità inferiore allo 0,1% in combinazione con gli anelli di Rogowski ART & ARU di classe 0.5 (l'ARU sarà disponibile a breve) LEM, offre una soluzione universale di misura e monitoraggio con una eccezionale precisione fino a 5000 A.

www.lem.com



Nuova IP DSP Cadence Tensilica Vision Q7

Cadence Design Systems ha ampliato verso l'alto la nota famiglia di prodotti Tensilica Vision DSP grazie all'introduzione del DSP Cadence Tensilica Vision Q7. La nuova proposta offre fino a 1,82 tera operazioni al secondo (TOPS). Per soddisfare i crescenti requisiti computazionali legati alle applicazioni di visione integrata e AI, il DSP Vision Q7 di sesta generazione offre, a parità di area, livelli di intelligenza artificiale e prestazioni in virgola mobile fino a volte 2 superiori rispetto al suo predecessore, la versione Vision Q6.

Il DSP Vision Q7 è specificamente ottimizzato per la lo-

calizzazione e la mappatura simultanea (SLAM), una tecnica comunemente utilizzata nei mercati della robotica, dei droni, dei dispositivi mobili e delle soluzioni automotive per ricavare o aggiornare automaticamente la mappa di un ambiente sconosciuto e nel mercato AR/VR per il tracciamento inside-out.

www.cadence.com



AD5940, front end analogico per sensori chimici e biologici

Analog Devices annuncia un nuovo front end per misure elettrochimiche e di impedenza per le future generazioni di sensori elettrochimici intelligenti e di dispositivi per il monitoraggio dei segni vitali. Il front end analogico AD5940 incorpora in un singolo chip sia la funzionalità di potenziostato che di spettroscopia dell'impedenza elettrochimica (EIS), permettendo la misura del sensore nei

domini del tempo e della frequenza. Il dispositivo dispone di acceleratori hardware integrati per la diagnostica avanzata

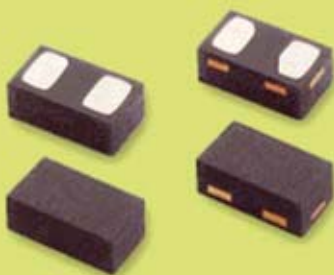


dei sensori, fornisce le migliori prestazioni low-noise di categoria per misurazioni accurate, ed è progettato per applicazioni indossabili "always-on". In confronto alle tradizionali soluzioni discrete, che pongono molti limiti e richiedono diversi IC per raggiungere prestazioni equivalenti, la soluzione a singolo chip di ADI offre notevoli vantaggi in termini di accuratezza a livello di sistema e

flessibilità nelle dimensioni, per sensori elettrochimici a 2, 3 e 4 elettrodi. Rappresenta la soluzione ideale per applicazioni dove l'analisi biologica e chimica ad alta precisione costituisce un fattore essenziale, come nel rilevamento dei gas industriali, analisi dei liquidi e dei materiali, monitoraggio dei segni vitali, spettroscopia d'impedenza e gestione delle patologie.

www.analog.com

Massima protezione da ESD con gli array di diodi TVS



Littelfuse ha presentato due serie di array di diodi TVS bidirezionali (diodi SPA) progettati per proteggere interfacce elettroniche di consumo a velocità ultraelevata dai danni provocati dalle scariche elettrostatiche (ESD) per applicazioni in cui lo schema dei circuiti stampati è particolarmente im-

pegnativo. Il modello SP3208-01UTG, primo array di diodi della serie SP3208, è ottimizzato meccanicamente per fornire una capacità costantemente ultra bassa (valore nominale 0,08 pF). Il modello SP3213-01UTG, primo dispositivo della serie SP3213, offre un'alternativa per soluzioni

di protezione da ESD estremamente attente ai costi.

I due dispositivi sono qualificati AEC-Q101, impiegano lo stesso stampo di base e possono assorbire in sicurezza scariche ESD ripetitive a ± 12 kV senza alcun degrado delle prestazioni.

www.littelfuse.com

Soluzione di test mmWave per 5G da National Instruments

National Instruments ha annunciato la disponibilità del rice-trasmittitore di segnale Vector mmWave (VST) in grado di affrontare le sfide dei test dei transceiver e degli amplificatori di potenza RFIC per 5G mmWave. Questo prodotto è stato presentato durante l'annuale NIWeek 2019 in configurazione di test di produzione multi-site per il test dal livello wafer al package, e nell'ambito di configurazione e test di convalida mediante misurazioni over-the-air.

Con i produttori di chip che spingono per commercializzare i loro prodotti 5G mmWave, gli ingegneri debbono affrontare la difficile sfida di accelerare i programmi di prodotto combinati con nuovi e spesso irrisolti requisiti tecnici. Le soluzioni di test mmWave di NI affrontano queste sfide, sia nel laboratorio di ricerca e sviluppo che nell'ambiente di produzione ad alto volume.



Le soluzioni di NI utilizzano il VST mmWave, che combina un generatore di segnale RF, un analizzatore di segnale RF e una commutazione integrata con 1 GHz di larghezza di banda istantanea a frequenze fino a 44 GHz. Oltre ai sistemi di caratterizzazione basati su PXI esistenti in laboratorio, questo strumento si integra nativamente col NI Semiconductor Test System (STS) per l'implementazione in applicazioni di produzione ad alto volume. Le configurazioni 5G mmWave STS supportano fino a otto strumenti VST mmWave, con funzionalità IF integrate e fino a 72 porte mmWave in una configurazione tester ottimizzata per le prestazioni EVM.

www.ni.com

Renesas presenta il nuovo gruppo di micro RX72T

Renesas Electronics presenta il nuovo gruppo di microcontrollori (MCUs) a 32 bit, RX72T dedicato al controllo motori; i nuovi dispositivi integrano delle nuove IP hardware che consentono di accelerare le operazioni richieste in applicazioni in tempo reale molto complesse quali quelle del controllo assi in applicazioni industriali, il controllo dei robot, ed in altre applicazioni. Il gruppo RX72T fornisce un livello di prestazioni assolutamente superiore alla media raggiungendo il valore di 1160 nel benchmark CoreMark: si tratta in assoluto del valore più elevato mai raggiunto da un microcontrollore che può operare a 5V con una frequenza operativa di 200 MHz.

Il gruppo di microcontrollori RX72T incorpora un acceleratore hardware dedicato che consente di gestire in modo molto veloce il calcolo ed il

controllo sia della posizione sia della velocità, funzioni queste indispensabili per lo sviluppo di applicazioni quali i servomotori applicati ai robot in campo industriale. Questo consente di eseguire la funzione di gestione del loop di controllo della corrente in meno di 1,5 μ s. Questo rivoluzionario livello di prestazioni consente ai progettisti di sviluppare nuove soluzioni anche dove era, in precedenza, necessario acquistare costosi e complessi sistemi di controllo dedicati alla gestione dei servomotori industriali.

www.renesas.com



IGBT ibrido basato su SiC con circuiti per il pilotaggio



ON Semiconductor presenta un nuovo IGBT ibrido basato su carburo di silicio (SiC) e gli associati circuiti per il pilotaggio del gate dell'IGBT ad alta corrente. Il modello AFGHL50T65SQDC è formato da un IGBT realizzato con la più recente tecnologia Field-Stop e da un diodo Schottky realizzato in carburo di silicio (SiC) per garan-

tire basse perdite di conduzione e di commutazione in numerose applicazioni di potenza, comprese quelle caratterizzate da ridotte perdite durante la fase di recupero inverso, come ad esempio i circuiti PFC (Power Factor Correction) di tipo BTP (Bridgeless Totem Pole) e gli inverter. Il dispositivo integra in un unico package un IGBT realiz-

zato in silicio e un diodo a barriera Schottky basato su SiC: si tratta di un compromesso ottimale tra le soluzioni implementate interamente in silicio, caratterizzate da prestazioni inferiori, e quelle basate interamente sul carburo di silicio che hanno un costo decisamente superiore.

www.onsemi.com

La famiglia di micro TXZ si espande con i dispositivi M4G

Toshiba Electronics Europe ha aggiunto il gruppo di dispositivi M4G alla propria famiglia di microcontrollori TXZ basati su core ARM Cortex-M per l'impiego nelle macchine per l'automazione d'ufficio (OA), nelle attrezzature audiovisive (AV) e negli apparecchi industriali.

I dispositivi M4G si basano sul core ARM Cortex-M4 con unità a virgola mobile (FPU). Essi incorporano circuiti analogici ad alte prestazioni, una vasta gamma di timer e di canali di comunicazione e sono disponibili in una varietà di package da 100 a 177 pin, con risorse di memoria flash integrate che vanno da 512kB a 1536kB, unitamente a 194kB di RAM e 32kB di memoria FLASH dati riscrivibile fino a 100.000 volte. La frequenza operativa massima dei microcontrollori è di 160 MHz con un intervallo di temperature di funzionamento che va da -40°C a +85°C.



Oltre ai circuiti analogici ad alta precisione, che includono un convertitore AD a 12 bit (fino a 24 canali) con una velocità di conversione di 1,0µs e un convertitore DA a 8 bit (a 2 canali), i dispositivi M4G includono due controller DMA; un controller DMA ad alta velocità e un controller DMA multi-funzione. Entrambi consentono di ottenere bassi consumi energetici e funzioni avanzate, incorporando circuiti periferici altamente versatili, come le interfacce di memoria seriale (SMIF), UART, I2C, TSPI, i timer e il supporto ai sistemi su larga scala.

www.toshiba.semicon-storage.com

STM32G4 per migliorare le prestazioni, l'efficienza e la sicurezza

I nuovi microcontrollori STM32G4, mirati alle applicazioni avanzate di alimentazione digitale nei dispositivi consumer e industriali, introducono due nuovi acceleratori matematici hardware per potenziare l'elaborazione delle applicazioni utilizzando le funzioni Cordic e Filtering, oltre ad una intera gamma di funzioni per supportare un aumento delle prestazioni e dell'efficienza energetica. Dedicato ai calcoli di accelerazione nei controlli motore a risparmio energetico, nei sistemi di condizionamento, nei controlli digitali di potenza, gli acceleratori calcolano i risultati in modo più rapido ed efficiente rispetto al processore principale. Il minor carico di lavoro con-



sente al processore principale di ricevere più dati dai sensori e controllare le funzioni utente aggiuntive.

Altre nuove funzionalità includono timer di conversione dell'alimentazione ad alta risoluzione con varie funzioni integrate che facilitano il lavoro degli sviluppatori. Sono inoltre disponibili periferiche analogiche e convertitori con prestazioni più elevate.

www.st.com

ROHM offre una linea di IGBT da 1200 V per automotive

ROHM ha recentemente annunciato l'aggiunta di quattro nuovi IGBT da 1200 V destinati al settore automotive, che sono l'ideale per gli inverter usati nei compressori per l'elettronica e per i circuiti di commutazione con resistori a coefficiente di temperatura positivo (PTC). La nuova Serie RGS rappresenta l'ampia linea di IGBT ROHM conformi allo standard AEC-Q101, in entrambe le varianti da 1200 V e da 650 V. Questa serie è caratterizzata da una bassa perdita di conduzione, la migliore della categoria, che contribuisce a ridurre le dimensioni e a migliorare l'efficienza delle applicazioni.

Gli IGBT funzionanti a bassa frequenza si usano comunemente negli inverter e nei commutatori. Specialmente con i veicoli elettrici, il consumo di energia del compressore e del resistore incide sull'autonomia di percorrenza e, pertanto, è auspicabile un miglioramento dell'efficienza.

www.rohm.com



Da TI l'ADC a 12 bit più veloce del settore

Texas Instruments ha presentato un nuovo convertitore analogico/digitale (ADC) ad altissima velocità con la più ampia larghezza di banda, la più rapida frequenza di campionamento e la più bassa potenza assorbita del settore. L'ADC12DJ5200RF consente agli ingegneri di ottenere misurazioni ad elevata accuratezza per applicazioni di collaudo 5G, oscilloscopi e campionamento diretto in banda X per applicazioni radar. Larghezza di banda più ampia: a 8 GHz, l'ADC12DJ5200RF consente agli ingegneri di ottenere fino al 20% in più di larghezza di banda in ingresso analogico rispetto ai dispositivi concorrenti, il che permette loro di digitalizzare direttamente frequenze molto elevate senza il consumo di energia, i costi e le dimensioni della conversione aggiuntiva verso il basso.

ADC a 12 bit più veloce:

in modalità a due canali, l'ADC12DJ5200RF campiona a 5,2 gigasample al secondo (GSPS) e acquisisce la larghezza di banda istantanea (IBW) fino a 2,6 GHz con risoluzione a 12 bit.

Efficiente interfaccia: essendo il primo ADC GSPS autonomo a supportare l'interfaccia standard JESD204C, l'ADC12DJ5200RF facilita la riduzione del numero di linee Ser/Des (serializzatore / deserializzatore) necessarie per inviare i dati a dispositivi FPGA (field-programmable gate array), consentendo ai progettisti di raggiungere la massima velocità dati.

www.ti.com



Non farti sfuggire nulla!

Riprendi ogni attimo con i mini registratori audio-video

SISTEMA DI VIDEOSORVEGLIANZA FULL HD OCCULTATO IN UN LIBRO

Libro con sistema di videosorveglianza occultato composto da telecamera Full HD e di microfono integrato. Dispone di sensore PIR per la rilevazione di movimento (funzione Motion Detection) che consente di attivare la registrazione solo in presenza di movimento. La telecamera è dotata di visione notturna e grazie alla tecnologia Starlight permette di effettuare riprese molto nitide anche in condizioni di scarsa luminosità. Le immagini riprese vengono salvate su una memoria SD card e possono essere trasferite su PC tramite il cavetto USB in dotazione. Integra una batteria da ben 8000 mAh che permette registrazioni continue fino a 30 ore. Il suo design curato minuziosamente in ogni particolare lo rende identico ad un libro vero e proprio, pertanto può essere collocato sia in casa che in ufficio, oppure tenuto in mano, senza destare alcun sospetto.



€ 64,00
cod. FR714

MINI DVR CON FISSAGGIO A CLIP

Mini DVR dotato di display LCD con fissaggio a clip. Estremamente leggero e compatto consente di registrare video e audio, scattare fotografie e memorizzare i file su SD card (acquistabile separatamente). La confezione comprende una clip per issare il mini DVR agli indumenti e un cavo USB per collegare il mini DVR al computer. Sul retro del dispositivo è presente un magnete che permette fissare il dispositivo ad un oggetto metallico. Batteria ricaricabile integrata. Istruzioni in italiano.



€ 46,00
cod. FR713



BRACCIALETTA SPORT CON TELECAMERA

Bracciale sport con telecamera integrata ad alta risoluzione. Oltre alla funzione di orologio consente di registrare video e audio, scattare fotografie e memorizzarle su SD card (acquistabile separatamente). Dispone inoltre di funzione webcam, funzioni sportive (monitoraggio del sonno, contapassi, consumo calorie) il tutto controllabile tramite smartphone (Android, iOS) via bluetooth. Batteria integrata di lunga durata da 350 mAh, ricaricabile tramite cavetto (incluso). Istruzioni in italiano.



€ 58,00
cod. FR706



PENNE PER REGISTRAZIONE AUDIO-VIDEO, FOTO

Sembrano delle semplici penne ma nascondono un'efficace telecamera con la quale è possibile effettuare riprese audio-video e foto ad alta risoluzione. Ideali per uomini d'affari, investigatori, studenti, meeting, conferenze, colloqui; possono essere utilizzate anche come pen drive. Istruzioni in italiano.



Prezzi IVA inclusa



€ 58,00
cod. FR707

CON MEMORIA INTERNA DA 8 GB



€ 42,00
cod. FR708

CON MEMORIA ESTERNA MAX 32 GB

BOTTIGLIETTA CON DVR E TELECAMERA

Occultato dietro l'etichetta di una vera bottiglia d'acqua da 1/2 litro, perfettamente utilizzabile con acqua da bere, è presente un compatto DVR con telecamera pinhole Full HD, microfono e batteria ricaricabile. Grazie al motion detection è possibile attivare la registrazione solo in presenza di qualcuno. Le immagini riprese vengono salvate su una micro SD card (acquistabile separatamente) e possono essere trasferite su PC tramite il cavetto USB in dotazione. Integra una batteria da ben 400 mAh che permette registrazioni continue fino a 3 ore.



€ 39,00
cod. FR737



OROLOGIO/SVEGLIA DA TAVOLO CON TELECAMERA NASCOSTA E DVR

Orologio/sveglia digitale da tavolo con telecamera CMOS Full HD incorporata dotata di 6 LED infrarossi per la ripresa notturna. È in grado di effettuare registrazioni audio e video (AVI) e salvarle direttamente su micro SD card max. 32 GB (acquistabile separatamente). Consente inoltre di scattare fotografie con una risoluzione di 2560 X 1440 pixel. Dispone di radiocomando per il controllo a distanza. Istruzioni in italiano.



€ 69,00
cod. FR712



► 06-11 SETTEMBRE 2019

IFA 2019

BERLINO • GERMANIA

Connettività, intelligenza artificiale, controllo vocale e 5G sono le grandi tendenze che guidano l'innovazione nell'ambito dell'elettronica di consumo. Come ogni anno i prodotti più avanzati di queste tecnologie saranno esposti all'IFA di Berlino (6 -11 Settembre 2019) nonché alle manifestazioni collegate che precedono questo evento (CE Week New York e CE China Guangzhou).

Anche IFA Next, l'hub dell'innovazione di IFA Berlin, continua il suo cammino di successo. Quest'anno, IFA Next ha annunciato che sarà il Giappone il suo primo Global Innovation Partner ufficiale.

IFA ha anche rilasciato i nomi di quanti terranno le keynote d'apertura all'IFA di Berlino 2019: si tratta di Richard Yu, Chief Executive Officer di Huawei, e Cristiano Amon, Presidente di Qualcomm. Due keynote tutte da ascoltare, dopo la pesante presa di posizione del presidente americano Donald Trump nei confronti del colosso cinese Huawei.

Quest'anno IFA ha il suo primo IFA Global Audio Partner in Sennheiser, una società che ha esposto all'IFA negli ultimi 69 anni. Sennheiser supporterà i principali eventi IFA con la sua gamma di dispositivi audio professionali e supporterà i giornalisti con attrezzature e supporto tecnico. Un altro aspetto legato alla tecnologia che verrà affrontato in numerose occasioni durante IFA 2019 riguarda la crescente preoccupazione nei confronti della protezione della privacy nonché su come la tecnologia influenzerà il futuro di tutti noi, specie in ambito lavorativo.

L'amministratore delegato di Messe Berlin, il dott. Christian Göke, ha invece evidenziato le ragioni del successo internazionale senza eguali dell'IFA. Più che mai, la "co-innovazione" è stata al centro dell'esperienza IFA, ha affermato: "Nessuna industria opera isolatamente, ma solo all'IFA è possibile vederne la vera ampiezza, perché la co-innovazione non è solo elettronica. Le Smart Homes di domani, ad esempio, vengono oggi rinnovate dalle aziende del settore dell'elettronica di consumo, della salute e del benessere, dei

prodotti bianchi e molto altro ... e l'unico posto in cui è possibile vederli tutti insieme è IFA Berlin." L'innovazione, ha detto il dott. Göke, ha bisogno di una sua vetrina per ispirare gli altri e farsi ispirare, farsi vedere da persone che altrimenti non si incontrerebbero mai. "Ed è esattamente ciò che l'IFA è e fa: siamo una piattaforma affidabile, che cresce e alimenta la crescita di tutti i nostri partner."

La connettività è la chiave

Hans-Joachim Kamp, presidente del consiglio di sorveglianza di *gfu Consumer & Home Electronics*, l'organizzatore dell'IFA, ha affermato che "L'industria dell'elettronica di consumo e degli elettrodomestici si concentra continuamente sulla connettività. Sempre più prodotti utilizzano l'intelligenza artificiale che consente loro di migliorare le prestazioni nel tempo. Inoltre, i sistemi a comando vocale migliorano le capacità dei dispositivi e ampliano i loro possibili casi d'uso. Pertanto, entrambe le industrie sono altamente innovative come dimostrerà ancora una volta l'IFA di Berlino. Alla fiera più importante del

mondo per l'elettronica di consumo e gli elettrodomestici è in mostra tutta l'innovazione: IFA è la piattaforma comune perfetta per le industrie, il commercio, i visitatori e i media, come indica il volume di ordini di oltre 4,7 miliardi di euro."

"Nel 2018 il mercato globale dei beni di consumo tecnici (TGC) ha generato per la prima volta un fatturato di oltre un

trilione di euro, con un incremento del 3,3%.

Per il 2019 ci aspettiamo di nuovo un aumento del fatturato dell'1% fino a 1,052 trilioni di Euro. Soprattutto Europa, Nord

America, Medio Oriente e Africa sono mercati in crescita." conclude Kamp.

Per sottolineare il rinnovato dinamismo nipponico in ambito internazionale, il Giappone sarà il primo IFA NEXT Global Innovation Partner nella sua storia.

"Il Giappone è un paese che è stato il principale motore dell'elettronica di consumo come lo conosciamo oggi e che - ancora una volta - è diventato un hub incredibile per la ricerca industriale, l'innovazione e le start-up", ha affermato il dott. Christian Göke.

Keita Nishiyama, direttore generale del METI, ha sottolineato come il Giappone sia particolarmente sensibile alla governance dei dati. "Credo che il G20 di Osaka, come affermato dal nostro Primo Ministro, sarà ricordato come il summit che ha dato il via alla governance dei dati a livello mondiale", ha affermato Nishiyama. "Il tempo per farlo è maturo, poiché saranno i dati digitali a far progredire la nostra economia".

Con oltre 2,5 quintilioni di byte di informazioni digitali che circolano ogni giorno, Nishiyama ha chiesto l'istituzione di "DFFT" - o Data Free Flow with Trust, per dati non personali: mentre i dati personali e la proprietà intellettuale devono rimanere sotto un'attenta protezione, d'altra parte, il libero flusso di dati commerciali, industriali, di traffico e altri dati non personali deve poter circolare liberamente attraverso i confini.

Il risultato, dice, sarà "Society 5.0", che porterà a compimento questa quarta rivoluzione industriale, grazie anche a una nuova collaborazione tra entità come l'OCSE, il WEF e il G20".



www.ifa-berlin.com

SEMINARIO FONDAMENTI DI MISURE RF & MICROONDE, A NAPOLI IL 26 SETTEMBRE 2019

Keysight, l'azienda che da 70 anni è leader tecnologico nelle misure di analisi di Reti e di Spettro, organizza il Seminario gratuito sui Fondamenti RF e Microonde, con lo scopo di approfondire la conoscenza sulle tecniche di misura di base a radiofrequenza, con l'illustrazione di numerosi casi pratici in grado di migliorare l'efficienza e l'efficacia delle vostre attività, sia che vi occupiate di ricerca e sviluppo che di progettazione o collaudo.

Potrete conoscere le nostre soluzioni più recenti e arricchire la vostra conoscenza degli aspetti pratici che possono esservi utili quotidianamente nell'esecuzione delle misure.

Gli esperti dei prodotti e delle applicazioni di Keysight saranno a disposizione per illustrarvi le presentazioni tecniche e le dimostrazioni pratiche delle innovazioni più recenti e delle funzionalità e caratteristiche che permettono di migliorare le misure fondamentali.



Agenda:

- Benvenuto & Introduzione – Keysight
- Fondamenti dell'Analisi Spettrale
- Pausa Caffè e Incontri Informali
- Fondamenti dell'Analisi di Segnali Vettoriali
- Pranzo
- Misure di Potenza RF
- Pausa Caffè e Incontri Informali
- Fondamenti dell'Analisi di Reti
- Pausa Caffè e Incontri Informali
- Dimostrazioni Pratiche
- Conclusioni

A Napoli il 25 Settembre 2019.

www.keysight.it

MONACO SOLAR & ENERGY BOAT CHALLENGE: DAL 2 AL 6 LUGLIO LA VI EDIZIONE

Tutto pronto per la sesta edizione del Monaco Solar & Energy Boat Challenge, in programma dal 2 al 6 luglio 2019, organizzata in collaborazione con la Fondazione Principe Alberto II di Monaco e la Federazione Internazionale di Powerboating (UIM). Questo appuntamento, che vuole essere un vero e proprio incontro e occasione di discussione sulle nuove tecnologie, ravviva una tradizione per l'innovazione dei motori che risale al 1904 quando il Principato organizzò il primo incontro sulle barche a motore. Lanciato nel 2014, questo evento unico, aperto al pubblico e supportato da Credit Suisse e SBM Offshore, riunisce tre categorie di barche a motore nelle classi Solar, Offshore ed Energy. L'obiettivo è quello di lasciare il campo aperto alla creatività dei giovani ingegneri, lavorando con produttori esperti, per progettare e sviluppare sistemi di propulsione alternativa per gli yacht, utilizzando solo fonti di energia pulita.

Oltre alle gare, che coinvolgeranno più di 40 squadre internazionali di studenti e professionisti, sono previsti dei Tech Talk quotidiani sull'Open Source nei quali verranno illustrati i

EH1, ALEXA!!! UN EVENTO DI UN GIORNO CON ALEXA E NXP

Immagina di controllare tutto tramite comandi vocali integrando nel prodotto la soluzione Alexa Voice Service Solution.

NXP e Arrow Electronics vi invitano a scoprire il futuro del controllo vocale con la soluzione MCU «chiavi in mano» NXP per Alexa, un evento di un giorno in programma il 3 luglio 2019 a Milano presso l'Hilton Milan | Via Luigi Galvani, 12 – 20124 Milano (Stazione Centrale).

Gli argomenti della giornata:

- Soluzione a confronto: MCU vs MPU
- Overview soluzione i.MXRT106A

- Overview soluzione HW SLN-ALEXA-IOT
- Demo set up completo (creazione AWS account e registrazione prodotto)
- Audio Tuning Tool
- Certificazioni

AGENDA

- 08:30 Registrazione
- 09:00 Soluzione a confronto: MCU vs MPU
- 09:30 Overview soluzione .MXRT106A
- 11:00 Break
- 11:15 Overview soluzione HW SLN-ALEXA-IOT
- 12:00 Pausa pranzo
- 13:00 Demo set up completo
- 15:30 Audio Tuning Tool
- 16:30 Certificazioni
- 17:00 Chiusura evento

Per registrarsi e partecipare all'evento:
<https://bit.ly/2VtAvg7>



progressi e le novità relativi ai sistemi di energia pulita.

Per incoraggiare e motivare gli studenti nella loro ricerca, una giuria di esperti assegnerà una serie di premi, tra cui un premio per l'innovazione, il premio per la migliore tecnologia e il premio per l'emissione zero.

Si tratta di una grande sfida mirata a soddisfare i futuri imperativi energetici e ambientali per le industrie marine.

"Poiché crescono le preoccupazioni per il futuro del nostro pianeta, riteniamo essenziale che il settore della nautica ab-

bracci fonti energetiche pulite per ridurre le emissioni di gas serra, in linea con gli impegni assunti dagli Stati durante l'Accordo di Parigi. Convinti di dover dare l'esempio, e come parte integrante della nostra Monaco, con il progetto Capital of Yachting vogliamo toccare sul vivo le coscienze, assistere e sostenere questi giovani ingegneri che vedo molto coinvolti nelle questioni ambientali", commenta Bernard d'Alessandri, Segretario Generale dello Yacht Club di Monaco.

Grazie al suo format originale, la reputazione della Monaco Solar & Energy Boat

Challenge si sta diffondendo tra gli ingegneri in erba, attirando squadre da tutto il mondo: ad esempio, il Team Hydros Universitas Indonesia compete nella Classe energetica. Altre squadre verranno come osservatori al fine di partecipare nell'anno 2020, come il Sanya Visun Royal Yacht Club (Cina) e il Rochester Institute of Technology di Dubai. È rassicurante notare che la transizione energetica di nuova generazione è un tema caldo in tutto il pianeta.

<https://mcsebc.org/>

MOSTRE MERCATO

CEREA (VR)
FIERA DELL'ELETTRONICA DI CEREA
AreaExpo - Via Oberdan - Cerea (VR)
Organizzazione: fieraelettronica.it
Tel: 0308376078
<http://www.fieraelettronica.it>
info@fierielttronica.it
31 Agosto e 01 Settembre

BUSTO ARSIZIO (VA)
EXPO ELETTRONICA
Malpensafiere - Busto Arsizio (VA)
Organizzazione: Blu Nautilus srl
Telefono: 0541439573
www.expoelettronica.it
info@expoelettronica.it
07-08 Settembre

MONTICHIARI (BS)
RADIANTISTICA EXPO
CENTRO FIERA DEL GARDA MONTICHIARI
Organizzazione: CENTRO FIERE DEL GARDA SPA
Telefono: 030961148
www.centrofiere.it
radiantistica@centrofiere.it
07-08 Settembre

MACERATA
MOSTRA MERCATO NAZIONALE DELL'ELETTRONICA
Centro Fiere - Villa Potenza
Organizzazione: CB CLUB Maceratese
Telefono: 366.4099626
www.cbclubmaceratese.com
14-15 Settembre

PIACENZA
MONDO ELETTRONICA PIACENZA
Piacenza Expo
Organizzazione: EXPO FIERE SRL
Telefono: 054527548
www.mondoelettronica.net
info@expofiere.net
14-15 Settembre

CESENA
EXPO ELETTRONICA
Cesena Fiera - Pievesestina
Organizzazione: Blu Nautilus Srl
Telefono: 0541439573
www.expoelettronica.it
info@expoelettronica.it
14-15 Settembre

CODEVILLA (PV)
FIERA DELL'ELETTRONICA
Expo Tucano SP1 N° 38 Codevilla
Organizzazione: Eventi e Fiere
www.eventiefiere.com
info@eventiefiere.com
14-15 Settembre

BASSANO DEL GRAPPA (VI)
FIERA DELL'ELETTRONICA
BassanoExpo - via Capitelvechio 88 - Cassola (VI)
Organizzazione: eBoot srl
Telefono: 3286467529
www.eboot.it
eboot srl@gmail.com
21-22 Settembre

NOVEGRO (MI)
RADIANT & SILICON
Parco Esposizioni di Novegro (MI)
Organizzazione: Comis Srl
Telefono: 027562711
www.parcoesposizioninovegro.it
radiant@parcoesposizioninovegro.it
21-22 Settembre

PISA
FIERA DELL'ELETTRONICA DI PISA
Stazione Leopolda - Pisa
Organizzazione: Prometeo
Telefono: 057122266
www.prometeo.tv/elettronicapisa
info@prometeo.tv
21-22 Settembre

GONZAGA (MN)
FIERA DELL'ELETTRONICA
Fiera Millenaria - Gonzaga (MN)
Organizzazione: Fiera Millenaria di Gonzaga Srl
Telefono: 037658098
www.fieramillenaria.it
info@fieramillenaria.it
28-29 Settembre

RAVENNA
MONDO ELETTRONICA
Pala De Andrè
Organizzazione: Expo Fiere Srl
Telefono: 054527548
www.mondoelettronica.net
info@mondoelettronica.net
28-29 Settembre

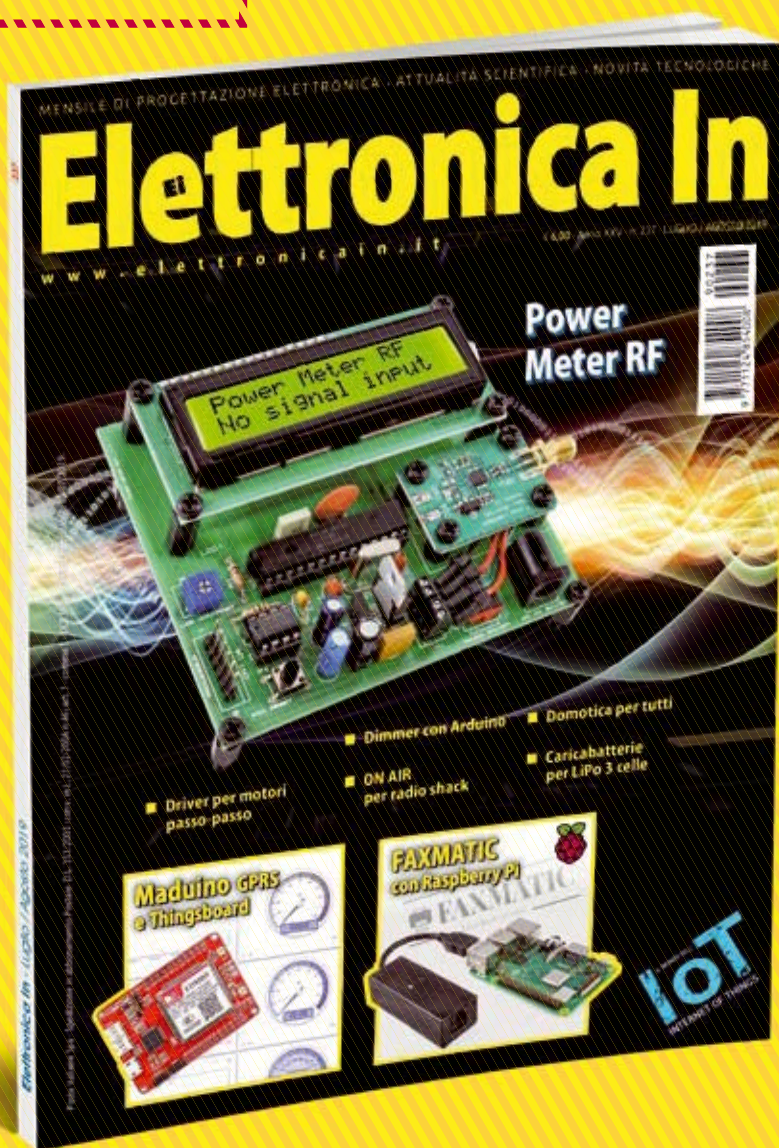
PIANA DELLE ORME (LT)
MOSTRA SCAMBIO RADIO D'EPOCA, HI-FI
Museo Piana delle Orme - Via Migliara 43 Borgo Faiti
Organizzazione: Ass.Cult. Quelli della Radio
Telefono: 3386155146
www.quellidellaradio.it
28-29 Settembre

L'elenco aggiornato di tutte le Mostre Mercato del 2019 è disponibile sul sito
www.elettronica.it/calendario-mostre-mercato

L'elenco completo dei più importanti eventi nazionali e internazionali di elettronica, sicurezza e fonti rinnovabili è disponibile sul sito
www.elettronica.it/blog/category/eventi/eventi_e_manifestazioni



ABBONAMENTO
ANNUALE



Mese dopo mese realizza i **Progetti** descritti sulla rivista, rimani aggiornato con i nostri **Corsi**, approfondisci la conoscenza delle tecniche e dei componenti più avanzati con i nostri **Tutorial** e le nostre **News**.

10
NUMERI

A SOLI

€45

ANZICHÉ € 60,00

COME ABBONARSI

→ on-line

compilando il modulo riportato nella pagina "**Abbonamenti**" del nostro sito www.elettronica.in.it.

→ mail

scrivendo a
abbonati@elettronica.in.it
con i dati riportati nel coupon a lato.

→ posta

compilando il modulo di abbonamento riportato a lato e inviandolo al seguente indirizzo:

FUTURA GROUP srl
Via Adige 11
21013 Gallarate (VA)

→ telefono

telefonando a
+39-0331-752668

Visita: www.elettronica.in.it/abbonamenti

VANTAGGI PER GLI ABBONATI

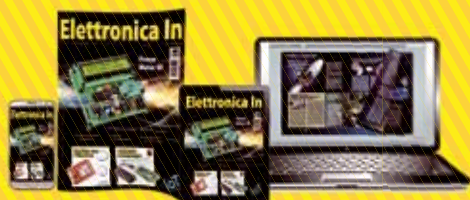
**RISPARMIA FINO AL 25%
SUL PREZZO DI COPERTINA**

**10% DI SCONTO SUI TUOI ACQUISTI CON
DISCOUNT CARD FUTURA ELETTRONICA**

**1 VOLUME A SCELTA DELLA COLLANA
"L'ELETTRONICA PER TUTTI"**

**RICEVI LA RIVISTA A CASA TUA
COMODAMENTE E VELOCEMENTE**

La possibilità
di **leggere**
gratuitamente
la versione digitale
di Elettronica In



Sì desidero abbonarmi per un
anno alla rivista *Elettronica In*.
Riceverò i seguenti omaggi:



DISCOUNT CARD Futura Elettronica

**UNO, A SCELTA, TRA QUESTI VOLUMI
della collana "L'Elettronica per tutti".**



- ☐ **Fishino - Arduino e l'Internet delle Cose in un'unica innovativa scheda**
- ☐ **Randa - Raspberry Pi + Arduino**
- ☐ **ARDUINO UNO - Programmazione avanzata e Librerie di sistema**
- ☐ **Impara l'elettronica sperimentando**
- ☐ **Primi passi in elettronica**
- ☐ **Arduino e le tecniche di programmazione dei microcontrollori ATMEL**
- ☐ **Raspberry Pi - il mio primo Linux Embedded**
- ☐ **Alla scoperta di Arduino YÚN**
- ☐ **Programmiamo con i PIC**
- ☐ **L'ABC di Arduino**
- ☐ **Stampiamo in 3D**

Resto in attesa del primo numero.

Cognome:

Nome:

Via:

N°:

CAP:

Città:

Provincia:

Telefono:

e-mail:

Data:

Firma:

Resto in attesa di vostre disposizioni per il pagamento.
Ai sensi dell'art. 13 del D.Lgs. 196/2003, in tema di protezione dei
dati personali, FUTURA GROUP srl informa che i dati liberamente
forniti attraverso la compilazione del presente modulo saranno
trattati e conservati in conformità a tutte le normative vigenti. I
dati suddetti saranno trattati su supporto cartaceo e informatico,
mediante sistemi di protezione atti alla tutela della riservatezza, per
finalità connesse all'esecuzione dei rapporti contrattuali instaurati.
Inviare in busta chiusa a:



FUTURA GROUP srl
Via Adige 11 • 21013 Gallarate (VA)
Tel. +39-0331-752668

KIT COMPLETI PER VIDEOGIOCHI ARCADE CON RASPBERRY PI 3 B+

KIT RETROPIE PER VIDEOGIOCHI ARCADE CON CABINET

Postazione mono giocatore per videogiochi Arcade. Il sistema utilizza il software RetroPie con il quale è possibile emulare vari tipi di console, tra cui Nintendo, Game Boy, MAME, Sega Master System, Amiga, Commodore, ecc. Il kit include: display LCD IPS a colori da 10" ad alta risoluzione, board Raspberry Pi 3 tipo B+, cabinet completo, SD-Card da 16GB con il software RetroPie precaricato. È dotata di 4 porte USB alle quali è possibile collegare dispositivi esterni, come ad esempio un GamePad e di porta ethernet per il collegamento a internet.



€ 279,00

Cod. ARCADE101



KIT RETROPIE PER VIDEOGIOCHI ARCADE

Costruisci una postazione per videogiochi Arcade come quelle degli anni '80 e '90! Grazie a questo kit potrai emulare vari tipi di console: Nintendo, Game Boy, MAME, Sega Master System, Amiga, Commodore...

€ 115,00

Cod. RETROPIEKIT_N



Attenzione: il cabinet non è compreso, ma i disegni per realizzarlo sono scaricabili dalla scheda online del prodotto.

KIT MINI RETROPIE PER VIDEOGIOCHI ARCADE

Il kit permette di realizzare un mini cabinet per videogiochi Arcade degli anni '80 e '90. Consente di emulare vari tipi di console: Nintendo, Game Boy, MAME, Sega Master System, Amiga, Commodore...
Dimensioni contenute: 250x250x250 mm.

€ 184,00

Cod. MINIRETROPIE



Attenzione: il case mini cabinet realizzato con stampante 3D è acquistabile separatamente (9 colori disponibili). Cod. CASEMINICABINET • € 189,00.

Prezzi IVA inclusa

**FUTURA
ELETTRONICA®**

Futura Group srl
Via Adige, 11 • 21013 Gallarate (VA)
Tel. 0331/799775

Caratteristiche tecniche
e vendita on-line su:

www.futurashop.it

DOMOTICA PER TUTTI



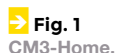
di GUIDO OTTAVIANI

Realizziamo applicazioni di controllo all'interno di edifici mediante una piattaforma basata sull'hardware di Raspberry Pi. Prima puntata.

Da molto tempo il mondo della tecnologia punta ad automatizzare gli elettrodomestici. La *Domotica*, o *Home Automation*, è uno di quei casi nei quali la fantascienza ha anticipato di molto alcune scoperte, tanto che già negli anni '60 si parlava già di *Smart Home* con "I Pronipoti" e da allora il tema è onnipresente nella narrativa futuristica. Nel mondo reale si è cominciato a standardizzare le diverse tecnologie esistenti solo negli anni '90; con il nuovo millennio la tecnologia ha raggiunto la maturità necessaria alla diffusione di dispositivi affidabili a prezzi accessibili, tanto che oggi, anche in ambiente domestico possiamo comandare o automatizzare i nostri dispositivi. Ci basterà invocare OK GOOGLE, ALEXA o SIRI, piuttosto che J.A.R.V.I.S. o HAL; ma ci stiamo avvicinando

La contropartita è che per gestire i nostri elettrodomestici abbiamo bisogno di più telecomandi, numerose app, interfacce grafiche realizzate con

OpenHAB, come molti altri sistemi aperti, è utilizzabile su quasi tutti i sistemi operativi esistenti. Nel caso di un controllo domotico, un SBC (Single Board Computer) è lo strumento ideale per economicità, facilità di gestione, consumi e molto altro. E quando si parla di SBC viene subito in mente Raspberry Pi. RPI, RasPI o negli altri modi nei quali viene confidenzialmente chiamato, ha portato la



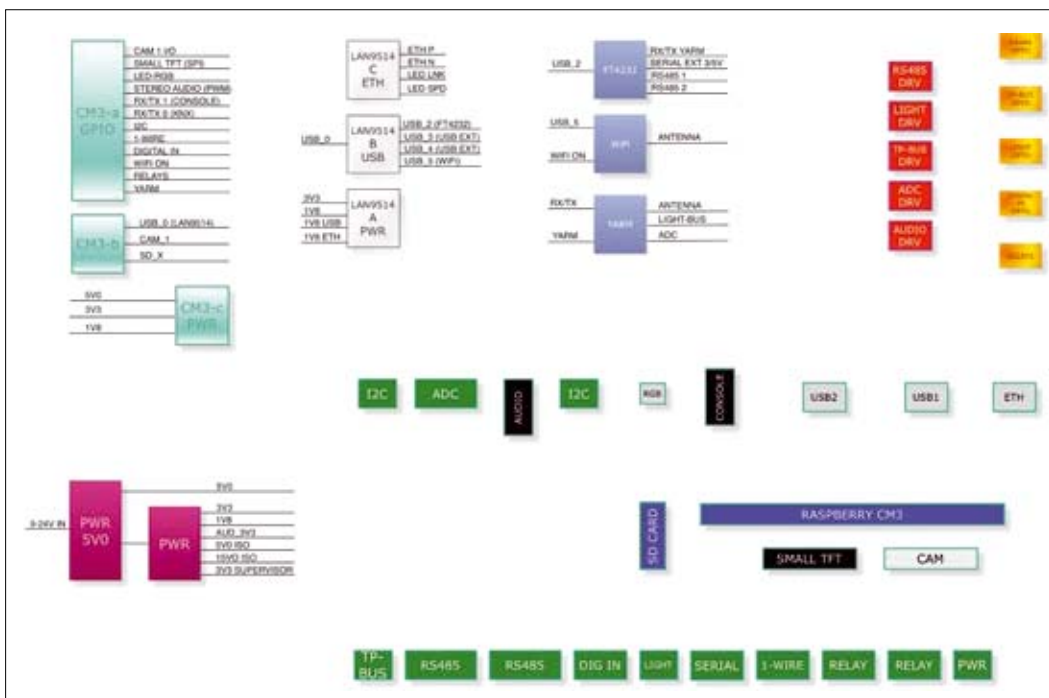


Fig. 2
Schema per blocchi funzionali della board CM3-Home.

conoscenza del mondo Linux al grande pubblico e contribuito alla diffusione di tante soluzioni che altrimenti sarebbe rimaste nelle nicchie dei laboratori. A conferma di questo, nel dinamico mondo di OpenHAB è stata sviluppata una distribuzione di Raspbian specifica per OpenHAB, per semplificare l'installazione e ridurre i tempi di apprendimento anche a chi si vuole avvicinare al mondo della domotica senza essere necessariamente esperto di Linux. Come è facile immaginare questa distribuzione si chiama Openhabian [B] ed è disponibile come immagine disco con la quale flashare direttamente il sistema operativo sull'SD card.

CM3-HOME

Raspberry PI è un ottimo SBC per questo scopo e ci sono adattatori per interfacciarsi a molti bus con diversi protocolli. Questo va benissimo per sviluppare il nostro sistema o in un laboratorio di sperimentazione. Se però vogliamo realmente installare un sistema domotico permanente, con tutti i criteri di affidabilità che questo richiede e senza avere una selva di cavi, adattatori, connettori, USB hub e altro, ci serve qualcosa di installabile in un quadro elettrico, con un'alimentazione affidabile e con le interfacce più comuni già montate sulla scheda. Questo obiettivo può essere raggiunto con il Compute Module 3 (CM3 [C]) che fornisce tutta l'intelligenza della Raspberry PI3 in un modulo da utilizzare in un progetto personalizzabile. Con tale

modulo è stata sviluppata la piattaforma CM3-Home. Grazie ad essa è possibile realizzare efficienti controlli domotici a costi tali da estendere la domotica anche dove un tempo non era pensabile. Nei prossimi capitoli entreremo nel vivo, con installazioni ed esempi pratici di utilizzo per i dispositivi più comuni.

CM3-HOME DESCRIZIONE HARDWARE

La nostra board è piuttosto complessa e non possiamo, per ragioni pratiche, descriverne lo schema elettrico nel dettaglio; ne faremo comunque un'analisi per blocchi, riferendoci allo schema illustrato nella **Fig. 2**.

Il modulo Raspberry PI CM3 è suddiviso in tre blocchi principali: il primo è relativo a periferiche specifiche non mappabili, come USB, scheda SD, Cam, HDMI, ecc.

Un altro blocco comprende il dispositivo LAN9514, pilotato dall'unica porta USB disponibile sul CM3 e crea quattro porte USB, più una porta Ethernet a 10/100 Mbps. Il componente LAN9514 è dotato delle protezioni del caso e del connettore RJ45. Vediamo poi un dispositivo abbastanza complesso, che è l'FT4232, pilotato da una delle porte USB disponibili sul LAN9514 e crea quattro porte seriali indipendenti; due di queste sono configurate come porte RS485, una per collegare il modulo YARM e l'ultima da destinare a porta seriale TTL generica esposta sulla presa esterna.

La CM3-Home è una scheda disegnata intorno al modulo industriale Raspberry Pi Compute Module 3 che consente di realizzare applicazioni di Home Automation professionali, affidabili e adatte alla commercializzazione. E' pensata per essere installata in un quadro elettrico, su barra DIN, e occupa nove moduli standard. A bordo sono presenti le interfacce più utilizzate nell'home automation (Fig. 3). I collegamenti verso l'esterno

sono su morsetti a vite estraibili per una più facile installazione e manutenzione.

Tutti i bus sono protetti contro le sovratensioni e le interferenze, prevedendo che i cavi possano essere stesi in un ambiente industriale. Il PCB è stato progettato per avere le corrette caratteristiche di compatibilità elettromagnetica per le EMI irradiate, indotte e condotte. La scheda è certificata CE.



Fig. 3
La board che utilizzeremo per le applicazioni domotiche.

La porta seriale di debug è direttamente disponibile dalla periferica mini-uart del CM3; la periferica seriale completa CM3 viene utilizzata per collegare il dispositivo TPUART. Il TPUART si trova sulla scheda relativa al bus KNX.

Abbiamo poi le interfacce a 1 e 2 fili (conosciuti anche come TWI e I²C) e il bus DALI. Le linee RX e TX sono pilotate in bit-banging tramite due GPIO. Scambiando i due resistori da 0Ω è possibile scegliere di utilizzare la CPU CM3 o YARM per scrivere o leggere i segnali DALI.

Nello schema abbiamo anche i relè e i relativi circuiti di pilotaggio, collegati a due GPIO.

Procediamo con le protezioni per gli ingressi analogici, progettati per collegare la linea bilanciata anti-manomissione ma utilizzabili anche in altri modi. Gli ingressi analogici sono collegati alle periferiche

della YARM dal momento che il Raspberry Pi CM3 non ha ingressi analogici.

Nello schema a blocchi vediamo anche il blocco WiFi e i circuiti audio, compatibili con la scheda Raspberry Pi3. In breve, per ottenere un'uscita audio di qualità decente, si utilizzano le due periferiche PWM disponibili per i canali sinistro e destro, un buffer digitale per ridurre l'impedenza di uscita e un filtro passa-basso per attenuare gli artefatti generati dalla digitalizzazione.

L'AMBIENTE DI LAVORO

Per le nostre applicazioni utilizzeremo un ambiente Linux correlato al progetto OpenHAB (<https://www.openhab.org/>), sia come tutorial sia come discussioni nel forum ufficiale (<https://community.openhab.org/>). Vedremo sommariamente l'installazione del sistema operativo; chi vorrà approfondire l'installazione di OpenHABian potrà consultare il sito www.openhab.org/docs/installation/openhabian.html.

Diamo comunque qualche informazione su OpenHAB, il cui cuore, giunto alla maturità con la versione 2, è un sistema ad eventi con un'architettura a livelli ben isolati tra loro per facilitare lo sviluppo, l'integrazione e l'utilizzo dei plug-in.

Il livello fisico (PHY) è realizzato con le interfacce hardware e i driver tipici di Linux che espongono le proprie **API** ai livelli superiori.

A queste API si connettono i cosiddetti **Binding**, plug-in sviluppati con il contributo della community di OH, che adattano le API standard al linguaggio comune.

Una volta che il binding è stato installato, collegato all'hardware e configurato, sono disponibili i **Things**, gli oggetti che permetteranno di utilizzare i servizi offerti dai diversi dispositivi/servizi. Il primo thing da configurare è generalmente quello relativo al gateway. Questo contiene indirizzi, chiavi di accesso, modalità di collegamento e quello che serve per interfacciarsi con il servizio. Una volta che il gateway è on-line (quindi collegato con il servizio) sono disponibili i diversi oggetti che questo mette a disposizione. Possono essere switch, dimmer, controllo tapparelle, valori di temperatura, file dati (JSON), variabili generiche di lettura o scrittura e altre cose specifiche del servizio stesso.

Ai things vengono associati gli **Item**, variabili dell'ambiente OpenHAB alle quali si assegna un nome mnemonico, una descrizione, un'icona e dei criteri di appartenenza a gruppi. Gli item sono a questo punto utilizzabili in modo uniforme per realizzare interfacce grafiche, mobile app, per col-

legarli a servizi in cloud come My-OpenHAB o Google assistant, oppure utilizzati in **Rules**, automatismi che eseguono specifiche azioni al verificarsi di determinate condizioni, ad esempio "Regola la luce a certi orari", "Abbassa il riscaldamento se sono previsti rialzi di temperatura", "Chiudi le tapparelle se piove" o tutto quello che ci può venire in mente. Passiamo adesso all'installazione: le operazioni di installazione sono molto lunghe, occorre avere pazienza; il primo login effettuerà l'installazione di tutte le componenti aggiuntive di OpenHABian rispetto a Raspbian, operazione che richiederà molto tempo.

Una volta che l'installazione è completata seguendo le istruzioni, si deve procedere con l'installazione degli add-on necessari. Vediamo qualche suggerimento.

Molte di queste operazioni sono facilitate utilizzando l'utility di configurazione equivalente alla rasp-config, dedicata per l'ambiente OpenHABian:

```
sudo openhabian-config
```

La porta seriale della CM3-Home deve essere resa disponibile, liberandola dagli utilizzi standard di RPI, tramite le apposite voci di menu del programma di configurazione:

```
30 | System Setting
35 | Serial Port
[*] 1 (RPI) Disable serial console
[*] 2 (RPI3) Disable Bluetooth module
[*] 3 Add common serial ports to openHAB JVM
```

Le diverse voci di menu possono essere usate, sia nella fase iniziale che successivamente, per personalizzare l'ambiente secondo le proprie esigenze:

```
30 | System Setting
to change password, host name, WiFi, etc.
01 | Update
02 | Upgrade System
20 | Install optional add-ons
Mosquitto
Grafana
knxd
```

Un altro strumento con il quale è consigliabile prendere confidenza è la *karaf console*. Questa fornisce informazioni specifiche dell'ambiente OpenHAB. Vediamo un esempio con il binding knx:

```
openhabian@cm3home:~$ ssh -p 8101 openhab@localhost
```

Password authentication

Password:



```
Hit '' for a list of available commands
and '[cmd] --help' for help on a specific command.
Hit '' or type 'system:shutdown' or 'logout' to
shutdown openHAB.
openhab> config:list "(service.pid=org.openhab.knx)"
-----
Pid:                org.openhab.knx
BundleLocation:     mvn:org.openhab.binding/org.openhab.
binding.knx/1.10.0
Properties:
    localIp = localhost
    service.pid = org.openhab.knx
    type = ROUTER
openhab>
```

Sempre con la karaf console, per un debug più dettagliato si può aumentare il livello di verbosità:

```
openhab> log:set debug tuwien.auto.calimero
```

oppure abilitare il trace:

```
log:set TRACE org.openhab.binding.knx
log:set TRACE tuwien.auto.calimero
```

Tutte le informazioni saranno disponibili su:

```
/var/log/openhab2/event
/var/log/openhab2/openhab.log
```

Oppure con il comando di console:

```
log:tail
```

Lo stesso risultato si ottiene, senza dover entrare nella console, tramite le pagine di servizio di OpenHAB:

```
cm3home.local:9001/
```

Tutte le configurazioni sono caricate dinamicamente quando il file **.cfg** è salvato. In questo esempio:

```
/etc/openhab2/services/knx.cfg
```



Può succedere in alcuni casi che la configurazione precedente rimanga in cache e possa sopravvivere anche al restart del servizio. È possibile forzare la lettura da file in questo modo:

```
openhlab> config:delete org.openhab.knx
openhlabian@RasPIguiott:~$ sudo systemctl restart
openhlab2
```

CONFIGURAZIONE DELL'HARDWARE

La CM3-Home ha una dotazione di periferiche hardware direttamente collegate ai GPIO molto superiore a quella della Raspberry Pi3 standard. Per usarle tutte occorre configurarle. In particolare:

- assegnare la debug port (UART1) ai GPIO32-GPIO33 invece che GPIO14-GPIO15;
- assegnare i GPIO al LED RGB;
- cambiare i GPIO relativi al PWM per l'uscita audio;
- assegnare la linea per il bus 1-wire;
- assegnare il sensore per il telecomando IR al GPIO20;
- se necessario, assegnare il connettore J3 al display SPI;
- configurare la porta I²C;
- togliere l'attesa per l'HDMI all'accensione (si risparmierebbero 10s allo startup).

Per questo deve essere aggiunto al file **/boot/config.txt** il codice che riportiamo nel **Listato 1**. Per reindirizzare la console di sistema alla porta di debug, è necessario modificare anche

il file **/boot/cmdline.txt** cambiando solo le istruzioni relative alla console; il resto del file deve rimanere inalterato.

Dovete quindi cambiare questa riga:

```
console=serial0,115200 console=tty1
```

in quella seguente:

```
enable_uart=1 console=serial1,115200
```

Una volta che tutto è configurato, è disponibile una dashboard all'indirizzo **cm3home.local:8080**.

Il punto di partenza per qualsiasi configurazione è il pannello **Paper UI** della dashboard.

APP MOBILE

Per utilizzare OpenHAB sulla CM3-Home con tutte le sue funzionalità dai dispositivi mobili anche quando non si trovano nella stessa rete domestica, è possibile utilizzare il servizio open cloud offerto da OpenHAB [D] e l'app corrispondente disponibile per iOS e Android.

Dopo aver installato **OpenHAB Cloud Connector** saranno disponibili i file seguenti:

```
/var/lib/openhab2/uuid
/var/lib/openhab2/openhabcloud/secret
```

Il contenuto di questi file è necessario per configurare il servizio in cloud. Le istruzioni per la configurazione del servizio sono disponibili cliccando sul

↓ Listato 1

```
dtoverlay=pi3-disable-bt
#Serial port to GPIO 32 and 33
force_turbo=1
dtoverlay=uart1,txd1_pin=32,rxid1_pin=33
#CM3-Home led definition
dtoverlay=cm3-home-leds
#Enable PWM on GPIO 40 and 41 for the audio out
dtoverlay=pwm-2chan,pin=40,func=4,pin2=41,func2=4
# Enable the 1-wire bus
dtoverlay=w1-gpio,gpiopin=16
#Enable the IR Linux driver
dtoverlay=lirc-rpi,gpio_in_pin=20
dtparam=spi=on
dtoverlay=rpi-display,speed=32000000,rotate=270
#dtoverlay=ads7846,cs=0,penirq=34,speed=10000, swapxy=0, pmax=255, xohms=60, xmin=200, xmax=3900, ymin=200, ymax=3900
#I2C on Grove socket
#(https://github.com/raspberrypi/linux/blob/rpi-4.9.y/arch/arm/boot/dts/overlays/README#L783)
dtparam=i2c_arm=on
dtparam=i2c_arm_baudrate=400000
dtoverlay=i2c1-bcm2708,sda1_pin=44,scl1_pin=45,pin_func=6
#Avoid waiting for HDMI device attached at boot (save more than 10sec at startup)
hdmi_ignore_hotplug=1
```



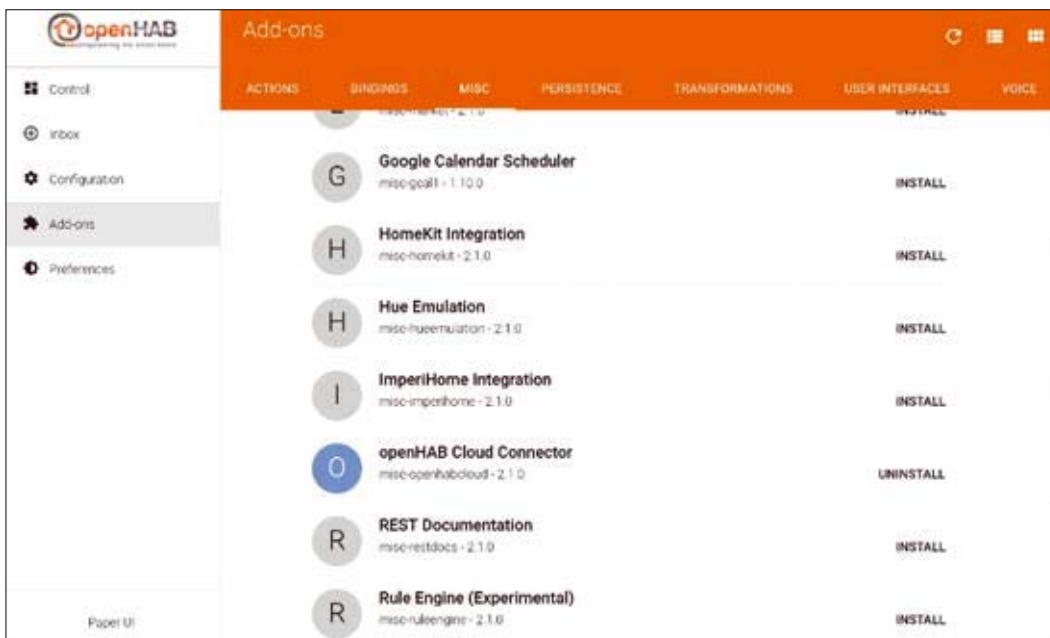


Fig. 4
Installazione
dell'OpenHAB Cloud
Connector.

nome del servizio stesso dal Paper UI. Un tutorial completo, molto più esplicativo di qualunque altro, si può trovare anche su Youtube (<https://www.youtube.com/watch?v=joz5f4ejlVc&feature=youtu.be>). Una volta configurato il servizio cloud, saranno disponibili da remoto le stesse interfacce da utilizzare in locale che costruiremo nei prossimi articoli dedicati alla piattaforma CM3-Home, senza la necessità di ulteriori azioni (Fig. 4).

EDITARE I FILE DI CONFIGURAZIONE

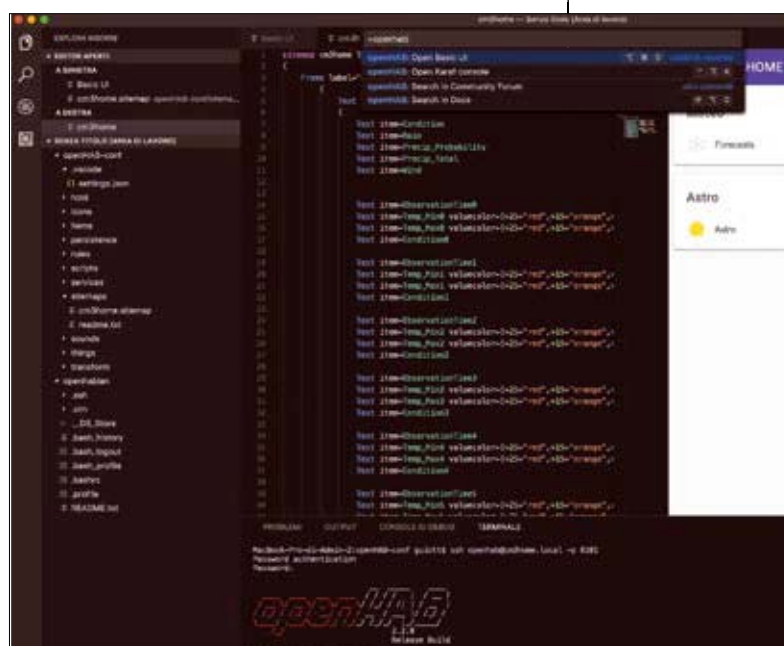
I file di configurazione di OpenHAB che vedremo nei prossimi capitoli sono dei file di testo che possono essere modificati con qualsiasi editor, sia entrando da terminale in OpenHABian sia con altri sistemi. Il modo più semplice e più versatile è tramite l'utilizzo di Visual Studio Code (<https://code.visualstudio.com/>) con la relativa extension di OpenHAB (<https://community.openhab.org/t/vs-code-openhab-extension/30205>). Anche in questo caso daremo alcuni suggerimenti per l'utilizzo mentre rimandiamo ai tutorial originali, che sono fatti molto bene, per la configurazione completa dell'ambiente. Installando OpenHABian vengono create anche delle condivisioni in samba dei folder più usati, tra questi **OpenHAB-conf** che contiene tutte i file di configurazione e corrisponde a `/etc/openhab2/`. Una volta installato VSC con le relative extension, occorre montare il volume; per esempio, su MacOSX ciò si effettua con:

```
⌘k
```

```
smb://cm3home.local
```

Con le credenziali definite nell'installazione. Configurando Visual Studio Code con le credenziali di accesso si attiva un'interattività che permette di visualizzare in tempo reale le configurazioni delle GUI, selezionare da un apposito menu i thing e gli item già configurati, oltre ad altri elementi che risultano molto utili durante la configurazione dell'intero sistema (Fig. 5).

Fig. 5
Editing
configurazione
in Visual
Studio.



Listato 2

```
<div ng-init="daysnames={ 'Sunday': 'Domenica', 'Monday': 'Lunedì', 'Tuesday': 'Martedì', 'Wednesday': 'Mercoledì', 'Thursday': 'Giovedì',
'Friday': 'Venerdì', 'Saturday': 'Sabato' }; IconSet='colorful' ">
<div ng-init="statesnames={ 'Neve': 'snow', 'Serenò': 'sunny', 'Molto nuvoloso': 'cloudy', 'Coperto': 'cloudy', 'Parzialmente nuvoloso':
'partly-cloudy-day', 'Pioggia': 'rain', 'Possibilità di pioggia': 'rain-and-sleet', 'Possibilità di temporale': 'thunder', 'Temporale':
'storm', 'Nubi sparse': 'mostly-cloudy' } ">

    <link rel="stylesheet" type="text/css" href="../static/weather-data/layouts/example.css" />
</div>

<style>
td {
    vertical-align: top;
}
</style>

<table id="weather-table">
    <tr>
        <td></td>
        <td id="weather-temp">{{ '%.1f' | sprintf: itemValue('Netatmo_Outdoor_Temperature') }}</td>
        <td id="weather-temp-sign">°C <BR> ext</td>
        <td id="weather-temp">{{ '%.1f' | sprintf: itemValue('TempIntValue') }}</td>
        <td id="weather-temp-sign">°C <BR> Nord L</td>
        <td id="weather-temp">{{ '%.1f' | sprintf: itemValue('Sonoff1Temp') }}</td>
        <td id="weather-temp-sign">°C <BR> Nord S</td>
        <td id="weather-temp">{{ '%.1f' | sprintf: itemValue('Netatmo_Indoor_Temperature') }}</td>
        <td id="weather-temp-sign">°C <BR> Sud</td>
    </tr>

    <tr>
        <td></td>
        <td id="weather-table-details1">U.:&nbsp;</td>
        <td id="weather-table-details2">{{ '%.0f' | sprintf: itemValue('Netatmo_Outdoor_Humidity') }} %</td>
        <td id="weather-table-details1"></td>
        <td id="weather-table-details2"></td>
        <td id="weather-table-details1">U.:&nbsp;</td>
        <td id="weather-table-details2">{{ '%.0f' | sprintf: itemValue('Sonoff1Hum') }} %</td>
        <td id="weather-table-details1">U.:&nbsp;</td>
        <td id="weather-table-details2">{{ '%.0f' | sprintf: itemValue('Netatmo_Indoor_Humidity') }} %</td>
    </tr>

    <tr>
        <td></td>
        <td id="weather-table-details1">P.:&nbsp;</td>
        <td id="weather-table-details2">{{ '%.0f' | sprintf: itemValue('Netatmo_Indoor_Pressure') }} mBar</td>
        <td id="weather-table-details1"></td>
        <td id="weather-table-details2"></td>
        <td id="weather-table-details1"></td>
        <td id="weather-table-details2"></td>
        <td id="weather-table-details1">CO2:&nbsp;</td>
        <td id="weather-table-details2">{{ '%.0f' | sprintf: itemValue('Netatmo_Indoor_Co2') }} ppm</td>
    </tr>

    <tr>
        <td></td>
        <td id="weather-table-details1">P.:&nbsp;</td>
        <td id="weather-table-details2">{{ '%.0f' | sprintf: itemValue('Netatmo_Outdoor_Humidex') }} °C</td>
        <td id="weather-table-details1"></td>
        <td id="weather-table-details2"></td>
        <td id="weather-table-details1"></td>
        <td id="weather-table-details2"></td>
        <td id="weather-table-details1">P.:&nbsp;</td>
        <td id="weather-table-details2">{{ '%.0f' | sprintf: itemValue('Netatmo_Indoor_Humidex') }} °C</td>
    </tr>

    <tr>
        <td>&nbsp;</td>
    </tr>

</table>

<table id="weather-table">
    <tr>
        <td></td>
```

Listato 2 (continua)

```
<td>0ggi</td>
<td>{{daysnames[itemValue('ObservationTime1') | date:'EEEE']}}</td>
<td>{{daysnames[itemValue('ObservationTime2') | date:'EEEE']}}</td>
<td>{{daysnames[itemValue('ObservationTime3') | date:'EEEE']}}</td>
<td>{{daysnames[itemValue('ObservationTime4') | date:'EEEE']}}</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>

<p id="weather-forecast-cap">{{itemValue('Condition0')}}</p>
</td>
<td>

<p id="weather-forecast-cap">{{itemValue('Condition1')}}</p>
</td>
<td>

<p id="weather-forecast-cap">{{itemValue('Condition2')}}</p>
</td>
<td>

<p id="weather-forecast-cap">{{itemValue('Condition3')}}</p>
</td>
<td>

<p id="weather-forecast-cap">{{itemValue('Condition4')}}</p>
</td>
</tr>
<tr>
<td class="col-xs-4" style="color:red">Max</td>
<td class="col-xs-4" style="color:red">{{'%'.0f' | sprintf:itemValue('Temp_Max0')}} °C</td>
<td class="col-xs-4" style="color:red">{{'%'.0f' | sprintf:itemValue('Temp_Max1')}} °C</td>
<td class="col-xs-4" style="color:red">{{'%'.0f' | sprintf:itemValue('Temp_Max2')}} °C</td>
<td class="col-xs-4" style="color:red">{{'%'.0f' | sprintf:itemValue('Temp_Max3')}} °C</td>
<td class="col-xs-4" style="color:red">{{'%'.0f' | sprintf:itemValue('Temp_Max4')}} °C</td>
</tr>
<tr>
<td class="col-xs-4" style="color:#0db9f0">Min</td>
<td class="col-xs-4" style="color:#0db9f0">{{'%'.0f' | sprintf:itemValue('Temp_Min0')}} °C</td>
<td class="col-xs-4" style="color:#0db9f0">{{'%'.0f' | sprintf:itemValue('Temp_Min1')}} °C</td>
<td class="col-xs-4" style="color:#0db9f0">{{'%'.0f' | sprintf:itemValue('Temp_Min2')}} °C</td>
<td class="col-xs-4" style="color:#0db9f0">{{'%'.0f' | sprintf:itemValue('Temp_Min3')}} °C</td>
<td class="col-xs-4" style="color:#0db9f0">{{'%'.0f' | sprintf:itemValue('Temp_Min4')}} °C</td>
</tr>
</table>
```

Un esempio di configurazione è il seguente:

```
{
  "openhab.host": "cm3home.local",
  "openhab.port": 8080,
  "openhab.lspEnabled": true,
  "openhab.username": "openhabian",
  "openhab.password": "openhabian",
  "openhab.karafCommand": "ssh openhab@%openhabhost% -p
8101",
  "files.autoSave": "off",
  "openhab.username": "openhabian",
}
```

Da tenere sempre a portata di mano l'elenco degli shortcut disponibili per utilizzare VSC, perché al-

cune funzioni non sono immediate da trovare. Trovate tutto sulle scorciatoie da tastiera alla pagina web <https://code.visualstudio.com/docs/getstarted/keybindings>.

HABPANEL CON WIDGET PERSONALIZZATI

Oltre ai widget standard descritti nella documentazione di OpenHAB, è possibile crearne di personalizzati (per esempio quello proposto nella **Fig. 6**) scrivendo del codice HTML direttamente all'interno del widget stesso. Notate che siccome questa pagina web è pubblicata dal server web interno di OpenHAB, è visibile anche attraverso i servizi Cloud. Utilizzando invece un widget frame che pubblica una pagina web esterna, quest'ultima





→ **Fig. 6**
Esempio di Habpanel che mostra le previsioni meteo in un widget personalizzato.

può essere visualizzata solo all'interno della stessa rete, a meno di non esporre le porte necessarie verso l'esterno sul router utilizzato per la connessione a Internet.

Gli stylesheet, le icone e la base di partenza del codice derivano dall'esempio scaricabile da GitHub alla pagina <https://github.com/openhab/openhab-1-addons/wiki/Weather-Binding> (Listato 2).

Questi sono posti nella cartella usata dal Web Server interno di OpenHAB (`html/weather-data`) e sono visibili con il path corrispondente `../static/weather-data`. Cambiando `IconSet=directory` è possibile scegliere il set di icone desiderato tra i diversi disponibili. Gli item definiti nel nostro ambiente OpenHAB diventano disponibili come va-

riabili aggiornate in tempo reale sulla pagina HTML e tramite Angular-js è possibile applicare tutte le operazioni di conversione, formattazione e stile che vi necessitano. La Fig. 7 mostra la configurazione di un widget personalizzato.

CONCLUSIONI

Bene, per il momento abbiamo terminato. In questo articolo vi abbiamo spiegato che cos'è e come si colloca la piattaforma hardware CM3-Home e come viene gestita attraverso il sistema operativo OpenHAB, ideale per le applicazioni domotiche. Abbiamo anche iniziato a descrivere gli strumenti per creare i rudimenti delle applicazioni di controllo e i widget e proseguiremo il discorso nella prossima puntata. □



Cosa occorre?

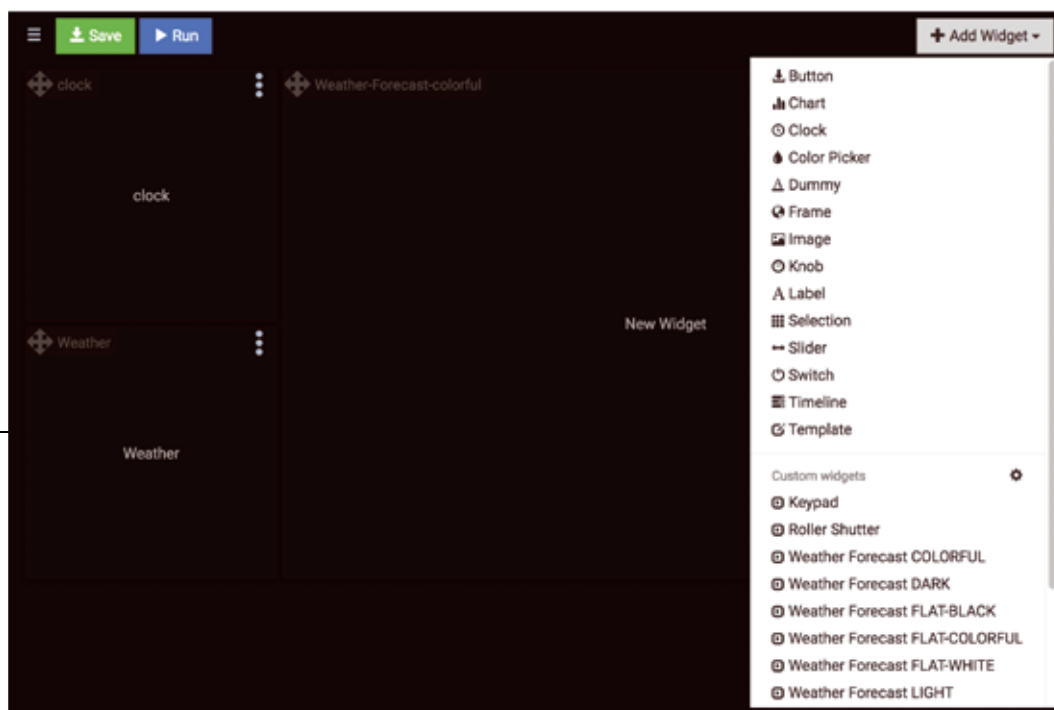
I componenti utilizzati in questa presentazione sono disponibili presso Futura Elettronica.

La board CM3-Home (cod. CM3HOME) è venduta a Euro 169,00 (il modulo Raspberry Pi CM3 non è compreso), la scheda WiFi (cod. RT5370N) è disponibile separatamente a Euro 9,00.

I prezzi si intendono IVA compresa.

Il materiale va richiesto a:

Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 - <http://www.futurashop.it>



→ **Fig. 7**
Configurazione di un widget personalizzato.



di **MAURO COLETTI**
(IU0ICA)

ON AIR PER RADIO SHACK

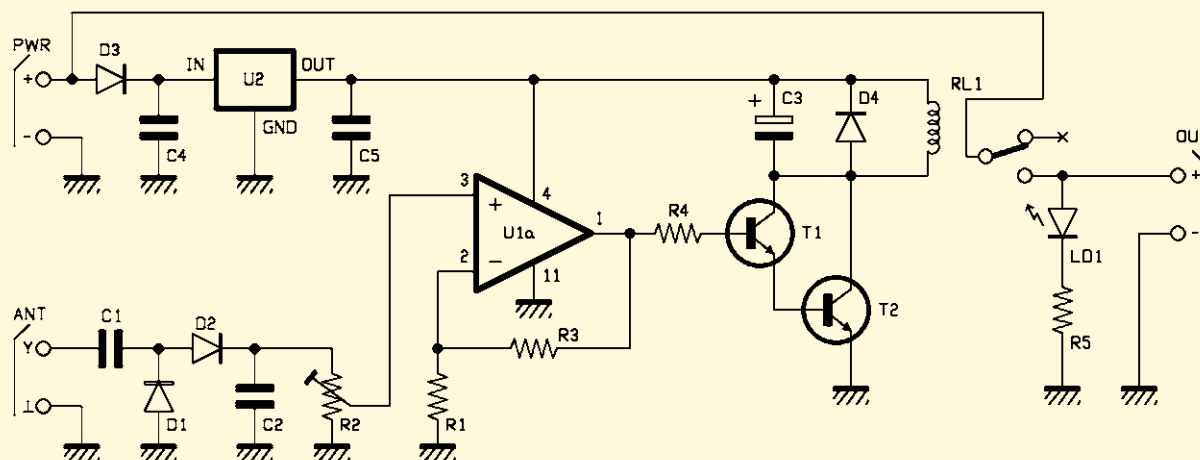
Realizziamo un'insegna luminosa radioamatoriale che si accende quando l'apparato RTX va in trasmissione, segnalandoci che siamo "in onda".

C

hi tra voi ha qualche annetto alle spalle, ricorda certamente di aver visto in TV o direttamente negli studi di un'emittente radiofonica quella caratteristica insegna luminosa riproducente la scritta ON AIR, che nacque con lo scopo di avvertire i presenti di fare silenzio perché si era in onda (d'altra parte on air si traduce letteralmente con "in onda")

onde evitare che commenti, considerazioni e rumori estranei alla voce del dj o del conduttore che parlava in radio arrivassero ai radioascoltatori. Quella stessa insegna è divenuta un must per i radioamatori, che la vogliono a corredo della propria stazione per ricreare quell'atmosfera old fashion che solo la radio può creare. Nella sua formulazione essenziale, l'insegna veniva accesa manualmente dalla regia: almeno nelle stazioni radiofoniche. Nelle stazioni dei radioamatori, invece, poteva essere attivata prelevando il comando dal pulsante PTT (Push To Talk) che attiva il microfono e quindi la trasmissione nell'apparato ricetrasmittente.

Il progetto descritto in queste pagine nasce in quest'ottica e deriva dall'elaborazione di una bella scatola di legno di compensato con la scritta ON AIR rossa che l'autore di questo articolo, collaudato radioamatore, aveva collocato tra le varie apparecchiature della



sua stazione radio; rispetto all'insegna tradizionale, il circuito che vi proponiamo è in grado di far illuminare la scritta in maniera automatica ogni qualvolta si va in trasmissione con il proprio apparato ricetrasmittente.

La cosa, in vero avrebbe potuto essere fatta semplicemente utilizzando l'uscita per il lineare della radio, però questo avrebbe significato tirare il relativo cablaggio e andare a interferire con il circuito d'antenna e relativa impedenza. Ecco perché l'autore si è orientato verso qualcosa di più semplice e che potesse funzionare automaticamente appena la radio andasse in trasmissione.

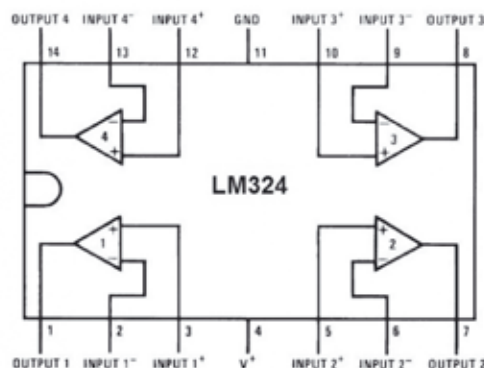
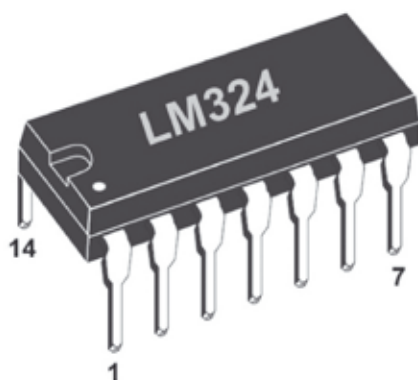
Ne è nato il progetto descritto in queste pagine, che consente di raggiungere lo scopo con un circuito semplice da costruire ed economico, oltretutto che non richiede alcun cavo di collegamento all'uscita dell'RTX. Infatti si tratta di un dispositivo che rileva il segnale radio e da esso estrae una componente continua che viene utilizzata per comandare, attraverso un relé, l'accensione della scritta.

SCHEMA ELETTRICO

Il circuito che realizza la nostra funzione è molto semplice e impiega solo pochissimi componenti: tre diodi, due transistor, due condensatori, quattro resistenze, un potenziometro ed un relé, oltre un LED e ad un circuito integrato. È sostanzialmente un ricevitore radio a banda larga e amplificazione diretta, la cui funzione è captare la RF generata dall'RTX cui sarà vicino, rivelare il segnale per ottenerne una componente continua, che poi verrà amplificata e diverrà sufficientemente ampia da pilotare dei transistor con cui alimentare la bobina di un relé, il cui scambio porterà corrente alla lampada dell'insegna.

Partendo dall'antenna, che può essere uno stilo tipo radio FM di circa un metro, oppure un semplice spezzone di filo da impianti elettrici, il segnale RF captato viene inviato, attraverso il condensatore di disaccoppiamento in continua C1, ai due diodi al germanio 1N34 (scelti per la loro attitudine a rivelare segnali RF e la ridottissima caduta di tensione

Fig. 1
L'integrato
quadroplo
operazionale
utilizzato nel
circuito.



rispetto ai rettificatori in silicio) posti in configurazione a duplicatore di tensione, che provvedono a raddrizzarlo e convertirlo in una tensione continua di pochi millivolt, ben filtrata dal condensatore C2 per ottenerne una componente sufficientemente livellata.

Tale tensione, attraverso il potenziometro, viene inviata al circuito integrato LM324, che è un quadruplo amplificatore operazionale, di cui utilizzeremo soltanto una sezione. Nella **Fig. 1** vedete la piedinatura e lo schema interno dell'LM324. La configurazione dell'amplificatore operazionale U1a ci permette di stabilire una soglia oltre la quale, all'uscita (piedino 1) ci sarà una tensione positiva abbastanza alta, che andrà a pilotare i due transistor BC547 posti in configurazione Darlington; in pratica U1a funziona da amplificatore di tensione in configurazione non-invertente con accoppiamento in continua ed eleva di un fattore pari a $(R1+R3)/R1$ la tensione prelevata dal cursore del potenziometro R2, riportando su R4 la tensione continua così ottenuta.

Quando viene superato il valore di soglia corrispondente alla somma delle V_{be} di T1 e T2, i transistor entrano in conduzione, cosicché la loro corrente di collettore alimenta la bobina del relé, il quale viene eccitato e provvede ad accendere sia il LED posto sul circuito stampato per verificare il funzionamento (perché si trova sulla linea di alimentazione), sia la lampada posta all'interno del contenitore con la scritta ON AIR.

Infatti lo scambio del relé commuta la tensione d'ingresso del circuito, che è 12 Vcc, prelevata a monte del diodo di protezione dall'inversione di polarità (D3) direttamente tra i capi della morsettiere PWR.

La lampadina per illuminare l'insegna ON AIR deve quindi essere da 12 volt, di potenza non superiore a 25 watt: va bene una lampadina da 21W per auto o il parallelo di lampadine tutto vetro da pochi watt di potenza, ovvero tre lampadine da luce di posizione per auto, 12V-5W.

Meglio ancora è utilizzare una lampada a LED, che con un consumo molto minore può garantire un'illuminazione efficace e uniforme; la lampadina deve essere da 12Vcc. Così è stato fatto nel prototipo. Il condensatore elettrolitico in parallelo con la bobina del relé serve per fare in modo di avere certo un ritardo, di circa un secondo, utile nelle modalità di trasmissione CW o SSB per evitare che la lampada si accenda e spenga con la voce, ma si accenda non appena iniziamo a parlare e si spenga solo quando abbiamo terminato. Realizza quindi

una sorta di temporizzatore, perché all'interdizione dei due transistor connessi a Darlington mantiene una certa quantità di carica, la quale, complice la componente induttiva della bobina del relé, consente a quest'ultimo di rimanere innescato per un breve intervallo di tempo fino alla successiva commutazione. La temporizzazione è una sorta di ulteriore livellamento del segnale radio captato e amplificato e va ad uniformare l'attività del relé e quindi dell'insegna luminosa.

Il LED verde LD1, collegato in parallelo al contatto di uscita dello scambio del relé, serve per verificare il funzionamento del circuito anche senza collegare la lampada LED in uscita ed è quindi utile in fase di collaudo.

Concludiamo l'analisi circuitale con il blocco di alimentazione dell'elettronica, che partendo dalla solita morsettiere generale PWR, mediante il diodo D3 preleva la tensione di ingresso (dev'essere tipicamente 15Vcc) per portarla all'ingresso (E) di un classico regolatore a tre terminali 7812, la cui uscita fornisce 12V stabilizzati all'LM324 e al circuito comprendente il relé. L'assorbimento dell'elettronica è dell'ordine dei 30 mA, cui va sommato quello del LED e della lampada che illuminerà l'insegna.

REALIZZAZIONE PRATICA

La costruzione della nostra scritta luminosa ON AIR prevede la realizzazione della parte elettronica (vale a dire il circuito di comando) e dell'insegna vera e propria; partiamo dall'elettronica, che, vista la semplicità del tutto, potete approntare su un pezzetto di basetta millefori rettangolare da circa 10x5 cm o anche meno, con piazzole a passo per i circuiti integrati (di solito le millefori sono tali, ovvero hanno le piazzole a passo 2,54x2,54 mm); comunque per chi desidera una soluzione più "professionale" abbiamo previsto un circuito stampato monofaccia, del quale potete scaricare la traccia lato rame dal nostro sito www.elettronicaain.it e utilizzarla per ricavare, da una stampa su carta da lucido o acetato, la pellicola necessaria a costruire il PCB mediante la tecnica della fotoincisione. Una volta inciso e forato lo stampato, potete disporvi i pochi componenti necessari, seguendo il piano di montaggio illustrato in queste pagine, rammentando di seguire l'orientamento indicato per i componenti polarizzati (circuito integrato, transistor, diodi e regolatore 7812) e di procedere, con la disposizione e la saldatura dei componenti, in ordine di altezza.

Per tutte le connessioni, ossia antenna, alimentazione e lampada, è previsto l'utilizzo di morsettiere

CARATTERISTICHE TECNICHE

➤ **Tensione di alimentazione:**
15 Vcc

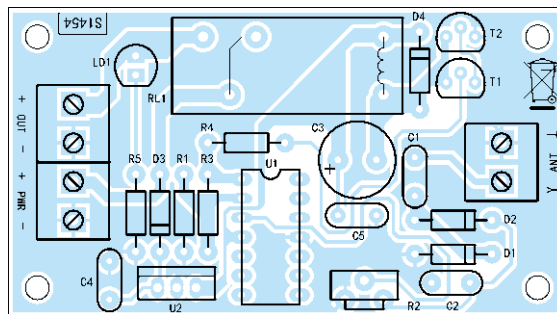
➤ **Corrente assorbita:**
30 mA più la lampada

➤ **Uscita lampada:**
a relé, 15V

➤ **Frequenza di lavoro:**
dalle OM alla VHF

➤ **Sensibilità:**
circa 10 mV





Elenco Componenti:

R1: 2,2 kohm
R2: Trimmer 10 kohm MV
R3: 100 kohm
R4: 1 kohm
R5: 1,2 kohm
C1, C2: 10 nF ceramico
C3: 220 µF 25 VL elettrolitico

C4, C5: 100 nF ceramico
D1, D2: 1N34
D3, D4: 1N4148
U1: LM324
U2: 7812
T1, T2: BC547
LD1: LED 5 mm rosso

RL1: Relé 12V 1 scambio

Varie

- Morsetto 2 vie passo 5.08mm (3 pz.)
- Zoccolo 7+7
- Circuito stampato S1454 (41x74 mm)

da circuito stampato a passo 2,54 mm. Per quanto riguarda il contenitore, ossia la meccanica per questo bellissimo gadget per lo shack della nostra stazione radio, possiamo sbizzarrirci: è infatti possibile utilizzare qualsiasi scatola di legno delle dimensioni adatte, con una lastra di plexiglass o vetro con la scritta ON AIR (possiamo usare anche delle lettere trasferibili da applicare sul vetro). Nel prototipo mostrato in queste pagine è stata utilizzata una scatola di legno già predisposta con la scritta ON AIR trovata per pochi euro in una mostra mercato, ma costruirsela non è affatto difficile.

Per le lampade o la lampada, il consiglio di utilizzare delle strisce di LED a 12 V bianche, da inserire all'interno della scatola di legno in modo da dare una luce soffusa e non fastidiosa; qualunque sia il tipo di lampada scelto, va fissato al retro del con-

tenitore in modo che la luce sia proiettata verso il plexiglass.

In **Fig. 2** potete vedere come si presenta la scatola di legno che realizza il prototipo dell'insegna con la scritta ON AIR.

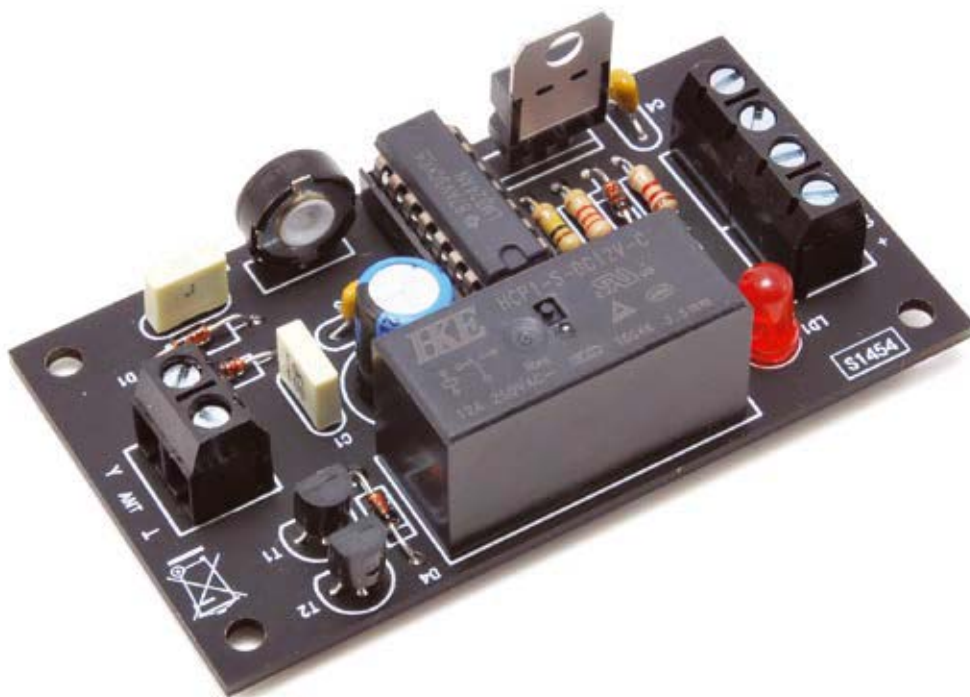
COLLAUDO E UTILIZZO PRATICO

Una volta realizzato il circuito e data tensione, provate a ruotare il potenziometro in senso orario fino a ottenere l'eccitazione del relé e l'accensione del LED verde LD1 che fa da monitor. Ruotate ora, lentamente, il potenziometro in senso antiorario, fino allo spegnimento dello stesso LED; lasciate il cursore nella posizione raggiunta appena il LED si spegne.

Fatta questa semplice operazione, il circuito è regolato ed è pronto e tarato per funzionare, in quanto si trova appena sotto la soglia che deter-

Fig. 2
Scatola di legno
utilizzata per la
realizzazione.





Il prototipo del circuito elettronico su PCB.

mina l'accensione del LED, il che significa che basta un segnale in antenna, anche non particolarmente forte, per determinare il superamento della tensione di soglia dei transistor connessi a Darlington e determinare l'innesco del relé e l'accensione dell'insegna.

Per testare il buon funzionamento del circuito provate a trasmettere in CW con il vostro ricetrasmittitore il vostro nominativo e vedrete che la lampada si accenderà e si spegnerà appena finito di trasmettere.

Provate anche in SSB con la voce: la lampada dovrebbe accendersi appena iniziate a parlare e spegnersi appena avrete finito di trasmettere. Se il LED sul circuito stampato e di conseguenza l'insegna luminosa dovessero accendersi anche in assenza di voce o casualmente, provate a portare leggermente il cursore del trimmer verso l'estremo collegato a massa; viceversa, se il circuito faticasse a innescarsi, avvicinate la sua antenna all'apparato, ovvero portate, ma sempre lentamente, il cursore del trimmer verso l'estremo opposto.

CONCLUSIONI

Il segnalatore di stazione in onda che vi abbiamo presentato è un accessorio semplice ed essenziale che non deve mancare in una stazione radioamatoriale che si rispetti, perché un segnalatore di trasmissione è un gadget di sicuro effetto. Peraltro è qualcosa alla portata di tutti, sia per il costo irrisorio di realizzazione, sia per la semplicità circuitale e la possibilità di costruire l'insegna luminosa con

materiali anche di recupero e comunque facilmente reperibili.

Il circuito elettronico che comanda l'insegna può peraltro essere utilizzato anche per altri scopi che vanno oltre l'insegna di "in onda", dato che è un detector a larga banda di segnali radio impiegabile, ad esempio, per rilevare se nei paraggi sta operando un trasmettitore radio o per verificare se vi sono fughe di campo RF oppure di onde elettromagnetiche da apparati di vario genere, anche non necessariamente radio. □



Cosa occorre?

Il materiale utilizzato in questo progetto è di facile reperibilità. L'operazionale LM324 (cod. LM324) è disponibile a Euro 0,60, il regolatore 7812 (cod. 7812) è in vendita a Euro 0,50, il transistor BC547 (cod. K/TRANS1) è disponibile nel set da 100 transistor assortiti a Euro 9,90. I prezzi si intendono IVA compresa.

Il materiale va richiesto a:

Futura Elettronica srl, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 - <http://www.futurashop.it>

STAMPANTE 3D4040



oggi ancora più ricca di accessori!

STAMPANTE 3D 40x40x40 cm in KIT

stampante 3D FDM (Fused deposition modeling)
capace di produrre stampe di **40x40x40 cm** (64.000 cm³)

€ 999,00

Cod. **3D4040**

- ✓ Struttura interamente in alluminio
- ✓ Area di stampa: X 40 cm, Y 40 cm, Z 40 cm
- ✓ Diametro filamento: 1,75 mm
- ✓ Tipo di filamento: ABS, PLA, NYLON ed altri ancora
- ✓ Diametro ugello fornito: 0,4 mm
- ✓ Diametro ugelli opzionali: da 0,3 mm a 0,8 mm
- ✓ Velocità di stampa massima: 300 mm/s (in funzione dell'oggetto da stampare)
- ✓ Piatto di stampa fisso: vetro temperato da 6 mm
- ✓ Riscaldatore per piatto di stampa: 40 x 40 cm – 12V/240 W con adesivo 3M (opzionale)
- ✓ Controllabile da PC o da modulo LCD (opzionale)
- ✓ Alimentazione tramite modulo switching 220 VAC/12 VDC 350 W
- ✓ Istruzioni di montaggio in italiano con illustrazioni



Versione montata
cod. 3D4040/M
€ 1.299,00 IVA inclusa.



Box in plexiglass per
stampante 3D4040

VASTA GAMMA DI ACCESSORI!

SCOPRILI TUTTI SU
www.futurashop.it

Controller per stampa
autonoma con display grafico

NOVITÀ!

Cod. FT1147K
€ 34,00

Relè allo stato
solido per piatto riscaldato

Foglio riscaldato
in kapton 40x40cm

Cod. BOX3D4040
€ 198,00

Cod. FT1357K
€ 15,00

Cod. 3D4040HPLATE
€ 65,00

MADUINO E THINGSBOARD

di MIRKO UGOLINI



Acquisiamo dati remoti da periferiche IoT dotate di connettività GPRS e localizzazione satellitare e pubblichiamoli nel cloud.

M

aduino Zero SIM808 è una piccola scheda compatibile con l'IDE di Arduino, contenente un modulo GPRS/GPS SIM808 della SimCom e un microcontrollore SAMD21 (Atmel-Microchip); con esso abbiamo realizzato e vi proponiamo in queste pagine un sistema IoT

da gestire con la piattaforma ThingsBoard già descritta nei fascicoli n° 234 e n° 235 della nostra rivista. Il microcontrollore ATSAMD21G18 è il sostituto dell'ATmega328P ed è basato su architettura ARM Cortex M0+ a 32bit. A renderlo molto interessante è la generosa dotazione di memoria Flash (256 kB) e SRAM. Per farvi un'idea delle potenzialità di Maduino consultate la **Tabella 1**, che evidenzia le differenze tra

Tabella 1
Tabella comparativa
tra microcontrollori
SAMD21 e
ATMEGA328P.

CARATTERISTICA	ATSAMD21G18	ATMEGA328P
Architettura	ARM Cortex-M0+	AVR
Dimensione del Bus	32-bit	8-bit
Max Clock	48 Mhz	20Mhz
Flash	256KB	32KB
SRAM	32KB	2KB
EEPROM	32KB (Emulata in Flash)	1KB
Range di alimentazione	1.62-3.63V	1.8-5.5V
N GPIO	38	23
Canali ADC	14	8
Risoluzione Max ADC	12-bit	10-bit
DAC	10-bit (350ksps Max)	NO
Interfaccia USB nativa	Host e Client	NO
DMA	12 Canali	NO
TOUCH INPUT	SI	NO
Inter-IC Sound I2S	SI	NO
SERCOM	SI	NO
Debug Port	SWD	NO
Max Corrente GPIO	Low - Source 2 mA max Sink 2,5 mA max High - Source 7 mA max Sink 10 mA max	Source 40 mA max Sink 40 mA max

ATmega328 e SAMD21. A fronte della maggiore frequenza di clock e della disponibilità della connettività USB nativa sia Host che Client, abbiamo in meno la corrente sui GPIO, che sia in modalità sink (verso massa) sia in source (erogazione) è decisamente inferiore. Ad onore del vero, tramite la configurazione di alcuni registri si riesce a triplicare la massima corrente disponibile, che rimarrebbe

comunque ad un quarto della capacità di pilotaggio di un ATmega328P.

Altra particolarità che si riscontra nella **Tabella 1** è la mancanza di EEPROM nativa. Per superare a questa carenza è possibile usare la libreria **FlashStorage** reperibile al seguente url: <https://github.com/cmaglie/FlashStorage>. Tuttavia includendo tale libreria la EEPROM viene emulata utilizzando la Flash memory e come conseguenza il numero di cicli di scrittura è limitato (10.000). Evitate assolutamente di inserire una procedura di scrittura di una variabile EEPROM emulata in un ciclo ripetitivo di uno sketch, pena la compromissione del funzionamento della Flash del vostro device. È possibile adottare una variabile EEPROM per salvare dei parametri di configurazione che si modificano una tantum e non per inserire dati che cambiano molto frequentemente.

Tabella 2
Caratteristiche
modulo GPRS/GSM
SIM808.

SIM808
Sistema di controllo dell'alimentazione integrato
Interfaccia comandi AT con rilevamento "auto baud"
Quad-band: 850/900/1.800/1.900 MHz
Invio e ricezione dati GPRS (TCP / IP, HTTP, ecc.)
GPS L1 C/A code
Canali GPS: 66
Sensibilità Tracking: -165dBm
Sensibilità acquisizione: -148dBm
Time-To-First-Fix: Cold start: 32 secondi Hot start: 1 secondo Warm start: 5 secondi
Precisione GPS: circa 2,5 metri
Interfaccia: I ² C/SPI/UART/18*GPIO
Bluetooth 3.0
Temperatura di funzionamento: da -40°C a +85
Tensione di alimentazione 3,4 ÷ 4,4V

SCHEMA ELETTRICO

La **Fig. 1** riporta i dettagli della scheda, sulla quale vediamo cinque LED:

- **LED 1PPS:** indica l'acquisizione della posizione GPS;
- **LED STA:** indica lo stato del modulo SIM808;
- **LED NET:** indica lo stato della rete cellulare.

I restanti due LED vengono utilizzati per fornire indicazione sullo stato di carica della batteria e



Fig. 1
Disposizione dei
connettori e dei
LED a bordo di
Maduino, sulle due
facce del PCB.

sulla presenza della tensione di alimentazione. Abbiamo poi:

- **LED PWR**: stato dell'alimentazione;
- **LED CHG**: stato di carica della batteria.

Trasferendoci allo schema elettrico visibile in queste pagine, vediamo che sulla scheda sono presenti i seguenti connettori:

- VBAT, impiegato per collegare la batteria ai polimeri di litio;
- CHG, che è un ingresso 5V cui è possibile collegare un pannello solare per ricaricare la batteria;
- USB (micro) per alimentazione e comunicazione con il PC per il caricamento degli sketch Arduino;
- connettori UFL per antenna GPS (inclusa) e per antenna GPRS/GSM (inclusa);
- (SWD) a 10 poli per debug del microcontrollore;
- (I2C) a 4 poli per interfaccia SPI/I²C.

Sono inoltre presenti due file di connettore a 11 poli per collegare eventuali interfacciamenti con sensori e attuatori ai pin GPIO. Sul lato inferiore della scheda (**Fig. 1**) è presente un slot per un MicroSD (opzionale) e un slot per una MicroSIM (essenziale per il funzionamento del GPRS). Prestate attenzione al verso di inserimento delle schede. In **Tabella 2** riportiamo uno schema riepilogativo delle caratteristiche del modulo SIM808. Per attivare e disattivare il modulo è necessario portare a zero logico il pin PWR; a ciò provvede il Q2, pilotato in base dalla tensione in arrivo sul D9 del connettore CN1, cui possiamo sia inviare uno stato logico alto, sia collegare un pulsante connesso al positivo +3V3. Il segnale di comando del Q2 può anche pervenire dall'I/O PA7 del microcontrollore. Il modulo SIM808 legge la tensione di alimentazione che riceve dalla batteria LiPo e nel caso si

verifichino delle anomalie (Over-Voltage o Under-Voltage) vengono emesse le relative segnalazioni sulla seriale. Sulla stessa il modulo invia anche allarmi relativi alla temperatura operativa (Over-Temperature o Under-Temperature).

Il microcontrollore utilizza i pin D0/PA11(RX) e D1/PA10(TX) per la comunicazione seriale con modulo SIM808, e il PIN D9/PA7 per il controllo di alimentazione (**Sequenza Power-on e Power-down**). I Pin D0 e D1 non sono esposti esternamente sui connettori GPIO di Maduino, mentre il pin D9 lo è ma non deve essere utilizzato per altri scopi.

COME ALIMENTIAMO MADUINO?

Maduino può essere alimentato tramite una batteria ai polimeri di litio LiPo a 3,7V collegata all'apposito connettore VBAT e contemporaneamente si può ricaricare la batteria collegando per esempio una cella solare al secondo connettore CHG. È necessario tuttavia prestare attenzione a come è realizzato il sistema di alimentazione del modulo. Dallo schema riportato possiamo notare la presenza di un chip MCP73831 (Microchip) deputato alla gestione della ricarica della batteria ai polimeri di litio. La massima corrente erogabile dal chip è di 500 mA.

È presente inoltre un regolatore di tensione lineare LDO SPX3819 (MaxLinear) che fornisce la tensione di 3,3 V per il microcontrollore ed altri dispositivi collegati al bus di alimentazione a 3,3V. Tale regolatore fornisce una corrente massima di 500 mA. La tensione fornita dal regolatore viene anche esposta sul connettore GPIO. Sulla scheda sono presenti tre connettori di alimentazione: VBAT e CHG e la porta USB. Al primo (VBAT) deve essere collegata la batteria LiPo, al secondo (CHG) una eventuale sorgente di alimentazione che possa



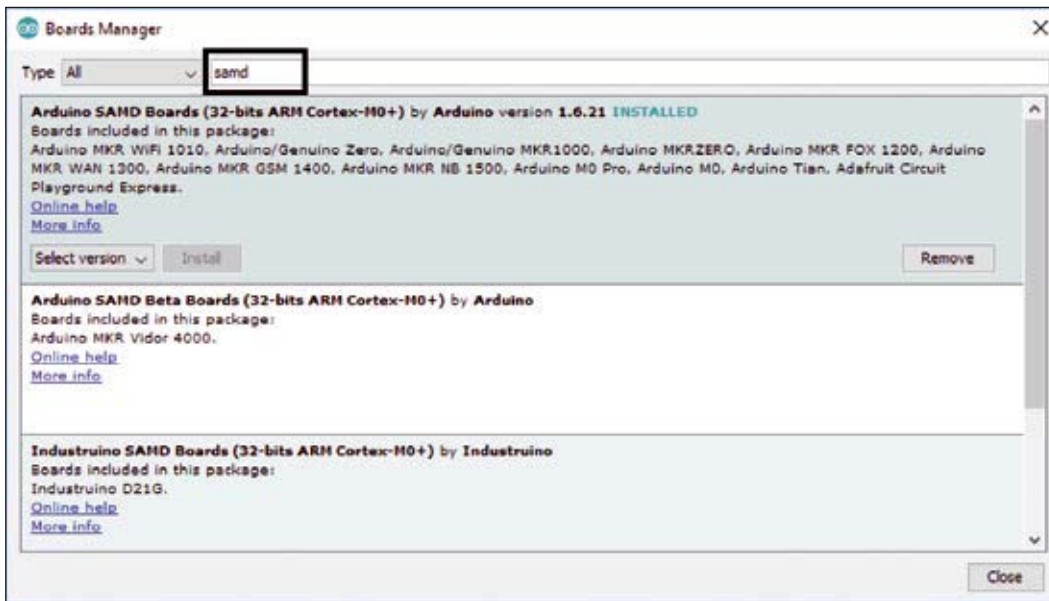


Fig. 2
Caricamento del
Core SAMD21
nell'IDE Arduino.

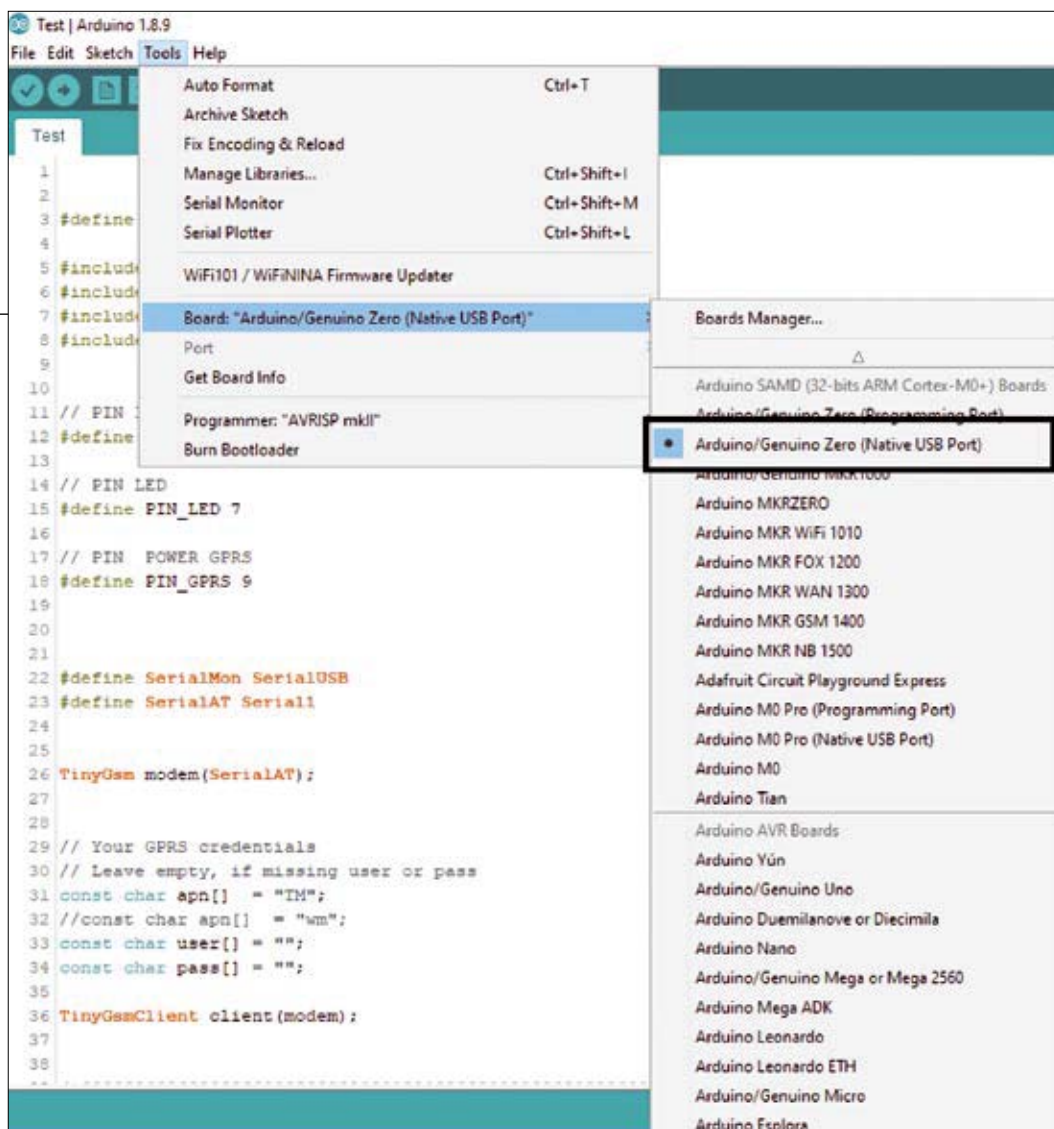
ricaricare la batteria, mentre il connettore USB lo usiamo nella fase di caricamento dello Sketch. La tensione positiva proveniente dal connettore CHG, indicata con VBUS, viene collegata in entrata al chip SPX3819, all'entrata del chip MCP73831 e al positivo (5V) del connettore USB. Il connettore positivo della batteria collegato al connettore VBAT è connesso tramite un diodo (D3) all'entrata del regolatore MCP73831, e alimenta

direttamente il modulo SIM808. Da questo emerge che mentre abbiamo Maduino collegato alla porta USB non dobbiamo portare una tensione alla porta CHG superiore a 5V; anzi, sarebbe auspicabile non collegarla affatto. E quando il connettore USB non è collegato non dobbiamo comunque superare le tensioni massime accettabili in entrata dai regolatori MCP73831 e SPX3819. È anche evidente che se non è presente

↓ Listato 1

```
#include "ArduinoLowPower.h"
#define PIN_INT 3
#define PIN_OUT 7
int sleep_time = 5000;
volatile int repetitions = 1;
void setup() {
  pinMode(PIN_OUT, OUTPUT);
  pinMode(PIN_INT, INPUT_PULLUP);
  digitalWrite(PIN_OUT, HIGH);
  delay(6000);
  digitalWrite(PIN_OUT, LOW);
  LowPower.attachInterruptWakeup(PIN_INT, interrupt_routine, LOW);
  LowPower.attachInterruptWakeup(RTC_ALARM_WAKEUP, interrupt_routine, CHANGE);
}
void loop() {
  for (int i = 0; i < repetitions; i++) {
    digitalWrite(PIN_OUT, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(PIN_OUT, LOW);
    delay(500);
  }
  LowPower.sleep(sleep_time);
}
void interrupt_routine() {
  repetitions++;
}
```


Fig. 3
Selezione della
Scheda corretta per
poter usare Maduino.



la batteria ai polimeri di litio, il modulo SIM808 non potrà funzionare; infatti il modulo GSM nelle fasi più energivore richiede dei picchi di corrente fino a 2A.

UTILIZZIAMO MADUINO

Maduino può essere programmato tramite l'IDE Arduino ma è opportuno utilizzare una versione del software che sia almeno la 1.8.9. Per poter utilizzare il modulo Maduino sarà necessario installare la Board. Per fare questo è necessario andare sul menù **Tool/Board/Board Manager** e aprire la schermata di **Fig. 2**. Digitiamo 'samd' nel box di ricerca e dovrebbe apparire la voce **Arduino SAMD Boards (32 bits ARM Cortex M0 +)**; selezioniamo nella combo box a sinistra l'ultima versione ed installiamola: vedremo comparire una lista di nuove Board (**Fig. 3**) relative al processore SAMD Cortex

M0. Affinché la nostra Maduino venga riconosciuta, e possa lavorare in modo corretto, è necessario selezionare come tipo di scheda la **Arduino/Genuino Zero (Native USB Port)**.

IL NOSTRO PRIMO SKETCH

Il primo sketch che andremo a utilizzare ci servirà solo per capire il funzionamento della modalità LowPower; lo riportiamo nel **Listato 1**. Per utilizzare questo primo sketch è necessaria la libreria ArduinoLowPower reperibile alla pagina web <https://github.com/arduino-libraries/Arduino-LowPower>. Scarichiamo come di consueto la libreria, scompattiamola, rimuoviamo il suffisso "master" dal nome della cartella e andiamo ad inserirla nella cartella "C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries". Lo Sketch è molto semplice ma il grosso del lavoro lo fa per noi la libreria ArduinoLowPower.

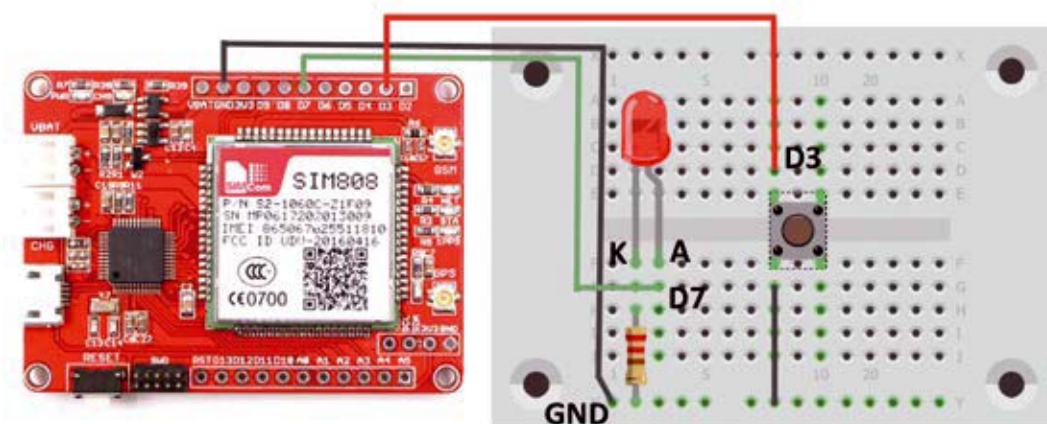


Fig. 4
Schema di
cablaggio su
breadboard.

In **Fig. 4** è possibile vedere il cablaggio del LED e del pulsante su una breadboard; sarà valido anche per lo sketch successivo e quindi non disfatelo. Nella sezione iniziale viene dichiarata la libreria esterna `ArduinoLowPower`, vengono definiti il pin 7 usato come uscita per un LED ed il pin 3 collegato ad un pulsante (N.O.) per provocare un interrupt. Il LED deve essere collegato tramite una resistenza di limitazione di 1,5 kohm, mentre per quanto riguarda il pin di interrupt, avendo definito la resistenza di `PULL_UPP` interna, è sufficiente collegare il pulsante tra il pin 3 e massa. La variabile `sleep_time` viene utilizzata per definire il periodo di sleep del Modulo Maduino mentre la variabile `repetitions` (di tipo volatile) viene invece incrementata all'interno della procedura `interrupt_routine`. Attenzione al fatto che all'interno della procedura di `interrupt_routine` non devono essere assolutamente inseriti dei ritardi. Scordatevi la presenza della funzione `delay()` in questo contesto. Nella procedura di `Setup` vengono definite le modalità di funzionamento dei pin, viene acceso il LED per un tempo di 6 secondi e poi viene spento. Questo ci permette di capire facilmente quando intervenga la procedura **Setup()** eseguita al "boot" iniziale e quando invece la procedura **Loop()** eseguita ripetutamente quando il dispositivo si risveglia dalla modalità `LowPower`. Poi vengono definite le due modalità di ripristino dallo stato di Sleep del dispositivo. La prima specifica che il dispositivo debba risvegliarsi in seguito ad un interrupt intercettato dal pin `PIN_INT` nel momento in cui viene portato ad un livello basso. La seconda specifica, invece, che il dispositivo debba risvegliarsi in seguito allo scadere del periodo di Sleep `RTC_ALARM_WAKEUP` impostato nella va-

riabile `sleep_time` (in questo esempio, 5 secondi). Nella procedura **Loop ()** abbiamo invece inserito un blocco di codice che esegue un breve lampeggio del led (500 ms) tante volte quanto è il valore della variabile `repetitions`.

Mandiamo in compilazione il nostro codice e se non si è verificato alcun errore, possiamo collegare il modulo tramite un cavo microUSB al nostro PC. Per poter caricare lo sketch dobbiamo eseguire un doppio click veloce del pulsante di reset sulla scheda Maduino. Fatto questo possiamo cliccare sul pulsante che esegue l'upload del codice sulla IDE di Arduino e dopo una decina di secondi la scheda dovrebbe caricare il codice, resettarsi nuovamente ed eseguire il nostro codice.

Quindi al primo risveglio avremo un solo lampeggio, al secondo due lampeggi e così via. Ricordiamoci che quando il dispositivo rientra dalla modalità `LowPower` non riesegue il codice come se avesse subito un reset, ma mantiene i valori delle variabili. Infatti al rientro dalla modalità Sleep, non vedrete l'accensione prolungata di 6 secondi del LED. In questo primo esempio abbiamo omesso deliberatamente la scrittura sulla porta seriale per evitare ulteriori complicazioni.

Abbiamo tralasciato completamente anche la gestione di `LowPower` del modulo SIM808. Andremo a gestire il tutto nello sketch successivo, nel quale inseriremo tutto quello che serve ad utilizzare il modulo Maduino per un'applicazione di IoT.

MADUINO COME NODO IOT THINGSBOARD

Ora che abbiamo testato le funzionalità `LowPower` di Maduino con uno sketch semplice, andiamo a complicare un poco le cose realizzando uno sketch completo che permetta di realizzare un dispositivo che invii a cadenza regolare dei dati telemetrici

↓ Listato 2

```
#define TINY_GSM_MODEM_SIM808
#define GO_LOWPOWER
#include <TinyGsmClient.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <ArduinoLowPower.h>
#include <ArduinoJson.h>

#define PIN_INT 3
#define PIN_OUT 7
#define PIN_GPRS 9
#define SerialMon SerialUSB
#define SerialAT Serial1
int send_data_every = 120000;
TinyGsm modem(SerialAT);
const char apn[] = "XX";
const char user[] = "";
const char pass[] = "";
#define TOKEN "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
char thingsboardServer[] = "xxx.xxx.xxx.xxx";
#define MQTT_VERSION = 3
#define MQTT_KEEPALIVE 9
#define MQTT_SOCKET_TIMEOUT 30
PubSubClient mqtt_client(client);

StaticJsonDocument<200> doc;
StaticJsonDocument<200> doc2;
char buffer[200];
long lastReconnectAttempt = 0;
unsigned long lastSend;
bool mqtt_set = false;
bool subscribed_to_RCP = false;
bool subscribed_to_Shared_Attribute = false;
bool client_Attribute_sent = false;
bool subscribed_to_Attribute = false;
volatile bool data_sent = false;
volatile bool force_send_data = false;
volatile bool gprs_connected = false;
volatile bool shared_attribute_received = false;
```

verso la piattaforma Thingsboard tramite protocollo MQTT. Per fare ciò avremo necessità di utilizzare diverse librerie.

Utilizzeremo quindi `ArduinoLowPower` per la gestione della modalità Lowpower del micro `SAMD21`, e le librerie `TinyGsmClient`, `PubSubClient` e `ArduinoJson`.

La libreria `ArduinoLowPower` l'abbiamo già introdotta nello sketch precedente. La `TinyGsmClient` ci semplifica notevolmente la vita perché permette di "convertire" la connessione GPRS che normalmente si instaura inviando comandi AT sulla seriale tramite il microcontrollore, in modo trasparente come se fosse una connessione effettuata mediante una rete Ethernet o WiFi permettendo di esporre un oggetto che possa essere passato alla libreria `PubSubClient` che gestisce il protocollo MQTT. La libreria `PubSubClient` gestisce la comunicazione tramite protocollo MQTT con il server ThingsBoard. La libreria `ArduinoJson` è arrivata alla versione 6, quindi è cambiato notevolmente il modo di utilizzarla; per approfondire l'argomento consi-

gliamo di visitare il sito: <https://arduinojson.org/v6/doc/> dove oltre ad essere scaricabile la libreria è possibile consultare una documentazione molto interessante.

Nei listati a seguire riportiamo le parti principali dello sketch; in particolare, nel **Listato 2** abbiamo riportato la procedura di intestazione, cioè quella parte che viene utilizzata per definire le librerie utilizzate, alcune direttive di compilazione, le variabili che hanno uno scope globale (cioè che sono accessibili in tutte le funzioni o procedure definite). Notiamo in particolare la dichiarazione `#define GO_LOWPOWER`. Se questa dichiarazione è presente, lo sketch incorpora le librerie per il LowPower e modifica il codice per fare in modo che il modulo Maduino vada ciclicamente in modalità LowPower, e al risveglio, ogni `send_data_every` millisecondi esegua l'invio di dati telemetrici verso la piattaforma ThingsBoard. Inoltre è possibile risvegliare il modulo sporadicamente tramite il pulsante collegato al PIN 3, eseguire l'invio di dati telemetrici e tornare in modalità Lowpower, in attesa dello scadere naturale del ciclo di sleep oppure di un nuovo Interrupt.

Quando invece `#define GO_LOWPOWER` è commentata o omessa, viene escluso l'inserimento della libreria `LowPower` (per risparmiare spazio di memoria) e modifica il comportamento del codice per non mandare mai il dispositivo in modalità LowPower. In questa configurazione il modulo Maduino invia ciclicamente i dati telemetrici con una cadenza specificata dal parametro `send_data_every`, oppure se interviene un interrupt sul PIN 3 i dati telemetrici vengono inviati immediatamente. Quindi, mentre la prima modalità è da utilizzare nel caso in cui il dispositivo venga alimentato con una batteria di capacità limitata, la seconda configurazione potrebbe essere impegnata quando il problema della alimentazione non sussista e sia necessario invece avere il controllo continuativo del dispositivo Maduino.

Nello stessa porzione di listato abbiamo alcuni parametri che devono essere personalizzati: il parametro `apn[] = "XX"` rappresenta il codice APN relativo alla scheda SIM che utilizzerete per la connettività GPRS.

Dobbiamo poi personalizzare il TOKEN del dispositivo Maduino definito su ThingsBoard, ed il nome o indirizzo IP del server ThingsBoard deputato a ricevere i nostri dati telemetrici. Nel caso del server demo dovrà essere `thingsboardServer[] = "demo.thingsboard.io"`

Nel **Listato 3** abbiamo invece la procedura di



Setup(). Ricordiamo che questa porzione di codice viene eseguita una sola volta al "boot" del dispositivo. In questa procedura si impostano quindi i parametri della porta seriale, si inizializzano i PIN e si definiscono le procedure di Interrupt. Notate che nel caso del funzionamento LowPower ci sono due definizioni di Interrupt, una associata ad un evento RTC (Real Time Clock) mentre l'altra viene associata all'interrupt sul PIN 3. Nel caso invece dell'utilizzo normale (senza modalità LowPower) è presente solamente la definizione della procedura di Interrupt associata al PIN_INT, definita però senza la libreria LowPower. Al termine della procedura viene acceso il PIN_LED per 6 secondi e poi viene spento per indicare in modo visivo l'uscita dalla modalità di Setup.

Nel **Listato 4** riportiamo la procedura di **Loop()** che viene eseguita ciclicamente; nella parte iniziale viene gestita la connessione GPRS e quando questa è stata instaurata viene eseguito il collegamento con il server MQTT (ThingsBoard) sulla porta 1883. Viene inoltre monitorata la connessione e nel caso di mancanza della stessa verrà ripristinata. Un'istruzione molto importante è `mqtt_client.loop()` senza la quale non potremmo ricevere messaggi di Callback relativi ai comandi RPC. Nella parte centrale, una volta acquisita la connessione vengono fatte alcune operazioni di subscribe ad alcuni Topics specifici sul server ThingsBoard. Nell'ordine:

- viene inviato un dato relativo al Nodo Maduino, l'attributo **firmware_version** tramite l'invio di un attributo (client) che andrà a popolare un attributo sul corrispondente dispositivo presente su TB;
- viene eseguita la sottoscrizione alle chiamate **RPC** (Remote Procedure Call), il che ci garantisce la possibilità di ricevere dei comandi dalla Dashboard verso il modulo Maduin;
- viene eseguita la sottoscrizione alla modifica di attributi Shared (condivisi) e la sottoscrizione per ricevere i valori di due attributi specifici **update_frequency** e **mobile_number**.

Sembra tutto molto complicato, ma quando avremo caricato lo sketch e eseguiremo il monitor Seriale sarà tutto molto più chiaro.

Anticipiamo comunque brevemente l'argomento degli **attributi** e delle chiamate **RPC**. Gli attributi Client sono dei parametri che vengono inviati da un nodo Client (Maduino) verso la Dashboard TB, nel nostro caso abbiamo inviato la versione del Firmware, ma potremmo inviare il codice IMEI del modulo SIM808 etc. Questo attributo verrà recepito da TB e andrà a valorizzare un parametro leggibile sul corrispondente dispositivo della Dashboard.

Gli attributi Shared, invece vengono inseriti sui corrispondenti dispositivi presenti su TB e valorizzati

Listato 3

```
#define TINY_GSM_MODEM_SIM808
void setup() {
  SerialMon.begin(9600);
  pinMode(PIN_LED, OUTPUT);
  pinMode(PIN_GPRS, OUTPUT);
  pinMode(PIN_INT, INPUT_PULLUP);
  SerialMon.println("#####");
  #ifdef GO_LOWPOWER
    LowPower.attachInterruptWakeup(PIN_INT, interrupt_routine, LOW);
    LowPower.attachInterruptWakeup(RTC_ALARM_WAKEUP, interrupt_routine, CHANGE);
    SerialMon.println("MODE: LOWPOWER");
  #else
    attachInterrupt(PIN_INT, interrupt_routine2, LOW);
    SerialMon.println("MODE: NORMAL");
  #endif
  SerialMon.print("Send DataEvery: ");
  SerialMon.print(send_data_every / 1000 );
  SerialMon.println(" Seconds ");
  SerialMon.println("#####");
  SerialMon.println();
  digitalWrite(PIN_LED, HIGH);
  delay(6000);
  digitalWrite(PIN_LED, LOW);
}
```

↓ Listato 4

```
void loop() {
  delay(200);
  lastSend = 0;
  if (! gprs_connected){
    gprs_connected = initGPRS();
    client_Attribute_sent =false;
    subscribed_to_RCP =false;
    subscribed_to_Shared_Attribute =false;
    subscribed_to_Attribute=false;
  } else {
    mqtt_client.loop();
    if (!mqtt_set){
      mqtt_client.setServer( thingsboardServer, 1883 );
      mqtt_client.setCallback(on_message);
      mqtt_set =true;
    }
    if ( !mqtt_client.connected() ) {
      reconnect();
    } else {
      if (! client_Attribute_sent){
        doc["firmware_version"] = "1.0.3";
        serializeJson(doc, buffer);
        SerialMon.print("Sending Client Attribute: ");
        client_Attribute_sent =mqtt_client.publish("v1/devices/me/attributes", buffer);
        SerialMon.print("result -> ");
        SerialMon.println(client_Attribute_sent);
      }
      if (! subscribed_to_RCP){
        SerialMon.print("Subscribe to RPC: ");
        subscribed_to_RCP = mqtt_client.subscribe("v1/devices/me/rpc/request/+");
        SerialMon.print("result -> ");
        SerialMon.println(subscribed_to_RCP);
      }
      if (! subscribed_to_Shared_Attribute){
        SerialMon.print("Subscribe Attribute Modification:");
        subscribed_to_Shared_Attribute = mqtt_client.subscribe("v1/devices/me/attributes");
        SerialMon.print("result -> ");
        SerialMon.println(subscribed_to_Shared_Attribute);
      }
      if (! subscribed_to_Attribute){
        SerialMon.print("Subscribe Attribute Topic:");
        mqtt_client.subscribe("v1/devices/me/attributes/response/+");
        doc2["sharedKeys"] = "update_frequency,mobile_number";
        serializeJson(doc2, buffer);
        subscribed_to_Attribute = mqtt_client.publish( "v1/devices/me/attributes/request/1" , buffer);
        SerialMon.print("result -> ");
        SerialMon.println(subscribed_to_Attribute);
      }
    }
    #ifdef GO_LOWPOWER
      if (! data_sent){
        data_sent = send_Data();
      }
    #else
      if ( (millis() - lastSend > send_data_every) || force_send_data ) {
        force_send_data=false;
        data_sent = send_Data();
        lastSend = millis();
      }
    #endif
    #ifdef GO_LOWPOWER
      if ( data_sent && shared_attribute_received ) {
        data_sent = false;
        shared_attribute_received = false;
        subscribed_to_Attribute = false;
        subscribed_to_Shared_Attribute = false;
        subscribed_to_RCP = false;
        client_Attribute_sent = false;
        Toggle_Power_SIM808();
        LowPower.sleep(send_data_every);
      }
    #endif
  }
}
```



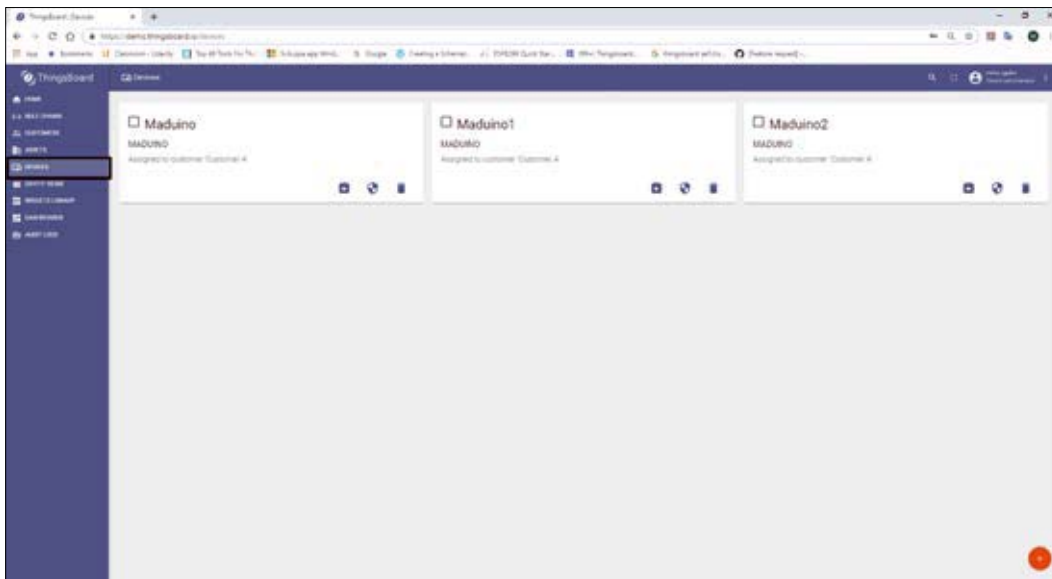


Fig. 5
Inserimento degli
"n" dispositivi
Maduino.

dalla interfaccia di TB. Noi abbiamo definito due parametri **update_frequency** e **mobile_number**. In seguito alla sottoscrizione agli specifici Topics, riceveremo una notifica tramite un messaggio MQTT su Maduino ogniqualvolta verrà modificato un parametro Shared sulla interfaccia di TB. Ed inoltre (cosa molto interessante per moduli che lavorano in modalità LowPower) al Boot riceveremo i valori degli attributi Shared per i quali abbiamo richiesto la sottoscrizione.

Lo scopo potrebbe essere quello di modificare il comportamento del nodo Maduino remoto tramite la modifica di un parametro sulla interfaccia della Dashboard di TB.

Pensiamo per esempio alla possibilità di modificare il periodo di durata di permanenza in modalità LowPower, che nel codice è settata nella variabile **send_data_every** a 120000 ms; potremmo fare in modo, (ma lo lasciamo a voi come esercizio) che al prossimo risveglio il modulo acquisisca il valore inserito nell'attributo **update_frequency** del rispettivo dispositivo su TB. Naturalmente, nel caso di un nodo che lavora in modalità LowPower è necessario attendere il successivo risveglio del modulo, mentre per un modulo che lavori sempre in modalità normale la modifica alla frequenza di invio dei dati telemetrici può avvenire in tempo reale. Per quanto riguarda la sottoscrizione alle chiamate RPC, questa è una prerogativa di modulo che non si trovi in modalità LowPower, lo scopo potrebbe essere quello di modificare lo stato di un relè a bordo del modulo Maduino per attivare per esempio una pompa o altro attuatore elettrico. Per un eventuale approfondimento sugli attributi

potete consultare la guida on-line accessibile da <https://thingsboard.io/docs/user-guide/attributes/>. Per approfondimenti su RPC, potete invece visitare la pagina web <https://thingsboard.io/docs/user-guide/rpc/>.

INTEGRIAMO MADUINO IN THINGSBOARD

Vediamo ora come configurare ThingsBoard per recepire i dati telemetrici di moduli Maduino e come configurare una Dashboard per gestire alcuni parametri dei moduli remoti. Effettuiamo il login sul nostro server TB, oppure sull'istanza Demo per il quale, se non abbiamo le credenziali dovremo prima registrarci al seguente url: <https://demo.thingsboard.io/signup>.

Spostiamoci sulla scheda (**Fig. 5**) relativa ai dispositivi (Devices) ed inseriamo tre o più dispositivi Maduino cliccando sul pulsante arancio con il segno +, posto nell'angolo inferiore destro.

I nomi dei dispositivi dovranno essere progressivi: per esempio **Maduino1**, **Maduino2** ecc. Non è necessario rispettare alcuna sintassi ma i nomi devono essere distinguibili. Il "Tipo" deve sempre essere "Maduino".

Come ultima cosa è necessario che non sia spuntato il flag "is Gateway".

Fatto questo assegniamo i diversi dispositivi Maduino al cliente "CustomerA"; allo scopo clicchiamo sul pulsante come visibile nella **Fig. 6** e selezionando il "CustomerA" dalla lista proposta confermiamo la scelta. Ripetiamo la procedura per tutti i dispositivi Maduino presenti.

Spostiamoci ora sulla lista dei Widget selezionando la relativa voce nel menù laterale sinistro. Dobbia-

Fig. 6
Pulsante di assegnazione dei
Maduino.



mo importare due Widget: `attribute_editor.json` e `custom_gpio.json` che troverete nella repository Github. Clicchiamo quindi sul pulsante arancione nel bordo inferiore destro della scheda, si aprirà una finestra di selezione con due opzioni, una permette di creare un nuovo Widget, l'altra permette di importarlo da un file di backup JSON. Selezioniamo l'opzione di importazione, cliccando il quale si aprirà una finestra di pop-up che ci consentirà di caricare il file di backup da ripristinare. Ripetiamo il processo per i file dei due Widget. Ripetiamo la stessa operazione relativamente alla Dashboard. Selezioniamo quindi nel menù laterale

sinistro la voce Dashboard e carichiamo il backup del file `Maduino_list.json` come indicato precedentemente per i Widget.

Nella nostra istanza Demo di TB abbiamo rimosso tutte le Dashboard presenti per impostazione predefinita e quindi al termine del caricamento avremo una sola Dashboard pronta all'uso come in **Fig. 7**. Notiamo che è presente una mappa per visualizzare la localizzazione del modulo e a destra una lista dei moduli presenti. Ora, non avendo ancora attivato alcun Modulo, la mappa non riporta alcun dispositivo presente, è però possibile aprire la visualizzazione di dettaglio di ogni singolo modulo Maduino cliccando su un qualunque degli elementi presenti nella lista laterale destra in cui vengono elencati in modo tabellare tutti i moduli che abbiamo definito su TB e anche gli ultimi valori dei dati telemetrici ricevuti (in questo caso ancora non valorizzati).

Cliccando quindi su un dispositivo Maduino tra

Fig. 7
La Dashboard
pronta all'uso.

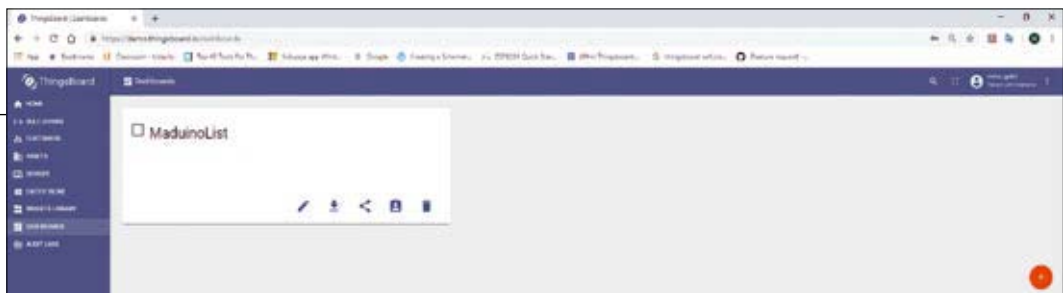
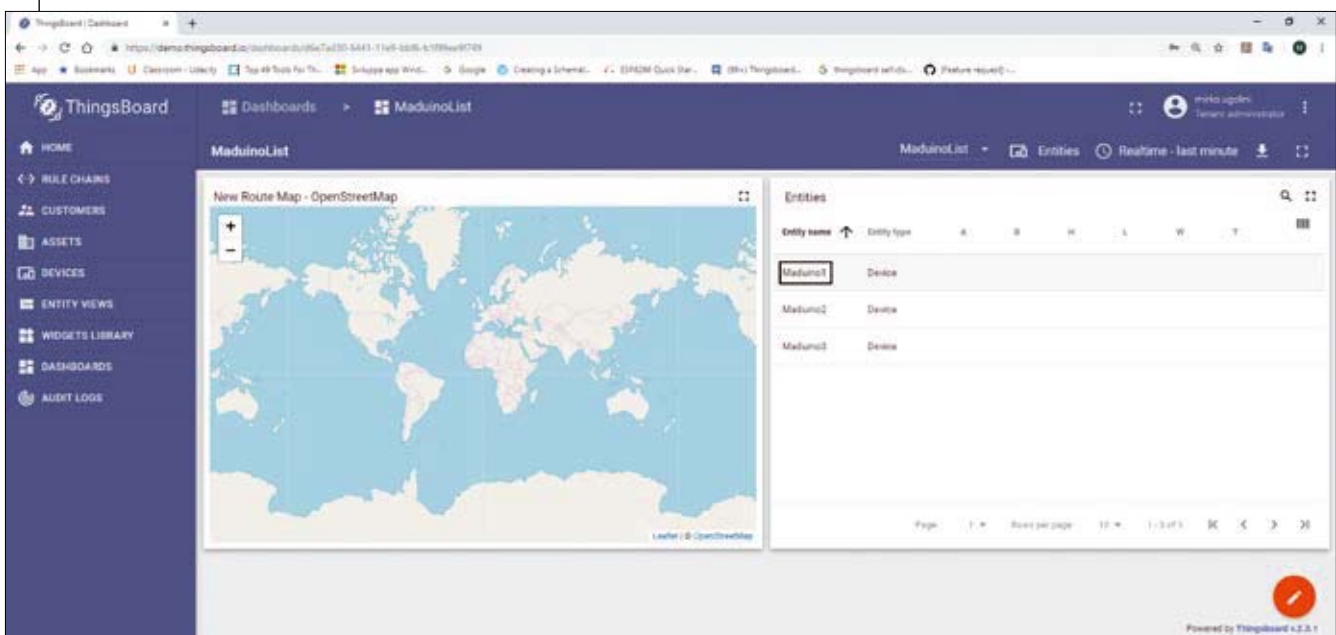


Fig. 8
Mappa più
lista dei
dispositivi
Maduino.



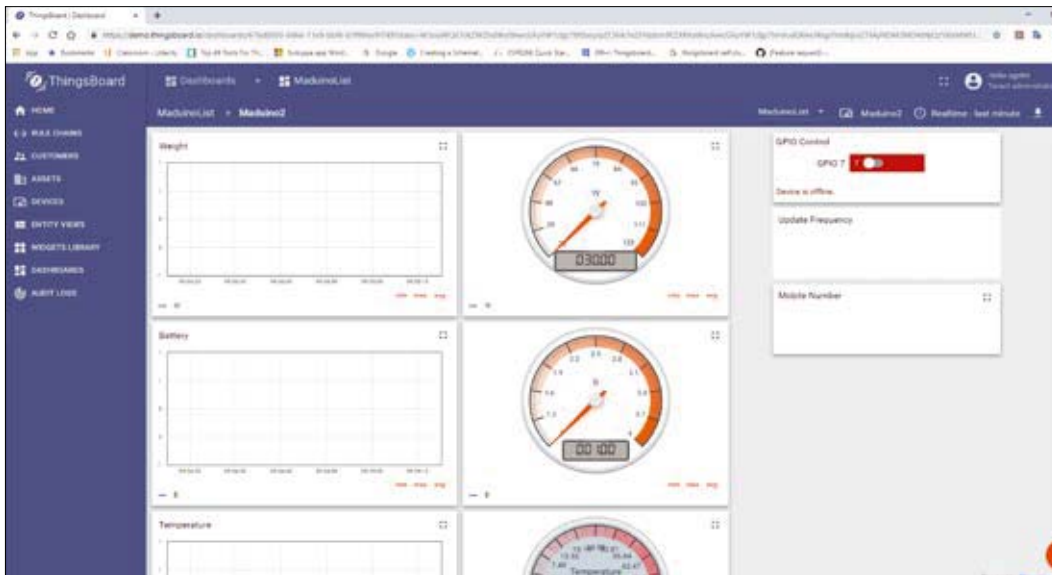


Fig. 9
Dashboard di
dettaglio di un
modulo Maduino.

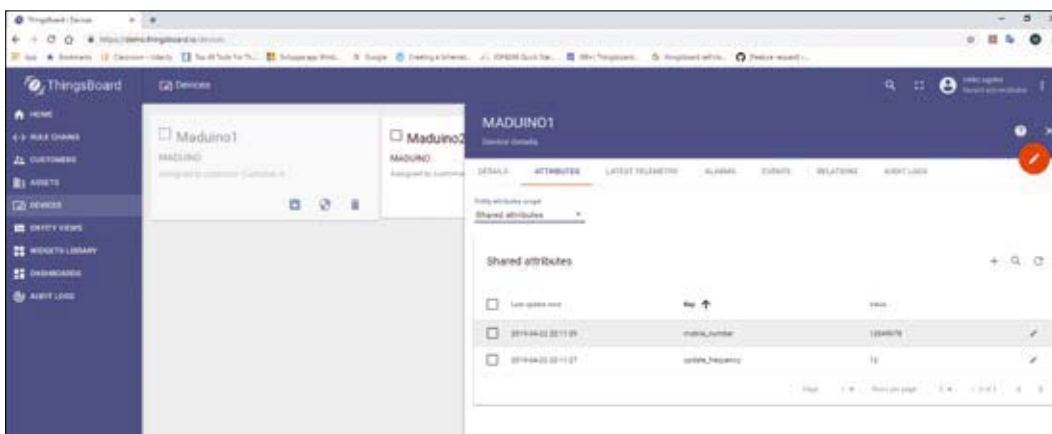


Fig. 10
Modalità alternativa
di inserimento/
visualizzazione
degli attributi.

quelli elencati (**Fig. 8**) si aprirà la DashBoard di dettaglio rappresentata in **Fig. 9**, nella cui parte sinistra sono stati riportati gli indicatori analogici relativi ai diversi dati telemetrici inviati da Maduino, affiancati a destra i grafici dei relativi dati e nella parte superiore destra tre controlli. Il primo controllo in alto (GPIO Control) rappresenta il controllo RPC che ci permetterà di modificare da remoto lo stato del led collegato ai moduli Maduino. Sotto abbiamo invece i controlli che permettono di modificare due attributi Shared: uno è l'attributo "Update Frequency" e l'altro è "Mobile Number" Come è possibile notare dalla **Fig. 10**, i valori di questi attributi non sono ancora assegnati. Per farlo è possibile effettuare un doppio click sul rispettivo controllo, inserire un valore e confermare. Per avere riprova e consapevolezza di dove questi valori vadano a finire è possibile, aprendo il relativo dispositivo Maduino andando a selezionare il tab "ATTRIBUTES" e poi dalla combo "Entity attributes

scope" selezionando la tipologia "Share Attributes" visionare i dati appena inseriti (**Fig. 11**). Per fare in modo che ogni singolo Modulo Maduino possa inviare tramite MQTT i dati verso la Dashboard ThingsBoard, dobbiamo valorizzare alcuni parametri nello Sketch.

Andiamo ora a selezionare il token del modulo Maduino1; per fare questo, selezionato il dispositivo, effettuiamo un doppio click e poi si seleziona il Tab "DETAILS" e quindi si clicca su "COPY ACCESS TOKEN", in questo modo il token viene copiato negli appunti di Windows.

Questo Token deve essere inserito su codice Arduino nella parte iniziale (usando la sequenza di comandi CTRL-V).

```
#define TOKEN "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
```

Attenzione, questo è un dato riservato e non deve essere divulgato. Altra cosa che deve essere personalizzata nello

sketch è l'indirizzo del server Thingsboard; nel caso in cui venga usato il server demo, dovrà essere valorizzato in questo modo:

```
thingsboardServer[] = "demo.thingsboard.io";
```

Terminata la personalizzazione dello sketch dovremo compilarlo, e poi se fila liscio potremo caricarlo sul nostro modulo Maduino. Questa operazione deve essere ripetuta per ogni singolo modulo Maduino.

MODULO IN MODALITÀ LOWPOWER

Ora che abbiamo almeno un modulo Maduino configurato, possiamo alimentarlo con la batteria LiPo. Manteniamo la connessione con la porta seriale del nostro PC, apriamo la DashBoard e aprendo il monitor seriale, se tutto ha funzionato in modo corretto dovremmo vedere avvicinarsi sulla finestra di log (**Fig. 12**) una serie di informazioni utilissime.

Per prima cosa abbiamo l'indicazione della modalità di funzionamento "MODE: LOWPOWER" e la durata del periodo di Sleep "Send DataEvery: 120 Seconds".

Successivamente viene indicato che il Modulo SIM808 viene attivato Toggle_Power_SIM808(), poi la sequenza di inizializzazione del Modem GPRS, della connessione dati, e della connessione al server ThingsBoard. A seguire avremo la notifica della acquisizione dei dati telemetrici dai sensori (Ricordiamo che alcuni sono ricavati dal modulo GPRS Tensione della batteria e coordinate, mentre

gli altri nono simulati), poi l'invio degli stessi tramite un oggetto Json via MQTT. La parte interessante è quella nella quale si ricevono i valori degli attributi shared per i quali si è richiesta la notifica, i due valori sono: mobile_number: 12345678 e update_frequency: 12.

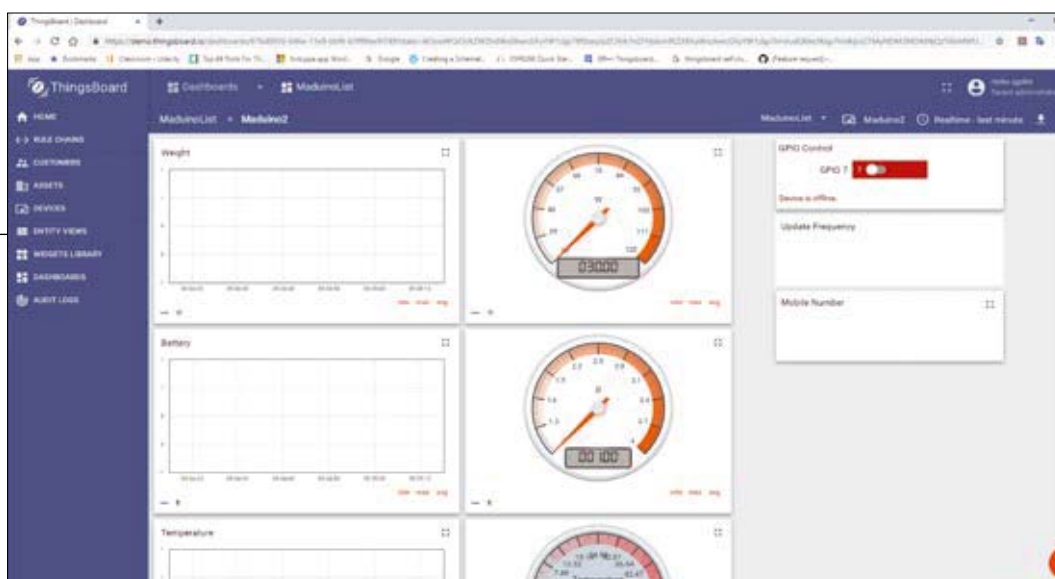
Provate a modificare i valori dalla DashBoard del nodo Maduino relativo, attendere il successivo riavvio del modulo, oppure attivate l'interrupt pigiando il pulsante e dovrete leggere i nuovi valori imputati dalla DashBoard. Al termine del log troveremo nuovamente l'indicazione Toggle_Power_SIM808() che indica la disattivazione del modulo GPRS e il rientro in modalità LowPower. Naturalmente in questa modalità il controllo RPC non può essere usato perché richiede una connessione MQTT permanente, cosa che non si verifica nella modalità LowPower. Potremmo però controllare un GPIO utilizzando un attributo Shared di tipo Booleano e ricevere la modifica di variazione di stato ad ogni risveglio dalla modalità LP.

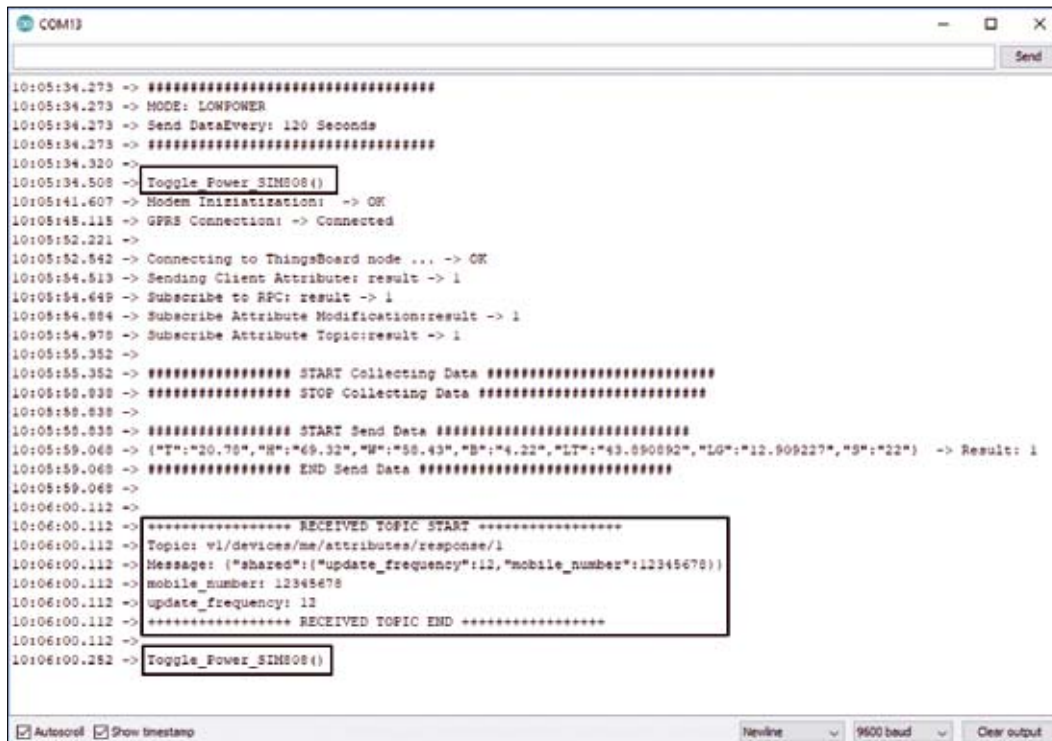
MODULO IN MODALITÀ NORMALE

Modifichiamo lo sketch commentando la riga #define GO_LOWPOWER, ricompiliamo e ricarichiamo lo sketch. Aprendo la console seriale di Arduino (**Fig. 13**), possiamo vedere per prima cosa l'indicazione della modalità di funzionamento MODE: NORMAL, poi il valore dell'intervallo di invio dati Send DataEvery: 120 Seconds.

A seguire, come nel caso precedente, l'inizializzazione del modem e delle connessioni. Anche qui al boot riceveremo la notifica degli attributi shared

Fig. 11
Ultimi dati telemetrici ricevuti dal modulo Maduino1.





```
10:05:34.273 -> #####
10:05:34.273 -> MODE: LOWPOWER
10:05:34.273 -> Send DataEvery: 120 Seconds
10:05:34.273 -> #####
10:05:34.320 ->
10:05:34.508 -> Toggle Power_SIM808()
10:05:41.607 -> Modem Initialization! -> OK
10:05:45.115 -> GPRS Connection! -> Connected
10:05:52.221 ->
10:05:52.542 -> Connecting to ThingsBoard node ... -> OK
10:05:54.513 -> Sending Client Attribute: result -> 1
10:05:54.649 -> Subscribe to RPC: result -> 1
10:05:54.884 -> Subscribe Attribute Modification: result -> 1
10:05:54.975 -> Subscribe Attribute Topic: result -> 1
10:05:55.352 ->
10:05:55.352 -> ##### START Collecting Data #####
10:05:55.938 -> ##### STOP Collecting Data #####
10:05:55.938 ->
10:05:55.938 -> ##### START Send Data #####
10:05:59.068 -> {"T": "20.78", "H": "69.32", "W": "58.43", "B": "4.22", "LT": "43.890892", "LG": "12.909227", "S": "22"} -> Result: 1
10:05:59.068 -> ##### END Send Data #####
10:05:59.068 ->
10:06:00.112 ->
10:06:00.112 -> ##### RECEIVED TOPIC START #####
10:06:00.112 -> Topic: vl/devices/me/attributes/response/1
10:06:00.112 -> Message: {"shared":{"update_frequency":12,"mobile_number":12345678}}
10:06:00.112 -> mobile_number: 12345678
10:06:00.112 -> update_frequency: 12
10:06:00.112 -> ##### RECEIVED TOPIC END #####
10:06:00.112 ->
10:06:00.282 -> Toggle Power_SIM808()
```

Fig. 12
Log al boot del
dispositivo Maduino
in Modalità
LowPower.

per i quali abbiamo richiesto la sottoscrizione, ma la cosa interessante è che ora essendo la connessione GPRS e MQTT instaurata permanentemente, avremo la possibilità di controllare da remoto lo stato del Led in tempo reale e ricevere anche la notifica relativa alla modifica degli attributi shared sempre in tempo reale.

Da notare anche che all'apertura del dettaglio della Dashboard venga ricevuto un messaggio MQTT RPC di questo tipo:

```
Message: {"method": "getGpioStatus", "params": {"pin": 7}}.
```

Questo serve alla DashBoard per fare in modo che all'atto della apertura del dettaglio del modulo Maduino il controllo GPIO si posizioni in uno stato consistente con quello dello stato del led sul dispositivo reale Maduino. Stessa cosa succede se modifichiamo lo stato del controllo GPIO da dashboard, prima viene inviato un messaggio MQTT (JSON) per settare lo stato:

```
Message: {"method": "setGpioStatus", "params": {"pin": 7, "enabled": true}}
```

e successivamente viene richiesta conferma dello stato tramite getGpioStatus.

Possiamo provare anche a modificare lo stato del led cliccando sul controllo GPIO e verificare che il led sul modulo Maduino corrispondente cambi stato e contemporaneamente sulla DashBoard venga

aggiornato lo stato in modo consistente.

Il Widget di controllo remoto GPIO (RPC) se editato ha un parametro che specifica il Time-out della connessione nel caso di una connessione GPRS abbiamo impostato un valore piuttosto alto pari a 10 secondi, questo per evitare che la latenza del segnale provochi un falso messaggio di dispositivo off-line. Nel caso di utilizzo con connessioni più preformati, questo valore può essere ridotto.

REALIZZAZIONE PRATICA

Vediamo dunque come realizzare l'hardware di questo progetto, che richiede i seguenti elementi, tutti disponibili presso Futura Elettronica (www.futurashop.it) identificati dai codici riportati tra parentesi:

- modulo Maduino (GPSMADUINO);
- batteria LiPo (PLIB6000);
- breadboard (BB400);
- pulsante normalmente aperto (KR50610);
- serie di cavi jumper M-M per breadboard (JUMPER65);

Vi occorre inoltre una resistenza da 1,5 kohm 1/4W e un LED rosso, oltre a una Scheda microSIM abilitata al traffico dati anche ricaricabile (con operatori classici come Iliad, Vodafone, ecc.) oppure una microSIM dati dipo quella descritta su www.thingsmobile.com.

Possiamo reperire il codice al seguente url di

Fig. 13
Log al Boot
del dispositivo in
Modalità Normale.

```

COM13
10:35:49.554 -> #####
10:35:49.554 -> MODE: NORMAL
10:35:49.554 -> Send DataEvery: 120 Seconds
10:35:49.554 -> #####
10:35:49.741 -> Toggle_Power_SIM808()
10:35:56.846 -> Modem Initialization: -> OK
10:36:01.502 -> GPRS Connection: -> Connected
10:36:07.429 ->
10:36:07.711 -> Connecting to ThingsBoard node ... -> OK
10:36:10.271 -> Sending Client Attributes: result -> 1
10:36:10.412 -> Subscribe to RPC: result -> 1
10:36:10.646 -> Subscribe Attribute Modification: result -> 1
10:36:10.740 -> Subscribe Attribute Topic: result -> 1
10:36:12.475 ->
10:36:12.475 -> ***** RECEIVED TOPIC START *****
10:36:12.475 -> Topic: vl/devices/me/attributes/response/1
10:36:12.475 -> Message: {"shared":{"update_frequency":12,"mobile_number":12345678}}
10:36:12.475 -> mobile_number: 12345678
10:36:12.475 -> update_frequency: 12
10:36:12.475 -> ***** RECEIVED TOPIC END *****
10:36:35.450 ->
10:36:35.450 -> ***** RECEIVED TOPIC START *****
10:36:35.450 -> Topic: vl/devices/me/rpc/request/767
10:36:35.450 -> Message: {"method":"getGpioStatus","params":{"pin":7}}
10:36:35.450 -> method: getGpioStatus
10:36:35.450 -> {"7":false}
10:36:35.704 -> ***** RECEIVED TOPIC END *****
10:36:37.110 ->
10:36:37.110 -> ***** RECEIVED TOPIC START *****
10:36:37.110 -> Topic: vl/devices/me/rpc/request/768
10:36:37.110 -> Message: {"method":"setGpioStatus","params":{"pin":7,"enabled":true}}
10:36:37.110 -> method: setGpioStatus
10:36:37.110 -> pin: 7
10:36:37.110 -> enabled: 1
10:36:37.213 -> ***** RECEIVED TOPIC END *****
10:36:51.358 ->
10:36:51.358 -> ***** RECEIVED TOPIC START *****
10:36:51.358 -> Topic: vl/devices/me/attributes
10:36:51.358 -> Message: {"update_frequency":23}
10:36:51.358 -> update_frequency: 23
10:36:51.358 -> ***** RECEIVED TOPIC END *****
10:36:51.358 ->

```

Github: <https://github.com/open-electronics/Maduino-235>. Per poter utilizzare Maduino dovremo saldare le due strisce di connettori a 11 poli forniti nella parte inferiore della board. Mentre il connettore a 4 poli della connessione SPI deve essere saldato sul lato superiore altrimenti non sarà possibile inserire il modulo Maduino in una Bread Board. Prestate poi attenzione alla polarità dei cavi nel connettore della batteria LiPo.

CONCLUSIONI

Bene, per il momento abbiamo terminato. Sperimentate con il progetto che vi abbiamo introdotto in questo articolo cercando di prendere confidenza con le infinite personalizzazioni possibili di ThingsBoard e le potenzialità del modulo Maduino.

Vi invitiamo a consultare la documentazione online di Thingsboard su <http://thingsboard.io/docs/guides> per approfondire gli aspetti che lo spazio in queste pagine non ci ha consentito di trattare. □

Cosa occorre?

I componenti utilizzati in questo progetto sono disponibili presso Futura Elettronica. Il modulo Maduino con SIM808 (cod. GPSPADUINO) è in vendita a Euro 37,50. Sul sito www.futurashop.it potrete trovare tutti gli accessori di questa scheda. I prezzi si intendono IVA compresa.

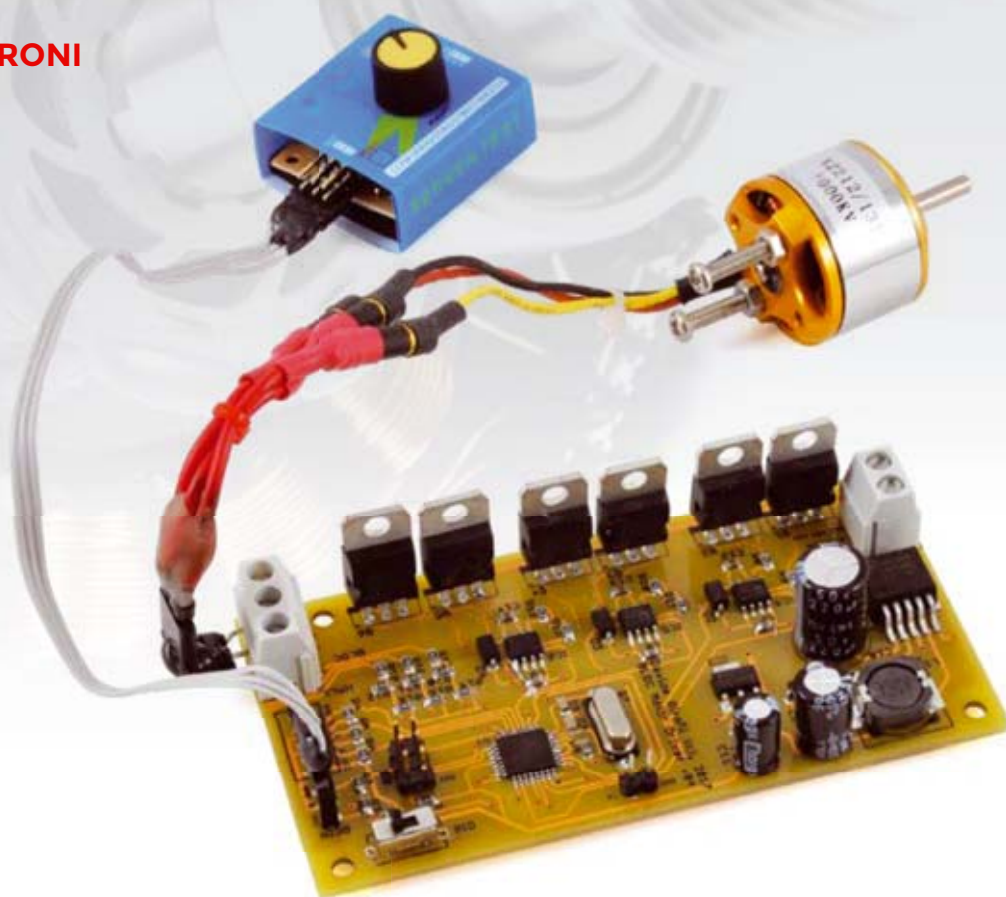
Il materiale va richiesto a:

Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 - <http://www.futurashop.it>



DRIVER PER MOTORI BLDC

di DAVIDE GIRONI



Realizziamo un ESC per i brushless con architettura open, MOSFET di potenza e gestione basata su microcontrollore Atmel.

S

ia in ambito industriale che nel mondo consumer, i motori elettrici rappresentano elementi fondamentali per lo sviluppo di un gran numero di apparati tecnologici. Pensiamo ad esempio ai motori contenuti nelle lavatrici, nei frigoriferi, nei trapani, nelle ventole di raffreddamento, nelle stampanti di ogni

genere, ma anche nelle recenti auto elettriche.

I tradizionali motori a corrente alternata sono molto diffusi, semplici da produrre e non hanno bisogno di alcun componente elettronico per funzionare, però quando è necessario variarne il regime di giri o la coppia richiedono circuiti a parzializzazione d'onda che non hanno una grandissima efficienza. Per questa ragione, sempre più ci si orienta verso i motori brushless (letteralmente "senza spazzole") che sono

la famiglia di motori cui dedichiamo questo articolo. Tecnicamente i motori Brushless (Brushless DC electric motor) anche chiamati BLDC sono motori sincroni alimentati da una sorgente in corrente continua per mezzo di un inverter che produce un segnale in corrente alternata.

I motori BLDC hanno svariati vantaggi rispetto a quelli a spazzole, funzionano questi in corrente continua o in alternata. Rispetto a quelli in continua, l'assenza delle spazzole e della loro azione meccanica sul collettore a lamelle determina la riduzione dei disturbi radioelettrici irradiati nell'ambiente, dovuti all'apertura e chiusura dei contatti; inoltre il funzionamento del collettore implica che per periodi pur limitati, ogni spazzola tocchi due lamelle consecutive determinando un piccolo cortocircuito che causa perdita di energia e quindi un calo del rendimento, cosa che peraltro comporta un aumento del peso e dell'ingombro del motore a parità di potenza disponibile all'albero.

Per non parlare dell'attrito tra spazzole e collettore, problema sia dei motori a spazzole in alternata che in continua, causa della sostituzione periodica delle stesse spazzole.

Tutti i vantaggi sopraelencati non sono però gratuiti ed il prezzo da pagare per averli è la necessità di un driver in grado di alimentare le bobine del motore secondo particolari sequenze per permetterne la rotazione; infatti, mentre i motori a spazzole funzionano semplicemente applicando loro tensione continua o alternata, i brushless richiedono tre tensioni opportunamente sfasate per generare il campo magnetico statorico rotante, che faccia ruotare il rotore. Nel caso del motore a spazzole in continua, il campo rotante viene generato invertendo la tensione tramite l'opportuna disposizione delle lamelle del collettore e nel motore a spazzole in alternata con collettore ad anelli si ottiene un campo rotante per effetto dell'alimentazione in alternata. Nei motori a gabbia di scoiattolo il campo statorico rotante si ottiene realizzando due

avvolgimenti intercalati e alimentando uno con l'alternata diretta e l'altro con la stessa passata da un condensatore, scopo del quale è ottenere una seconda componente fuori fase.

Ma torniamo dunque al nostro brushless, che fisicamente è formato da uno o più magneti permanenti posti sul rotore e bobine di induzione sullo statore; entrambi sono multipli di tre, tante quante sono le tensioni necessarie al funzionamento (il motore siffatto può quindi essere considerato trifase). Il motore è sincrono, poiché il campo magnetico generato dallo statore determina la frequenza di rotazione del rotore.

In queste pagine esporremo la realizzazione di un semplice driver per motori brushless basato sul microcontrollore ATmega8 dell'Atmel, a corredo forniremo anche il progetto per una scheda in grado di gestire motori di piccola potenza.

IL PROGETTO

Lo scopo del driver implementato è fornire uno strumento facilmente integrabile nei propri progetti e allo stesso modo personalizzabile a seconda delle esigenze.

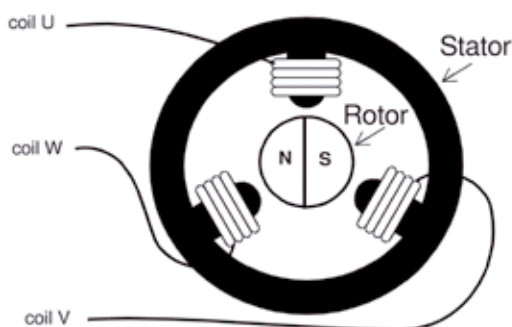
Il codice fornito è sviluppato in C e compilato con avr-gcc, è stato scritto in modo da poter essere portato senza troppi sforzi ad altri microcontrollori della stessa serie o anche di diversi produttori, ad esempio verso ATmega328 o anche microcontrollori STM32 di STMicroelectronics.

In generale per controllare un sistema possiamo utilizzare due modalità, quella di controllo ad anello aperto (open-loop) o quella ad anello chiuso (closed-loop). Nel primo modello il controllo del sistema è indipendente dalla misurazione del sistema, al contrario nel secondo modello esiste una segnale di feedback che informa il controllore rispetto allo stato del sistema così che questo possa usare l'informazione rilevata per guidare il controllato.

Il driver proposto è di tipo closed-loop, ossia riceve in ingresso alcuni parametri relativi al motore durante la fase di controllo. In particolare il driver necessita di conoscere la posizione del rotore. Per conoscere lo stato del rotore in un driver BLDC esistono due tecniche principali: l'utilizzo di sensori hall posti sul motore o la misurazione della forza elettromotrice indotta sulle bobine (*Back Electromotive Force*, *Back EMF*, o BEMF).

Nel primo dei due casi è necessario che sul motore siano installati tre sensori ad effetto di Hall: i motori di questo tipo sono detti sensored. Nel secondo, invece, è sufficiente che il driver disponga della

Fig. 1
Schematizzazione
del motore BLDC.



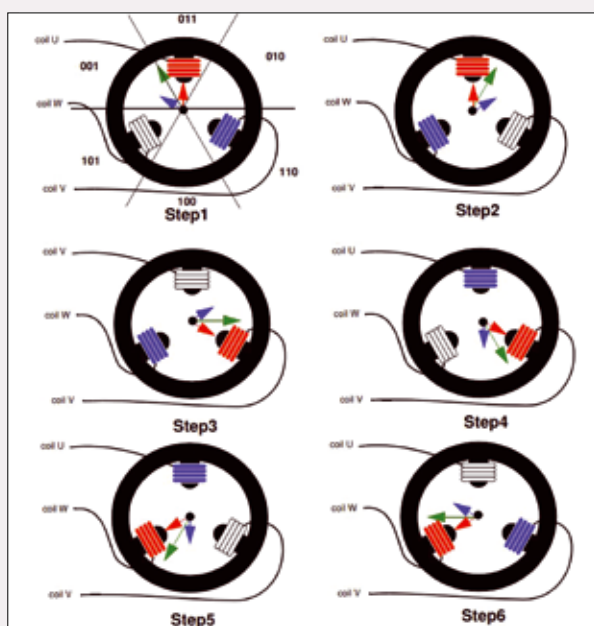


Fig. 2

Sequenza di funzionamento del motore.

circuitazione adeguata a poter leggere la BEMF: i motori di questo tipo sono chiamati sensorless. In quest'ultimo caso la tecnica di pilotaggio per il motore si complica leggermente, ma di contro viene eliminata la necessità di componenti aggiuntivi, come i sensori ad effetto di Hall. I più comuni motori brushless sono a tre fasi e, come già accennato, un motore BLDC è composto da un certo numero di magneti permanenti a poli salienti posti sul rotore ed un numero di bobine statoriche; trattandosi di motori trifase il numero di bobine statoriche, come quello dei poli salienti, è multiplo di tre. A seconda del tipo di motore e del suo ambito di utilizzo esso viene costruito con più o meno magneti e avvolgimenti statorici. Solitamente a parità di corrente immessa, maggiore è il numero di spire degli avvolgimenti statorici, maggiore la coppia. La **Fig. 1** propone un'esemplificazione del motore anzidetto.

COME FUNZIONA UN MOTORE BLDC?

Per capirlo consideriamo il più semplice dei motori BLDC a tre fasi, quello con tre bobine ed un magnete permanente; chiamiamo le tre bobine U, V e W. Esaminiamo ora il motore per capire quale è la sequenza di attivazione che dovremo produrre sulle tre bobine per produrne la rotazione.

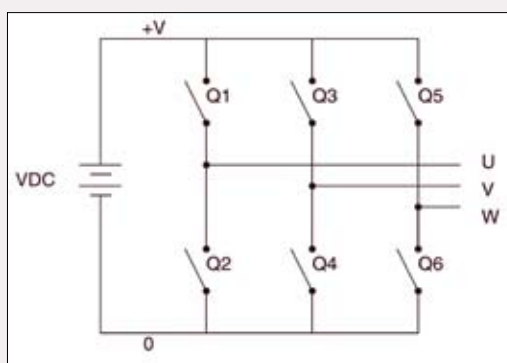


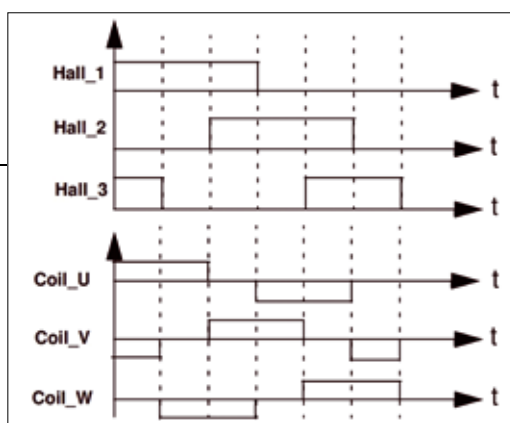
Fig. 3
Sezione di
potenza
di un driver
BLDC.

Come già esposto, per fare ruotare i motori BLDC è necessario alimentare le bobine seguendo una particolare sequenza; alimentando le bobine in ordine inverso, il rotore girerà nel senso opposto. Sappiamo che facendo scorrere corrente elettrica in una bobina, si viene a creare un campo magnetico che a seconda del verso di scorrimento attrarrà o respingerà il magnete dello statore.

Nella **Fig. 2**, che utilizziamo per chiarire il funzionamento del nostro motore, durante lo Step 1 la bobina W non viene connessa, la bobina U viene alimentata in modo da produrre il flusso del campo magnetico che vediamo evidenziato in rosso, la bobina V invece genera il flusso evidenziato in blu, la somma vettoriale dei due flussi è il flusso colorato di verde. Questo agirà sul magnete posto sul rotore causandone il suo movimento rotatorio. Per permettere il successivo step rotativo verranno alimentate le bobine U e W come da **Fig. 2**, e così via. Sarà compito del microcontrollore determinare l'esatto momento in cui la bobine dovranno essere alimentate. Nei comuni BLDC le bobine vengono avvolte in modo che siano sufficienti tre terminali di connessione per permetterne il funzionamento. Se utilizzata questa tecnica di winding, la sezione di potenza per un driver BLDC può essere schematizzata come in **Fig. 3**. Nel circuito che andremo a presentare gli switch Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6 saranno sostituiti da N-Channel Mosfet, in modo del tutto simile ad un ramo di un H-Bridge.

La sequenza di rotazione completa è quella riportata nel grafico in **Fig. 4**. Come possiamo notare, è una sequenza divisa in sei step. Ogni step dista perciò 60 gradi dal precedente step, per un totale di 360 gradi. La sequenza appena disposta permetterà una rotazione completa. Precisiamo però che in caso di motori con più di tre poli sarà necessario ripetere la sequenza per ottenere una rotazione completa del rotore. Dobbiamo ora trasferire la logica implementata da questa sequenza

Fig. 4
Sequenza di comando per la rotazione del motore.



opposto a quello applicato alla bobina stessa. In una prima fase, per attestare la bontà del metodo BEMF, utilizzeremo un motore provvisto anche di sensori hall. Registrando le letture di tensione e lo stato dei sensori hall rispetto alla posizione del rotore e all'alimentazione delle bobine otterremo quanto riportato in **Fig. 5**.

In questo grafico possiamo notare che la BEMF cambia polarità in corrispondenza del cambio di stato dei sensori hall. Ci dovremo perciò preoccupare di trovare un modo per leggere con il nostro microcontrollore quando la BEMF interseca lo zero. Chiameremo questo momento "zero-crossing". Dovremo leggere la tensione emessa sui tre poli del motore; naturalmente dovremo passare da un voltage divider per poter poi riportare il segnale all'input del nostro microcontrollore, poiché le porte analogiche del nostro microcontrollore usualmente non accettano tensioni superiori ai 5V, mentre potremo pilotare motori con tensione, ad esempio, di 12V. Ad un primo esame si potrebbe pensare che l'ADC posto nel nostro microcontrollore sia lo strumento adatto allo scopo, tuttavia, sebbene ciò sia fattibile, sappiamo che la lettura di un valore attraverso l'ADC richiede qualche ciclo di calcolo per produrre un risultato valido e che il numero dei cicli dipende dall'architettura selezionata. Dobbiamo quindi trovare un metodo più veloce per ottenere questa informazione. Possiamo utilizzare un comparatore ADC; anche quello interno al nostro ATmega andrà bene. Con questa tecnica otterremo un risultato con un solo ciclo di lettura. Se consideriamo ora la sequenza esaminata nella **Fig. 5** al momento dell'emissione del primo step, dovremo confrontare l'output emesso dal canale di lettura dei MOSFET di comando di W, ossia il 2. Per lo step successivo, il canale da esaminare sarà quello connesso ai MOSFET di comando di V, quindi l'1, e così via.

Dobbiamo ora capire come comandare gli switch di accensione e spegnimento dei poli del motore. Il metodo più comune di attivazione per le bobine è un semplice schema di acceso spento che dura tutto il semi-ciclo di rotazione. Tuttavia questo metodo non è efficace poiché il MOSFET rimane attivo durante tutta a fase di rotazione, il risultato è un surriscaldamento dei transistor di potenza. L'alternativa proposta è utilizzare schemi di accensione e spegnimento in modulazione di impulso (Pulse With Modulation PWM). Determineremo in questo modo l'energia da trasmettere alle bobine impostando il ciclo di lavoro (duty-cycle) in PWM. In particolare, un duty-cycle del 100% corrisponde-

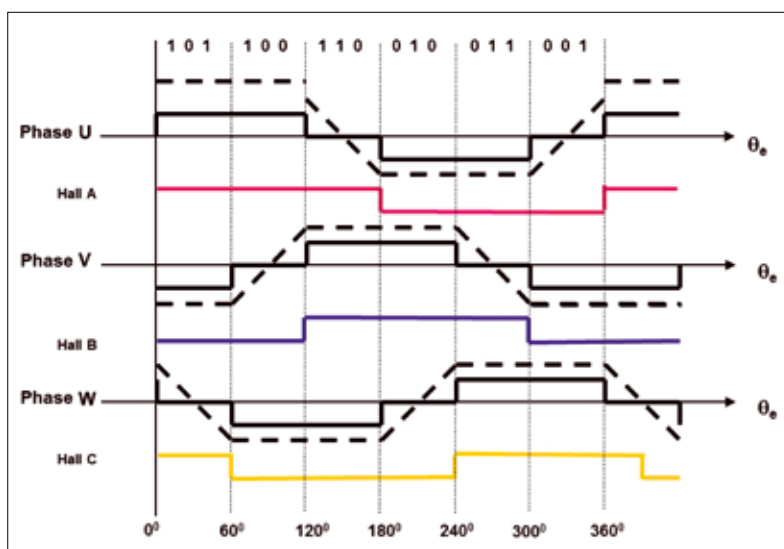


Fig. 5
Andamento della BEMF.

nel nostro microcontrollore. Considereremo per primo il caso di un motore sensored con sensori hall installati.

Il nostro microcontrollore durante la fase di rotazione potrà leggere lo stato dei sensori hall per determinare la posizione del rotore e quindi selezionare lo step da produrre per eseguire la rotazione.

La lettura dello stato del sensore verrà eseguita da una normale porta digitale.

Nel caso invece il motore in nostro possesso non sia dotato di sensori sarà necessario utilizzare una tecnica più raffinata per la determinazione della posizione del sensore, questa tecnica utilizzerà la forza elettromotrice indotta nelle bobine a seguito della rotazione, ossia la BEMF.

Il principio che sta alla base di questo metodo fonda le sue basi nell'applicazione della legge fisica secondo cui quando il motore ruota, in ogni bobina statorica viene generata una tensione di verso

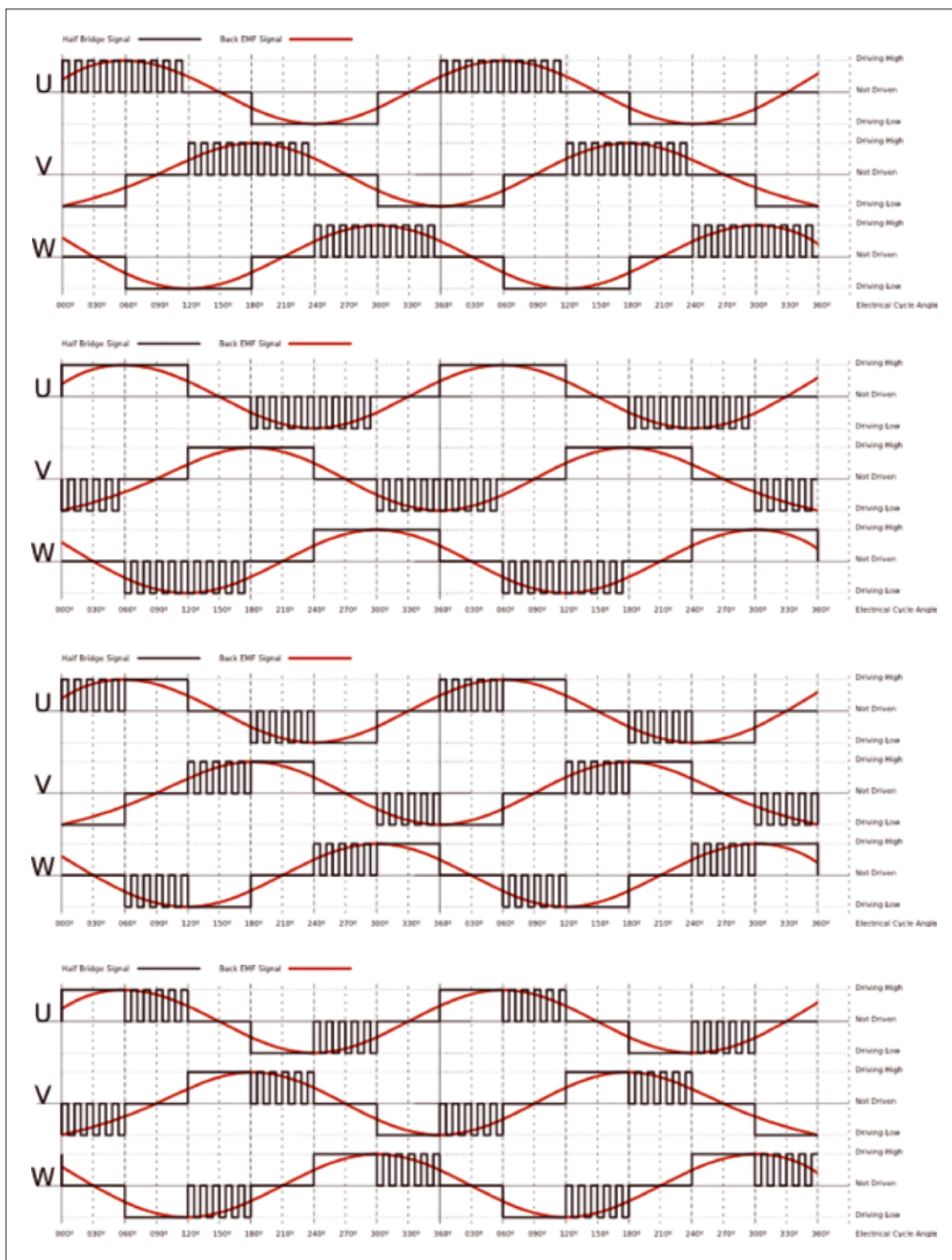
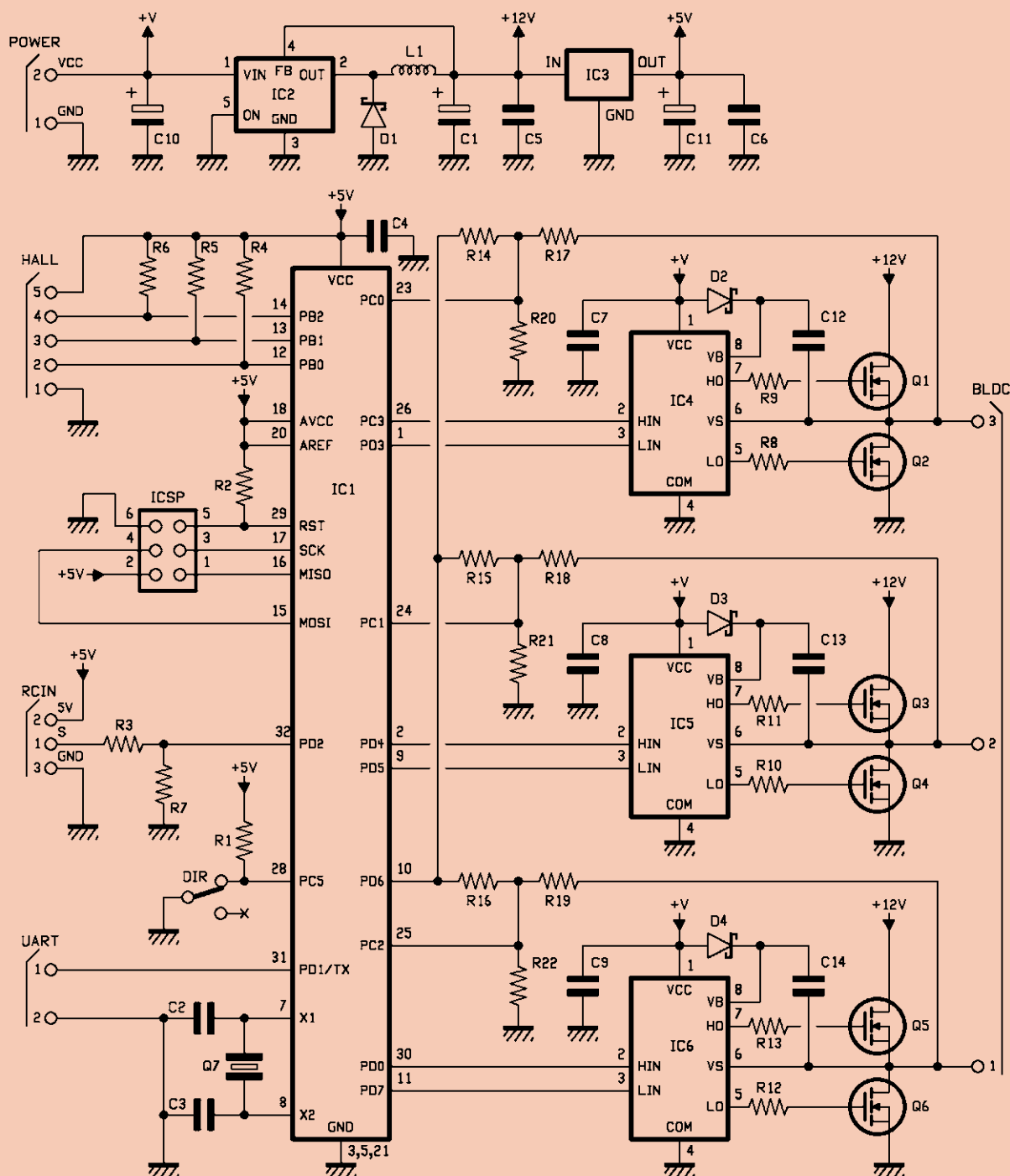


Fig. 6
Schemi PWM utilizzati nel circuito: dall'alto in basso H PWM L ON, H ON L PWW, H PWM ON e H ON PWM.

rà a cicli di accesso alla massima potenza/spento. I quattro schemi PWM utilizzati sono riportati nei grafici in **Fig. 6**. Come si può notare, i MOSFET ora sono comandati in PWM. Nella modalità H PWM L ON il PWM è

eseguito sul canale acceso, in quella H ON L PWW il PWM è sul canale spento; nella modalità H PWM ON il PWM è eseguito sui canali U, W e V ogni 60 gradi partendo dal canale U acceso, in quella H ON PWM la partenza è sul canale V spento.



SCHEMA ELETTRICO

Passiamo ad analizzare il circuito proposto, di cui vedete lo schema elettrico in queste pagine: la scheda ha il suo cuore nel microcontrollore ATmega8.

La sezione di alimentazione utilizza un regolatore switching della serie LM2596 per portare la tensione a 12V e pilotare i tre integrati driver IR2101;

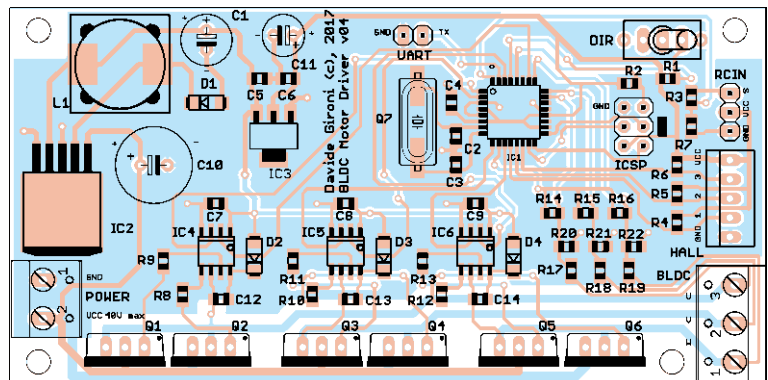
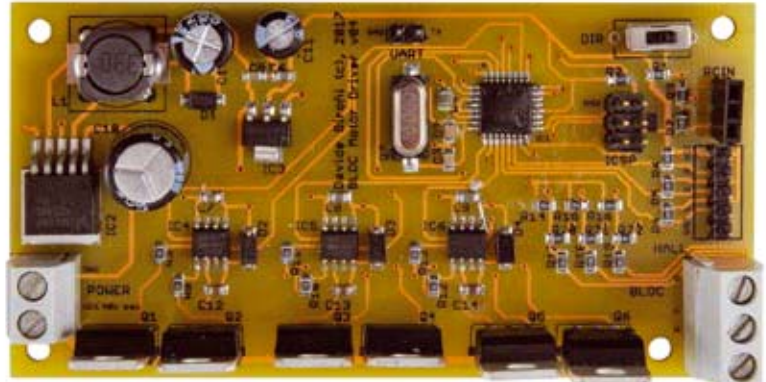
troviamo anche un regolatore AMS1117 utilizzato per stabilizzare la tensione di alimentazione del microcontrollore. I MOSFET di pilotaggio del motore sono invece collegati direttamente alla tensione di ingresso, che potrà essere portata fino a 35V. Il microcontrollore è connesso ai MOSFET di potenza tramite tre IR2101, che funzionano come high/low side driver di isolamento.

Elenco Componenti:

R1, R2, R3, R4, R5, R6, R20, R21, R22:
10 kohm (0805)
R7, R14, R15, R16, R17, R18, R19:
47 kohm (0805)
R8, R9, R10, R11, R12, R13: 10 ohm (0805)
C1: 100 μ F 50 VL elettrolitico
C2, C3: 22 pF ceramico (0805)
C4, C5, C6, C7, C8, C9:
100 nF ceramico (0805)
C10: 220 μ F 50 VL elettrolitico
C11: 470 μ F 16 VL elettrolitico
C12, C13, C14: 1 μ F ceramico (0805)
Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6: IRF640
Q7: Quarzo 16 MHz
D1, D2, D3, D4: 1N5819
IC1: ATMEGA8-16AU (MF1451)
IC2: LMS2596S-12
IC3: REG1117-5.0
IC4: IR2101SMD
IC5: IR2101SMD
IC6: IR2101SMD
L1: Bobina 33 μ H
DIR: Micro deviatore a slitta

Varie:

- Morsetto 2 vie passo 5.08mm
- Morsetto 3 vie passo 5.08mm
- Strip maschio 2 vie
- Strip maschio 5 vie
- Strip maschio 3 vie
- Strip maschio 2x3 vie
- Circuito stampato S1451 (101x52 mm)



Le uscite al motore ritornano poi in feedback agli ingressi analogici dell'ATmega ma vengono prima troncate tramite tre voltage divider. Questa sezione permette la lettura della BEMF per brushless motor sensorless. Esistono anche tre ingressi collegati ad input digitali con tre resistenze di pull-down per leggere lo stato dei sensori hall dei motori sensored.

Il clock di 16Mhz è generato da un oscillatore a cristalli che si avvale del quarzo Q7 per stabilizzare la frequenza di lavoro. Abbiamo testato il funzionamento anche a 8Mhz non riscontrando problemi di utilizzo.

Notate l'ingresso RCIN, che abbiamo voluto perché il controller qui descritto, utilizzando i tre pin cor-

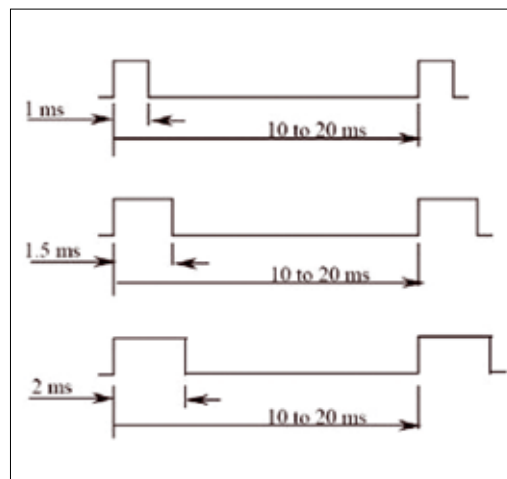
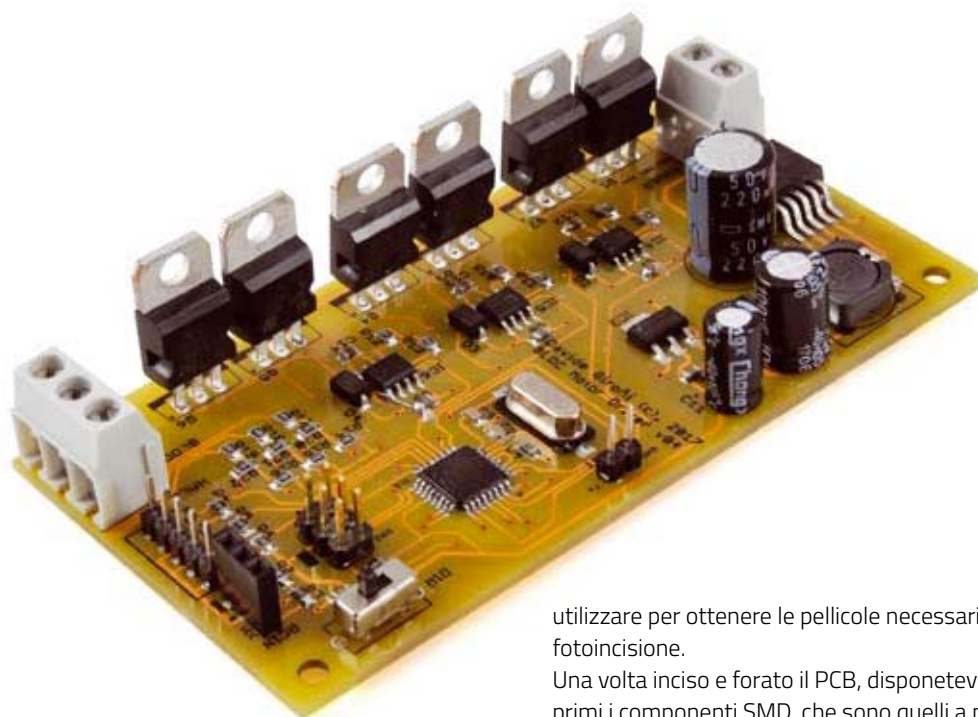


Fig. 7
Temporizzazioni
del segnale di
controllo del
circuit.

Fig. 8
La scheda
completa del
controller BLDC.



rispondenti, pilota motori brushless partendo dai segnali dei servocomandi, che sono lo standard per il radiocomando del modellismo. Il segnale corrispondente è un PWM che è uno standard per quasi tutti i servomotori in commercio. In particolare il segnale RC di questo tipo è a livelli TTL ed ha una frequenza di 50Hz, quindi produce un impulso ogni 20ms. Il duty-cycle di questo segnale è tale che la larghezza dell'impulso nel periodo varia da 1ms a 2ms. A seconda della sua durata, il servomotore verrà azionato in una direzione o nella opposta; quando il segnale è di 1,5ms il servomotore invece rimane fermo nel suo punto centrale.

Il controller qui proposto implementa un lettore per questo tipo di segnale utilizzando un TIMER ed una porta di Interrupt del nostro microcontrollore e produce in output una variabile che ha valore tra 0 e 100. Utilizzeremo questo valore per impostare la velocità di rotazione del nostro motore (**Fig. 7**). Infatti lo stesso segnale dei servocomandi viene utilizzato, negli ESC (Electronic Speed Controller) da radiomodellismo per variare la velocità del motore, in funzione della larghezza dell'impulso, da zero al massimo.

REALIZZAZIONE PRATICA

Ciò detto, non ci resta che passare alla parte pratica del progetto, ossia alla costruzione della scheda controller, per la quale è richiesto un circuito stampato a doppia faccia del quale trovate sul nostro sito www.elettronica.in.it le tracce rame da

utilizzare per ottenere le pellicole necessarie alla fotoincisione.

Una volta inciso e forato il PCB, disponetevi per primi i componenti SMD, che sono quelli a più basso profilo e che richiedono maggiore attenzione e libertà di posizionamento del saldatore. Per il montaggio vi serviranno un saldatore a punta conica molto fine, del filo di lega saldante da 0,5 mm massimo di diametro, una pinzetta per posizionare i componenti e una lente d'ingrandimento per verificare che ogni componente sia al suo posto e che non vi siano stati cortocircuiti tra terminali molto vicini durante la saldatura. Sarà utile anche della pasta flussante da spalmare sulle piazzole dei componenti con piedini molto fitti (per esempio il microcontrollore) allo scopo di agevolare lo scioglimento della lega saldante e di evitare che essa unisca pin attigui che devono rimanere isolati tra loro. Nel caso, della trecciola dissaldante aiuterà a rimuovere lo stagno in eccesso.

Sistematemi gli SMD, che disporrete partendo dal microcontrollore (attenzione che il pin 1 è quello in corrispondenza del segno ricavato sul corpo) montate il microdeviatore a slitta, i condensatori elettrolitici, i pin-strip e le morsettiere, quindi terminate con i MOSFET, che posizionerete in piedi, tutti con il lato metallico rivolto all'esterno del PCB. A lavoro completato, il circuito dovrà apparire come mostrato nella **Fig. 8**.

IL FIRMWARE

Possiamo ora passare all'analisi del codice fornito a corredo. Ricordiamo che quanto rilasciato è uno spunto da cui potrete partire per realizzare un driver customizzato o che potrete inserire in maniera molto semplice nei vostri progetti. Esistono driver molto più avanzati e performanti di quello

proposto tuttavia il loro codice risulta abbastanza complesso e difficilmente importabile. Facciamo riferimento ad esempio al famoso driver per driver ESC scritto in assembler da SimonK, che potete trovare all'indirizzo <https://github.com/sim-/tgy>. Il codice che forniamo può essere compilato per supportare sia motori BLDC sensorless che sensored. Il driver sensorless utilizza l'ADC interno impostato in modalità comparatore permettendo la lettura veloce della posizione del rotore. E' implementata la lettura di un ingresso RC servo che permette la selezione della velocità del motore. Il codice è formato dalla libreria **bldc** e corredato di un programma di esempio (**main.c**) di comando. I file di header della libreria **bldc.h**, ossia **bldcsetup.h**, **bldcsetupboard.h**, **bldcsetupmicro.h**, **bldcsetupmotor.h** ed **rcin2.h** contengono tutti i parametri configurabili. In particolare, dal file di setup principale **bldcsetup.h** è possibile selezionare la modalità di funzionamento del driver per motori sensored o sensorless, lo schema di emissione PWM dell'output ai Mosfet, ed altri parametri aggiuntivi come il selettore di abilitazione watchdog o suono di startup. Il file **bldcsetupboard.h** definisce tutte le porte di ingresso e uscita legate alla board hardware del circuito, possiamo adattare il driver per poterlo utilizzare su board differenti, ad esempio ESC già presenti sul mercato o altre development board modificando questo file. Nel caso volessimo invece portare il codice sorgente verso un'altro microcontrollore il file **bldcsetupmicro.h** contiene le principali definizioni di adattamento, nel nostro caso tutto viene riferito come detto ad un ATmega8. Il file **bldcsetupmotor.h** contiene tutti i parametri necessari per adeguare il driver a diversi tipi di motore. I parametri forniti di default ci hanno permesso di far funzionare i più comuni motori per modellismo ed inoltre BLDC rimossi da lettori dvd-rom ed hard disk. In questo file possiamo impostare inoltre i parametri di gestione velocità e startup motore. Il file **rcin2.h** può essere utilizzato per impostare il modulo di lettura per il segnale di velocità RC. La sequenza di commutazione predefinita invece è implementata nel file **bldc.h**, che espone anche tutti i comandi di gestione della libreria. Le principali funzioni sono quelle di inizializzazione **bldc_init**, selezione di direzione **bldc_setdirection**, avvio (**bldc_start**), fermo (**bldc_stop**), e selezione della velocità di rotazione (**bldc_setspeed**). La libreria completa utilizza tre TIMER hardware del microcontrollore.

Il TIMER utilizzato dal modulo di lettura del segnale RC può eventualmente essere omesso nel caso in cui il segnale di velocità venga immesso tramite altri canali come i2c, UART o logica interna al codice. I due TIMER principali gestiscono il segnale PWM ai Mosfet e la logica di emissione del segnale. Il TIMER di gestione segnale PWM non ha logica di gestione complessa, semplicemente alza o abbassa le porte logiche del microcontrollore a seconda dello step selezionato dal TIMER principale e del modello di emissione PWM prescelto. Nell'ultimo TIMER invece risiede la logica di funzionamento della libreria. Semplificando, questo TIMER controlla in maniera continuativa lo stato del rotore, utilizzando per questa funzione la lettura di porte digitali in caso di compilazione per motori sensored oppure la lettura ed il settaggio del comparatore ADC in caso di motori sensorless. Alterna in continuazione lo stato di lettura rotore allo stato di emissione step di commutazione. Quando il selettore di avvio della rotazione del motore è attivo, il TIMER principale emette il ciclo di startup.

CONCLUSIONI

In questo articolo abbiamo analizzato le basi teoriche del funzionamento dei motori brushless, definendo due principali famiglie esistenti, vale a dire la sensored (dotata di sensori ad effetto di Hall), e la sensorless (che non richiede sensori), che consentono il controllo in retroazione. Abbiamo quindi implementato la logica di funzionamento del motore in un semplice circuito controller che può essere programmato e che quindi costituisce una scheda di sviluppo per applicazioni motion control in ambito brushless. Il firmware di gestione è stato scritto in C e compilato per microcontrollore ATmega8, che è il cuore del nostro controller brushless; il firmware è una base di partenza che chi se la sentirà, potrà modificare per adattarla alle proprie esigenze. □



Cosa occorre?

I componenti utilizzati in questo progetto sono di facile reperibilità. Una grande varietà di motori brushless è disponibile all'indirizzo bit.ly/MotoriBrush, mentre i driver raggiungibili a questo link bit.ly/DriverBrush.

Il materiale va richiesto a:

Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 - <http://www.futurashop.it>





€ 89,00

Cod. **ROBOARM**

**Entra
nell'affascinante
mondo della
robotica!**

**PICK AND PLACE PER BRACCIO
ROBOTICO "ROBOARM"**

BRACCIO ROBOTICO IN PLEXIGLASS - IN KIT

Costruire un braccio robotico è un'esperienza interessante per chi vuole avvicinarsi al mondo della robotica e prepararsi a sfide più complesse. Questo kit contiene tutto il necessario per realizzarne uno di tipo articolato in plexiglass a 4 gradi di libertà, con base rotante (180°), pinza per afferrare gli oggetti (montabile sia in posizione orizzontale che verticale) e 5 servocomandi gestibili da Arduino o altra elettronica (acquistabile separatamente). È disponibile anche il kit "Pick and Place" composto da una piccola pompa a depressione, un'elettrovalvola, un microswitch, cavi, tubi e ventosa, che permette di equipaggiare il braccio robotico con un sistema di prelievo e rilascio di piccoli oggetti.



€ 45,00

Cod. **PEPARM**

Scopri anche gli altri modelli ...

Braccio meccanico, dotato di cinque motori e cinque articolazioni con unità di controllo via cavo a cinque comandi.



**BRACCIO ROBOTICO
CON CONTROLLO
VIA CAVO - IN KIT**

€ 54,00

Cod. **KSR10**

**BRACCIO ROBOTICO
6DOF CON PINZA E
SERVI RC - IN KIT**



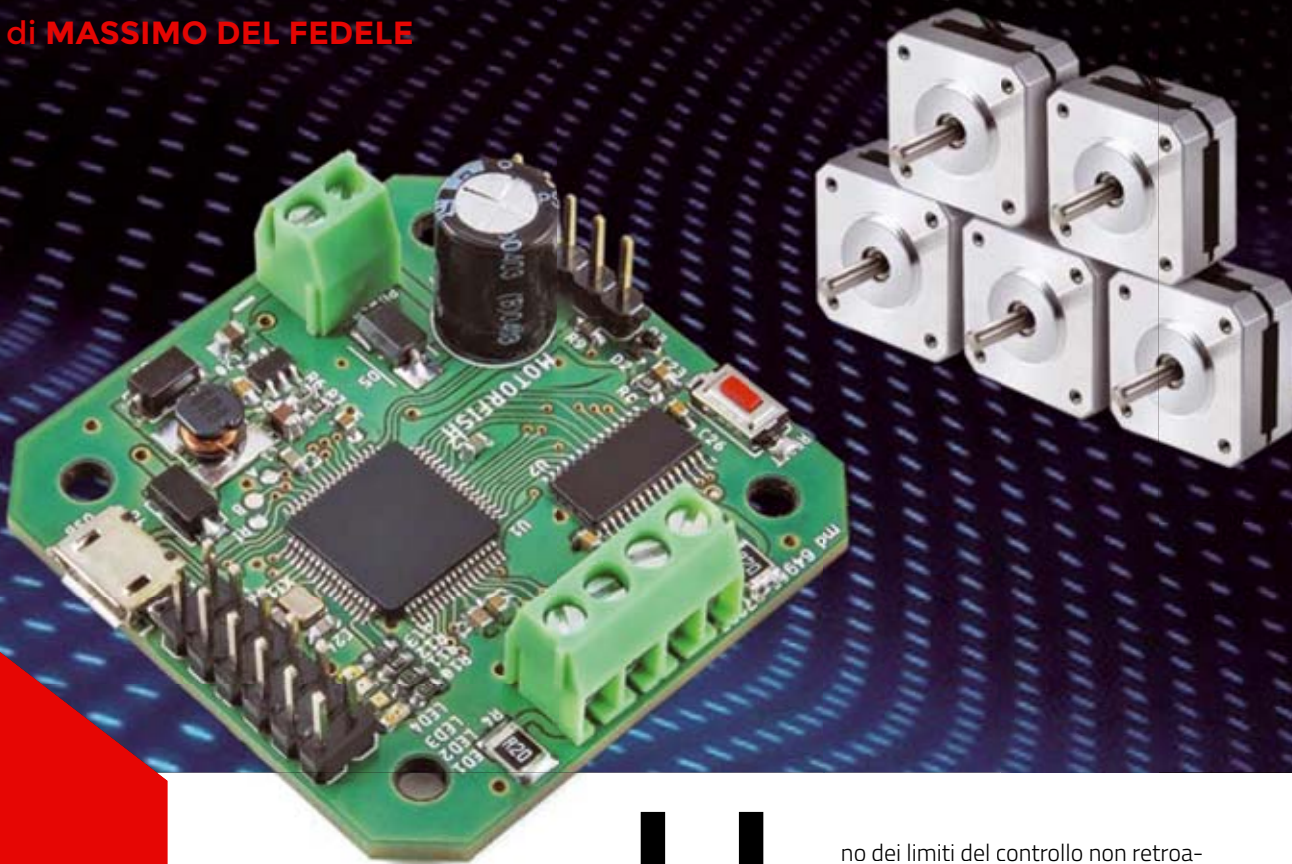
€ 129,00

Cod. **6DOFARM**

Completo di pinza per afferrare gli oggetti.
Dotato di servi RC con ingranaggi in metallo.

MOTORFISH: LO STEPPER NON SBAGLIA UN PASSO

di MASSIMO DEL FEDELE



Descriviamo il firmware del controller a retroazione per motore passo-passo e testiamolo sulla stampante 3D. Seconda e ultima puntata.

U

no dei limiti del controllo non retroazionato dei motori passo-passo è che nelle applicazioni per l'azionamento di macchinari, frese CNC o stampanti 3D, il posizionamento può essere afflitto da un errore che rende non sempre ripetibile il raggiungimento delle posizioni

desiderate; questo accade perché a volte lo stepper-motor, sebbene riceva un comando, può perdere il passo. Nel caso della stampa 3D additiva, in stampe che richiedono ore o decine di ore il pezzo può presentarsi con alcuni slice non allineati e quindi difettoso. La soluzione al problema è retroazionare il motore pilotandolo con un controller in grado di verificare che ciascun comando determini la posizione desiderata e intervenire, all'occorrenza, per correggere la perdita di passo.

Questo è ciò che avviene in MotorFish, il controller per stepper-motor descritto nel fascicolo scorso di Elettronica In,

pensato per leggere il segnale di retroazione fornito da un encoder magnetico ad effetto di Hall montato sull'albero del motore.

Dopo avervi descritto, nella prima puntata, l'hardware e i vantaggi di questo controller, è giunto il momento di passare alla programmazione della scheda, che inizia con l'inserimento del bootloader; questo perché MotorFish, come il nome fa presagire, è basato su architettura Fishino e si programma quindi come una scheda Arduino.

INSTALLAZIONE DEL BOOTLOADER E CARICAMENTO DEL FIRMWARE

Se avete seguito gli articoli sulla scheda Fishino32, Fishino Piranha o Fishino Shark, siete già a buon punto! Il funzionamento è infatti identico, sia per quanto riguarda il caricamento del bootloader che per quanto riguarda gli sketch. Per brevità, qui faremo un riassunto e segnaleremo le differenze tra le schede; per il resto vi rimandiamo agli articoli corrispondenti.

Dunque, aprite l'IDE e iniziate con l'aggiungere il package 'Fishino' all'IDE, tramite il menu **Impostazioni**; fatto ciò, nell'elenco delle schede appariranno tutte quelle della serie Fishino, tra le quali troverete anche la MotorFish. Naturalmente ciò avverrà se aggiungerete il pacchetto più recente o almeno aggiornato al mese scorso.

Se avete montato la scheda da soli è necessario caricare il bootloader; questo si trova in una cartella dentro la cartella **arduino15** dell'IDE (effettuate una ricerca, la posizione cambia a seconda del sistema operativo!). Il nome del bootloader è **MotorFish.hex**.

Seguite le istruzioni già utilizzate per le Fishino a 32 bit per il caricamento; dovreste comunque procurarvi un **PickIt3** oppure realizzare un programmatore di PIC artigianale, come spiegato negli articoli succitati.

Una volta caricato il bootloader, per caricare i vostri sketch sarà sufficiente premere il pulsante di Reset e mantenerlo premuto per qualche secondo, finché non inizia a lampeggiare un led sulla scheda.

A questo punto potrete procedere come d'abitudine per tutte le schede Arduino.

IL FIRMWARE

Per il nostro driver abbiamo approntato una libreria specifica chiamata *MotorFish*, in grado di gestire tutti gli elementi presenti sulla scheda.

La libreria contiene due moduli distinti, chiamati *Stepper* ed *Encoder*, oltre a un file contenente le tabelle dei seni e dei coseni per la generazione

delle correnti negli avvolgimenti del motore; dette tabelle sono state create per eseguire un microstepping a 64 passi per step.

Iniziamo con un esempio che non utilizza la libreria, il **MotorFishFullStepTest**, in modo da familiarizzare con l'hardware; in questo esempio eseguiamo "manualmente" lo stepping del motore, in modalità full-step, pilotando direttamente il driver.

Per comprenderne il funzionamento è indispensabile riferirsi alla sezione dedicata, nella prima puntata, al driver DRV8843; in questo esempio l'encoder non viene utilizzato.

Lo sketch che trovate nel **Listato 1** alimenta alternativamente i due avvolgimenti tramite gli ingressi xIN1 e xIN2, prima in un senso e poi nell'altro, secondo lo schema di **Fig. 1**: si tratta del cosiddetto "**wave drive**", in pratica non utilizzato poiché fornisce una coppia minore rispetto all'attivazione contemporanea di due avvolgimenti, come nello schema di **Fig. 2**, denominato "**full step drive**".

In quest'ultimo caso sono sempre energizzati due avvolgimenti, mentre il motore si posiziona nel punto medio tra i due poli, fornendo così una coppia maggiore. Lasciamo a voi la sperimentazione di questa modalità, che non è oggetto dell'articolo, dato che a noi interessa il microstepping, per realizzare il quale, invece, non basta attivare in sequenza gli avvolgimenti, ma occorre variare la corrente nei medesimi, ed è quello che fa la libreria fornita dove, tramite un PWM a frequenza piuttosto elevata e con risoluzione di 16 bit viene fatta variare con continuità la corrente agendo sugli ingressi AREF e BREF. La corrente deve variare in modo sinusoidale, con le sinusoidi sfasate di 90 gradi tra un avvolgimento e l'altro, come in **Fig. 3**; in questo schema le sinusoidi sono state lasciate volutamente continue, ovvero non discretizzate; il numero dei "microstep" dipende da quanto finemente vengono suddivise le sinusoidi che, lavorando in digitale, saranno forzatamente a scalini. Se la corrente varia con continuità si ottiene il funzionamento di un motore brushless, con un microstepping infinito.

La libreria fornita utilizza una tabella contenente 64 valori per il seno ed il coseno, riportati ad un numero intero a 16 bit, mentre il sistema "spazzo-la" attraverso questa sequenza di valori ricreando le due forme d'onda; per avanzare di un micropasso è sufficiente spostarsi nella tabella e prelevare i valori corrispondenti di corrente. Nel **Listato 2** riportiamo una delle tabelle a titolo di esempio. Una volta disponibile la libreria, eseguire un microstepping diventa semplicissimo:



```

#include <FishinoFlash.h>
#include <MotorFish.h>

void setup()
{
    Stepper.setWindingCurrent(1.0);
    Stepper.energize(true);
    delay(100);
}

void loop()
{
    Stepper.stepForward();
    delayMicroseconds(100);
}

```

Come vedete, nel **setup()** iniziamo con l'impostare la corrente massima negli avvolgimenti (1 ampere) ed energizziamo il motore. Nel **loop()** eseguiamo uno step (in realtà, un microstep) ogni 100 microsecondi. Se carichiamo lo sketch vedremo il motore ruotare a velocità costante. Cambiando il valore nella **delayMicroseconds()** possiamo variare la velocità di rotazione.

Vediamo ora rapidamente il funzionamento del solo encoder; anche qui abbiamo preparato una libreria (il file **Encoder.cpp** contenuto nella libreria **MotorFish**) che si occupa di gestire l'elettronica a basso livello, semplificandoci di molto la vita. Nell'esempio relativo al **Listato 3** utilizziamo solo l'encoder e stampiamo sulla seriale la posizione dell'albero del motore, cosa che si può vedere ruotandolo a mano. In questo sketch utilizziamo l'interfaccia SSI per leggere la posizione assoluta dell'encoder; nella **setup()** inizializziamo l'encoder stesso e controlliamo che il magnetino sia nella posizione corretta. Questo è fondamentale, visto che la precisione dipende moltissimo dal posizionamento corretto del magnete rispetto al chip dell'encoder. Nel **loop**, successivamente, leggiamo dall'encoder la posizione e, se differente dall'ultima letta, la stampiamo sulla seriale.

Potete provare il funzionamento lanciando lo sketch, aprendo la porta seriale e ruotando manualmente l'albero del motore.

Finora abbiamo utilizzato separatamente il driver e l'encoder, ma visto che vogliamo creare un sistema closed loop, è ora di unirli!

La cosa potrebbe sembrare semplice, ma non lo è! Il problema principale dei sistemi closed-loop è che, se non opportunamente progettati, tendono ad essere molto instabili oppure a raggiungere lentamente il punto di equilibrio. Nel primo caso, il motore oscilla attorno alla posizione richiesta,

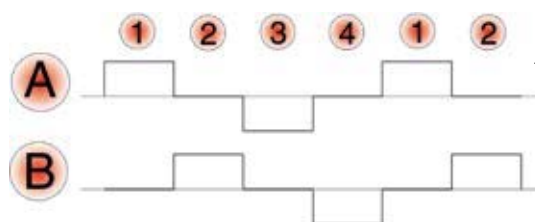


Fig. 1
Schema di pilotaggio wave drive.

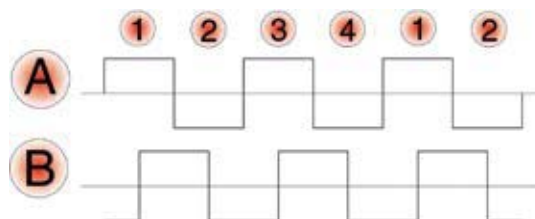


Fig. 2
Schema di pilotaggio full step drive.

spesso piuttosto violentemente, senza mai stabilizzarsi. Nel secondo caso si ottiene una risposta talmente lenta da essere inutilizzabile.

Nel nostro caso abbiamo implementato un semplice ma efficace sistema **PID** (Proportional-Integral-Derivative). I sistemi **PID** sono spesso utilizzati nei controlli a ciclo chiuso perchè permettono una relativa semplicità di realizzazione ed al contempo un buon controllo. Non sono gli unici sistemi utilizzabili, ma altri metodi esulano dallo scopo del presente articolo. Per spiegarne il funzionamento, facciamo un'analogia termica, supponendo di dover portare una resistenza (ad esempio il piatto della stampante, o la testina della stessa) a una temperatura prefissata.

IL SISTEMA ON-OFF

La prima cosa che viene in mente è mettere un termistore sul piatto, collegarlo ad un comparatore e confrontare la tensione fornita dal termistore con una tensione di riferimento. Se è più bassa del richiesto si alimenta la resistenza, se è più alta la si spegne.

Se avete provato a farlo, vi sarete accorti che la temperatura non si stabilizza mai al punto richiesto, ma continua ad oscillare tra un valore superiore ed uno inferiore; questo perchè il piatto e

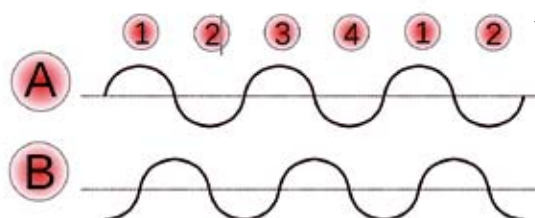


Fig. 3
Variazione della corrente nel pilotaggio micro-step.

la resistenza stessa hanno un'inerzia termica non indifferente, e rispondono in ritardo alle variazioni di corrente.

Quando il termistore ha raggiunto la temperatura richiesta, ad esempio, è possibile che anche scollegando l'alimentazione il calore fluisca ancora dall'elemento riscaldante al piatto, per un certo tempo, causando un superamento della tem-

peratura. Analogamente, se togliamo corrente e quando la temperatura sul termistore è scesa al valore richiesto, ripristinando l'alimentazione questa continuerà a scendere per un certo tempo, prima di ricominciare a salire.

Se per un piatto riscaldante il problema è relativo, già per la testina di stampa diventa rilevante; se poi parliamo del posizionamento dei motori, il pro-

↓ Listato 1

```
#define DEBUG_LEVEL_INFO
#include <FishinoDebug.h>

#include <FishinoFlash.h>

/////////////////////////////////////////////////////////////////
// Connessioni controller -> Driver //
/////////////////////////////////////////////////////////////////

// Primo avvolgimento
const int AVREF      = 17;    // tensione di riferimento PWM
const int AIN1       = 18;    // ingresso di controllo 1
const int AIN2       = 19;    // ingresso di controllo 2
const int AI0        = 20;    // ingresso frazionamento corrente 1
const int AI1        = 21;    // ingresso frazionamento corrente 2

// Secondo avvolgimento
const int BVREF      = 22;    // tensione di riferimento PWM
const int BIN1       = 23;    // ingresso di controllo 1
const int BIN2       = 24;    // ingresso di controllo 2
const int BI0        = 25;    // ingresso frazionamento corrente 1
const int BI1        = 26;    // ingresso frazionamento corrente 2

// I/O di controllo
const int NRESET = 27;    // ingresso di reset (attivo low)
const int NSLEEP = 28;    // ingresso di sleep (attivo low)
const int NFAULT = 29;    // uscita di errore (attiva low)
const int DECAY  = 30;    // ingresso di selezione modalità di DECAY (3 stati)
const double RSense = 0.20; // valore della resistenza per la misure della corrente (ohm)

void setup()
{
    // inizializza la seriale e ne attende l'apertura
    Serial.begin(115200);
    while(!Serial)
        ;

    // imposta frequenza e risoluzione dei PWM
    analogWriteFrequency(200000);
    analogWriteResolution(16);

    // calcola il valore del pwm in base alla corrente massima prevista nell'avvolgimento
    // 5.0 è una costante del driver, 3.3V è la tensione massima in uscita dal PWM
    double c = 1.0; // corrente massima prevista
    double ARef = 5.0 * RSense * c / 3.3; // valore di tensione da applicare su ARef
    uint16_t _pwmWindingCurrent = (uint16_t)(ARef * 65535);

    // imposta la tensione di riferimento per la corrente richiesta
    pinMode(AVREF, OUTPUT);
    pinMode(BVREF, OUTPUT);
    analogWrite(AVREF, _pwmWindingCurrent);
    analogWrite(BVREF, _pwmWindingCurrent);

    // imposta il frazionamento della corrente al 100% per entrambi gli avvolgimenti
    pinMode(AI0, OUTPUT);
    digitalWrite(AI0, 0);
    pinMode(AI1, OUTPUT);
    digitalWrite(AI1, 0);
    pinMode(BI0, OUTPUT);
    digitalWrite(BI0, 0);
    pinMode(BI1, OUTPUT);
    digitalWrite(BI1, 0);
}
```

blema diventa enorme; infatti non possiamo avere il piatto della stampante che si mette a tremolare attorno al punto richiesto!

Quello visto finora è un controllo di tipo ON-OFF, il più grezzo che si possa utilizzare. Se la posizione del motore è "minore" di quella richiesta lo faccio andare avanti a tutta forza, se è "maggiore" lo faccio andare indietro.

IL SISTEMA PROPORZIONALE

Volendo essere un po' più raffinati, introduciamo una proporzionalità tra l'errore della posizione (o della temperatura, nel caso del piatto/testina riscaldati) e quella richiesta. Più siamo lontani dal punto desiderato e più corrente (o velocità) diamo; man mano che ci avviciniamo, riduciamo la potenza fornita, fino ad annullarla una volta arrivati a

Listato 1 (Segue)

```
// de-energizza entrambi gli avvolgimenti
pinMode(AIN1, OUTPUT);
digitalWrite(AIN1, 0);
pinMode(AIN2, OUTPUT);
digitalWrite(AIN2, 0);
pinMode(BIN1, OUTPUT);
digitalWrite(BIN1, 0);
pinMode(BIN2, OUTPUT);
digitalWrite(BIN2, 0);

// disattiva la modalità SLEEP
pinMode(NSLEEP, OUTPUT);
digitalWrite(NSLEEP, HIGH);

// rilascia il reset del driver, abilitandolo
pinMode(NRESET, OUTPUT);
digitalWrite(NRESET, HIGH);

// imposta l'I/O di errore ad input, in modo da poter rilevare
// eventuali errori nel driver
pinMode(NFAULT, INPUT_PULLUP);
}

// 10 millisecondi tra ogni fase del motore
// per variare la velocità occorre modificare questo numero
const int del = 10;

void loop()
{
    // cicla tra le 4 fasi degli avvolgimenti

    Serial << "Fase 1\n";
    digitalWrite(AIN1, 1);
    digitalWrite(AIN2, 0);
    digitalWrite(BIN1, 0);
    digitalWrite(BIN2, 0);
    delay(del);

    Serial << "Fase 2\n";
    digitalWrite(AIN1, 0);
    digitalWrite(AIN2, 0);
    digitalWrite(BIN1, 1);
    digitalWrite(BIN2, 0);
    delay(del);

    Serial << "Fase 3\n";
    digitalWrite(AIN1, 0);
    digitalWrite(AIN2, 1);
    digitalWrite(BIN1, 0);
    digitalWrite(BIN2, 0);
    delay(del);

    Serial << "Fase 4\n";
    digitalWrite(AIN1, 0);
    digitalWrite(AIN2, 0);

    digitalWrite(BIN1, 0);
    digitalWrite(BIN2, 1);
    delay(del);
}
```

destinazione. Questo è il metodo **Proporzionale** (la P di PID!). Sembrerebbe un ottimo metodo, e lo sarebbe se non ci fosse l'inerzia, la quale può essere termica (nel caso del piatto riscaldato) o meccanica (nel caso del movimento di testina/piatto della stampante). Inoltre, il fatto di annullare la corrente una volta raggiunta la destinazione implica che questa non verrà mai raggiunta. Ci avvicineremo (in assenza di inerzia) all'infinito, senza mai raggiungerla. E più ci saremo vicini, più lentamente andremo avanti: è il classico comportamento asintotico dei sistemi puramente proporzionali. Inoltre, anche quando raggiungeremo la posizione, il sistema risulterà sensibilissimo ai disturbi esterni, visto che in quella posizione l'energia che gli applichiamo è nulla. Ciò non va bene!

IL SISTEMA PID

Abbiamo visto che il sistema Proporzionale agisce in base all'errore tra la posizione richiesta e quella corrente. Non tiene in conto della "storia" della variazione della posizione in nessun modo. Se ci stiamo avvicinando rapidamente o lentamente alla posizione desiderata è ininfluente, l'unica cosa considerata è la differenza tra l'attuale e la finale. Nel caso del motore, è facile intuire che se stavamo andando veloci le inerzie meccaniche tenderanno a far superare la posizione richiesta anche se toglieremo la corrente al momento giusto, mentre se andremo lenti ci metteremo magari troppo a raggiungerla.

Qui interviene la parte **D** del PID, ovvero la **Derivative**, che in italiano può tradursi in **Differenziale**.

Questo fattore tiene in conto della rapidità con cui diminuisce l'errore nel tempo: se ci stiamo avvicinando rapidamente, la diminuzione è rapida e

quindi sappiamo di dover "frenare prima". Inserendo questo parametro possiamo compensare quasi totalmente i problemi dovuti all'inerzia meccanica del piatto.

La parte **Integrale** del sistema è un po' più complessa da spiegare; questa tiene conto della somma degli errori nel tempo ed è in grado, ad esempio, di risolvere il problema dell'annullamento della corrente al raggiungimento della posizione richiesta. Facendo un rapido (e incompleto) esempio, se il motore raggiunge la posizione richiesta, senza la componente integrale la corrente va a zero, mentre con la componente integrale il sistema "ricorda" quanta fatica ha fatto a raggiungerla e compenserà aumentando la corrente.

A questo punto vediamo come mettere insieme i tre sistemi; in teoria è sufficiente:

- memorizzare l'errore corrente di posizione (parte **P**);
- memorizzare la differenza tra l'errore corrente e quello precedente (parte **D**);
- mantenere una somma degli errori man mano che procediamo (parte **I**);
- mettere i numeri risultanti in una formula appositamente calibrata che restituisce il valore di corrente da applicare ai motori.

Nella pratica dobbiamo fare i conti ancora con alcuni problemi pratici e in particolare:

- dobbiamo (quasi per forza...) lavorare con numeri interi, perché i float sono troppo lenti;
- siamo obbligati a dare un limite ai valori misurati, giacché non possiamo far fluire nel motore una corrente infinita;
- nella parte Integrale è inutile, anzi, dannoso, memorizzare una storia degli errori troppo

Listato 2

```
const uint16_t cosineTable[] = {
65535, 65515, 65456, 65357, 65219, 65042, 64825, 64570, 64275, 63942, 63570, 63161, 62713, 62227, 61704, 61143,
60546, 59912, 59242, 58537, 57796, 57021, 56211, 55367, 54490, 53580, 52638, 51664, 50659, 49623, 48558, 47463,
46340, 45189, 44010, 42805, 41574, 40319, 39039, 37735, 36409, 35061, 33691, 32302, 30892, 29465, 28019, 26557,
25079, 23585, 22078, 20557, 19023, 17479, 15923, 14358, 12785, 11203, 9615, 8022, 6423, 4821, 3215, 1608,
0, 1608, 3215, 4821, 6423, 8022, 9615, 11203, 12785, 14358, 15923, 17479, 19023, 20557, 22078, 23585,
25079, 26557, 28019, 29465, 30892, 32302, 33691, 35061, 36409, 37735, 39039, 40319, 41574, 42805, 44010, 45189,
46340, 47463, 48558, 49623, 50659, 51664, 52638, 53580, 54490, 55367, 56211, 57021, 57796, 58537, 59242, 59912,
60546, 61143, 61704, 62227, 62713, 63161, 63570, 63942, 64275, 64570, 64825, 65042, 65219, 65357, 65456, 65515,
65535, 65515, 65456, 65357, 65219, 65042, 64825, 64570, 64275, 63942, 63570, 63161, 62713, 62227, 61704, 61143,
60546, 59912, 59242, 58537, 57796, 57021, 56211, 55367, 54490, 53580, 52638, 51664, 50659, 49623, 48558, 47463,
46340, 45189, 44010, 42805, 41574, 40319, 39039, 37735, 36409, 35061, 33691, 32302, 30892, 29465, 28019, 26557,
25079, 23585, 22078, 20557, 19023, 17479, 15923, 14358, 12785, 11203, 9615, 8022, 6423, 4821, 3215, 1608,
0, 1608, 3215, 4821, 6423, 8022, 9615, 11203, 12785, 14358, 15923, 17479, 19023, 20557, 22078, 23585,
25079, 26557, 28019, 29465, 30892, 32302, 33691, 35061, 36409, 37735, 39039, 40319, 41574, 42805, 44010, 45189,
46340, 47463, 48558, 49623, 50659, 51664, 52638, 53580, 54490, 55367, 56211, 57021, 57796, 58537, 59242, 59912,
60546, 61143, 61704, 62227, 62713, 63161, 63570, 63942, 64275, 64570, 64825, 65042, 65219, 65357, 65456, 65515,
};
```


“vecchia”;

- la formula in se è semplice, ma la determinazione dei suoi parametri no.

Semplificando, potremmo scrivere la formula in questo modo :

$$\text{Corrente} = C_p \cdot p + C_d \cdot d + C_i \cdot i$$

Dove C_p , C_d e C_i sono **3 costanti** da determinare, p è l'errore sulla posizione, d è la sua variazione nel tempo, i è la “somma” degli errori nel tempo. La determinazione delle 3 costanti non è un'operazione triviale, e non lo è nemmeno la gestione della parte integrale degli errori.

Per le costanti, esistono dei metodi più o meno empirici, (che noi non abbiamo applicato!), mentre la seconda parte dipende molto dalla dimensione dei numeri interi nel controller, dalla tipologia dell'apparecchio controllato, eccetera.

In pratica, questo è il classico esempio dove la sperimentazione ha un peso rilevante!

Nello sketch completo che abbiamo preparato per MotorFish e che non riportiamo qui perché troppo voluminoso (lo potete comunque scaricare dal nostro sito web www.elettronica.in.it insieme agli altri file del progetto) abbiamo preimpostato i tre parametri e tutte le funzioni per gestire la stampante 3Drag, ricontraendo che funziona in modo perfetto!

Per semplificare la comprensione, abbiamo separato lo sketch in due parti; la prima, estendendo la libreria con la classe ClosedLoop e la seconda che contiene l'algoritmo PID, la gestione degli aggiornamenti, eccetera.

La seconda, che poi è il programma vero e proprio, si occupa della gestione ad alto livello del motore e delle sue impostazioni; viene denominato **MotorFishFirmware** e lo trovate tra gli esempi della libreria **MotorFish**.

In pratica, basta caricarlo sulla scheda, collegare quest'ultima al motore ed al PC tramite un'interfaccia seriale e seguire il menu che apparirà sul monitor seriale per modificare tutti i parametri senza dover ricompilare nulla.

Il firmware è gestito tramite una struttura di menu testuali e permette sia di regolare finemente le variabili di funzionamento (PID, corrente motore, eccetera...) sia di modificare la direzione di rotazione dello stepper e/o il posizionamento dell'encoder (davanti o dietro al motore) e, ultimo ma non in ordine di importanza, di eseguire la calibrazione ed una serie di test di funzionamento.

CONFIGURAZIONE E CARICAMENTO DEL FIRMWARE

Il firmware è già pronto per essere caricato e in teoria non occorre alcuna modifica.

In pratica abbiamo voluto lasciare aperta la possibilità di modificare la porta seriale a cui connettersi per le impostazioni.

Di base, come evidente dallo spezzone di codice qui di seguito, l'interfaccia è la **Serial**, corrispondente all'interfaccia **USB** :

```
// select which serial port to use
// Serial is USB port
// Serial0 is Serial connected to SDI/SDO
#define MOTORFISH_SERIAL Serial
```

Perché cambiarla? Semplicemente per evitare un'eventuale “brutta esperienza” avuta dall'autore durante il test svolti sulla stampante 3Drag! Infatti nella 3Drag lo spazio è risicato e la posizione della

Listato 3

```
#include <FishinoFlash.h>

#define DEBUG_LEVEL_INFO
#include <FishinoDebug.h>

#include <MotorFish.h>

int32_t oldPos = 0, curPos = 1;

void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    while(!Serial)
        ;

    DEBUG_INFO("MotorFish Encoder Test\n");

    Encoder.resetMotorPos();
    delay(100);

    // esegue un controllo del magnete
    if(Encoder.isMagnetTooFar())
        DEBUG_ERROR("Il magnete è troppo lontano\n");
    else if(Encoder.isMagnetTooClose())
        DEBUG_ERROR("Il magnete è troppo vicino\n");
    else
        DEBUG_INFO("La posizione del magnete è OK\n");
}

uint16_t ssi = 0, prevssi = 1;
void loop()
{
    // legge la posizione utilizzando l'interfaccia SSI
    ssi = Encoder.readSSIPosition();

    // stampa la posizione solo se il motore si è mosso
    if(ssi != prevssi)
    {
        DEBUG_INFO("SSI:%6u\n", ssi);
        prevssi = ssi;
    }
    delayMicroseconds(100);
}
```

➔ Il controller montato:
dietro vedete l'encoder.



scheda MotorFish obbligata è molto vicino al piatto della stampante. Il piatto, muovendosi, può tranciare il connettore USB, se connesso al cavo. A chi scrive è capitato di caricare lo sketch, dimenticarsi di invertire la direzione del motore, lanciare la funzione di calibrazione e vedere il piatto della stampante tranciare di netto il connettore USB sulla scheda, rovinandola irrimediabilmente. Per evitare questo problema abbiamo lasciato la possibilità di utilizzare una seconda porta seriale, per la quale però è necessario un convertitore USB/Seriale esterno, connessa ai pin SDI/RX ed SDO/TX. Questi pin sono dei semplici connettori DuPont, perpendicolari alla scheda stessa, quindi non vanno ad interferire con la meccanica. L'attivazione della seconda seriale viene ottenuta sostituendo Serial con Serial0 nello spezzone mostrato in precedenza:

```
// select which serial port to use
// Serial is USB port
// Serial0 is Serial connected to SDI/SDO
#define MOTORFISH_SERIAL Serial0
```

GESTIONE DEL FIRMWARE

Una volta connessa la scheda al PC (per il momento la presenza del motore e dell'alimentazione esterna è ininfluente) basta aprire un monitor seriale e, successivamente, premere un tasto, possibilmente lo spazio. Sul monitor seriale apparirà il seguente menu:

MotorFish - MAIN MENU

- 1) Change running mode (DISABLED, STEPPER, *CLOSED LOOP*)
- 2) Change encoder placement (*REAR*, FRONT)
- 3) Change motor positive direction (*CLOCKWISE*, COUNTERCLOCKWISE)

- 4) Enter calibration menu
- 5) Enter PID menu
- 6) Enter test menu

Select function:

Questa è la schermata principale e permette di accedere a tutte le varie funzioni.

I comandi vengono impartiti tramite i tasti numerici (in questo caso da 1 a 6) e le relative voci le descriviamo qui di seguito.

Punto 1

Qui possiamo modificare la modalità di funzionamento del motore scegliendo tra:

- DISABLED motore disattivato;
- STEPPER funzionamento in modalità stepper (l'encoder non viene usato);
- CLOSED LOOP funzionamento in modalità servo con encoder.

La prima è utile per effettuare delle prove su una macchina connessa senza rischiare che il motore "parta" per conto suo mentre si sta lavorando; la seconda modalità disattiva l'encoder e ri-trasforma il sistema in un semplice driver con microstepping a 64 passi. L'ultima modalità è quella che ci interessa, ovvero il funzionamento retroazionato con l'encoder. Premendo ripetutamente il tasto 1 passerete da una modalità all'altra, cosa che sarà evidenziata dai due asterischi che circonda quella attiva (*DISABLED*, *STEPPER*, *CLOSED LOOP*).

Punto 2

Qui abbiamo la possibilità di modificare il posizionamento dell'encoder sul motore stesso; questo, infatti, andrebbe posizionato per comodità

SUL RETRO del motore, incollando il magnetino direttamente all'albero. In alcuni casi, per mancanza di spazio fisico (come accade per l'asse Y sulla 3DRAG) è necessario spostare l'encoder nella parte FRONTALE del motore; in questo modo si inverte però il senso di rotazione e, quindi, occorre informare il firmware della cosa.

Punto 3

Come per la posizione dell'encoder, a volte è necessario invertire il senso di rotazione del motore. Sempre prendendo la 3DRAG come esempio, in questo caso per poter realizzare la modifica abbiamo dovuto girare il motore dell'asse X, e quindi invertirne il senso di rotazione. Se in uno stepper normale, per farlo è sufficiente scambiare la polarità dei cavi di uno dei due avvolgimenti, nel caso del MotorFish questo NON è possibile, dovendo il sistema essere sincronizzato con l'encoder. Abbiamo quindi previsto la possibilità di invertire il senso tramite software tra ORARIO (CLOCKWISE) ed ANTIORARIO (COUNTERCLOCKWISE).

Punto 4

Tramite il punto 4 si accede al sottomenù di calibrazione:

MotorFish - CALIBRATION MENU

- 1) Run calibration (READ MANUAL FIRST!)
- 2) Dump calibration values
- 9) Erase calibration data

- 0) Return to main menu

Select function:

Qui abbiamo tre punti (oltre allo 0 per tornare al menù principale); tramite il primo **(1)** viene eseguito il ciclo di calibrazione, con il secondo **(2)** vengono stampati i valori di calibrazione e tramite il terzo **(9)** vengono cancellati tutti i dati di calibrazione. La calibrazione consiste nel far eseguire una rotazione completa al motore, step per step, confrontando i valori teorici della posizione (quelli ottenuti contando i passi, per intenderci!) con quelli rilevati dall'encoder, e costruendo una tabella di correzione da memorizzare nella EEPROM della scheda. Questi valori verranno poi utilizzati durante il funzionamento per correggere le letture dell'encoder e fornire una precisione maggiore. L'encoder magnetico ha, infatti, una RISOLUZIONE di 12 bit (4096 punti) per giro, cosa da non

confondere con la PRECISIONE, come detto ad inizio articolo. Come precisato nel menu, occorre fare attenzione prima di lanciare la procedura di calibrazione; questa infatti muove il motore (in direzione positiva) di un minimo di una rotazione completa fino a un massimo di due. Occorre quindi assicurarsi, prima di impartire il comando, che la meccanica sia in grado di eseguire tale spostamento senza danneggiarsi. Nel caso della 3Drag occorre spostare il piatto di stampa vicino allo zero, in modo che possa spostarsi liberamente in avanti. Una volta lanciato il comando, lo stepper inizierà a muoversi, prima ricercando la posizione dello zero fisico (quello corrispondente al punto zero dell'encoder) e poi eseguendo una rotazione completa leggendo in contemporanea le posizioni con l'encoder. A fine procedura verranno stampati gli errori minimi e massimi rilevati e verrà creata la tabella di correzione nella EEPROM.

È possibile ripetere la procedura di calibrazione più volte, anche se i valori utilizzati dal MotorFish saranno esclusivamente quelli dell'ultima esecuzione. A costo di sembrare ripetitivi, raccomandiamo di fare attenzione, attivando qualsiasi movimentazione, al connettore USB collegato alla scheda. Utilizzate quindi un fermo meccanico oppure la seconda interfaccia USB, come spiegato nelle pagine precedenti, che non comporta questi rischi.

Punto 5

Tramite questo punto si entra nel sottomenu PID, che permette di modificare i parametri di retroazione della nostra scheda:

MotorFish - PID MENU

- 1) Change motor current (2.50)
- 2) Change Kp value (20000)
- 3) Change Ki value (0)
- 4) Change Kd value (0)
- 5) Change integral damping factor (32200)

- 0) Return to main menu

Select function:

Qui possiamo modificare la corrente massima nel motore (punto 1, da 0 a 2,5 ampere), i 3 valori delle costanti dell'algoritmo PID (K_p = proporzionale, K_i =integrale e K_d =derivata), compresi tra -32767 e 32767 e, per ultimo, il valore di "attenuazione della componente integrale", da 0 a 32767. Quest'ultimo serve ad evitare che la storia "troppo



➔ Il controller montato dietro un motore NEMA17.



vecchia" della posizione del motore vada ad influenzarne la posizione attuale tramite il coefficiente **Ki**. In pratica, un coefficiente di damping pari a 32767 utilizza tutta la storia del motore tramite il coefficiente **Ki**; riducendo il fattore di damping la storia passata dopo pochi cicli viene "dimenticata". Il valore proposto, 32.200, è sufficiente a evitare l'influenza di valori troppo vecchi.

I 3 valori, come accennato ad inizio articolo, sono piuttosto sperimentali. Il valore più importante è il **Kp**, ovvero quello proporzionale, che va tenuto solitamente sopra i 5.000 (20.000 nel nostro caso, ma sperimentate!). Un coefficiente troppo alto porterà ad instabilità (la meccanica inizierà a vibrare vicino al punto di equilibrio senza raggiungerlo, un valore troppo basso non sarà sufficiente a compensare masse ed attriti, fornendo una precisione scarsa). Il coefficiente **Ki** (insieme al fattore di damping) gestisce la "storia degli errori" del motore, e permette di correggere posizioni molto vicine a quella finale. Va utilizzato un valore basso, solitamente tra 5 e 50, massimo 100. Un valore troppo grande porterà a grosse instabilità e vibrazioni attorno al punto di equilibrio. Il coefficiente **Kd** gestisce la "velocità di raggiungimento del punto di equilibrio". Nel nostro caso incide molto poco, visto che il punto di equilibrio è raggiunto molto rapidamente. Nelle nostre prove è risultato praticamente influente.

Punto 6

Tramite questo punto si accede al menu di test :

MotorFish - TEST MENU

- 1) Encoder test
- 2) Open loop stepper test
- 3) Closed loop stepper test

4) Speed/acceleration test

0) Return to main menu

Select function:

Tramite **1)** possiamo accedere al test del solo encoder; selezionandolo verrà stampata la posizione del motore sul monitor seriale; ruotando manualmente il perno vedrete i numeri cambiare.

La posizione non è limitata al singolo giro, ma prevede rotazioni multiple, sia in una direzione che in quella opposta. La posizione è rappresentata da un numero intero a 32 bit, con valori da +/-2147483648, corrispondenti a +/- 167772 giri completi del motore, valore più che sufficiente per qualsiasi applicazione pratica.

2) esegue un test di rotazione senza retroazione, quindi in funzionamento stepper normale; viene eseguito un giro in avanti, poi uno all'indietro, e via di seguito fino alla pressione di un tasto.

Sul monitor seriale vengono stampate le posizioni rilevate dall'encoder.

Eseguendo questo test vedrete che la corrente assorbita dal motore è elevata, e dipende dalla corrente impostata nel menu PID. Il funzionamento in modalità stepper prevede, infatti, l'applicazione della corrente massima al motore a prescindere dallo sforzo a cui è sottoposto il medesimo.

Fate quindi attenzione a non superare il valore ammissibile per il vostro motore, per non danneggiarlo; il driver è in grado, infatti, di fornire ben 2.5 ampere per avvolgimento. Una prova interessante da eseguire è bloccare manualmente l'albero motore. Sentirete il motore sforzare, saltellare e perdere passi, come succede sempre ai motori stepper quando vengono bloccati. I passi persi non vengono recuperati quando il blocco viene rimosso.

3) esegue un test in modalità servo, ovvero sfruttando l'encoder. Il test è praticamente identico a quello del punto **2**, con le due differenze di comportamento descritte qui di seguito.

- L'assorbimento di corrente sarà drasticamente minore: il motore assorbe, infatti, lo stretto necessario per mantenere la posizione richiesta. Se non è sottoposto a sforzo l'assorbimento si avvicina allo zero. Questo lo noterete in particolare modo se lo applicherete alla stampante 3d; i motori saranno sempre freddi, anche se imposterete la corrente al massimo.
- Bloccando manualmente l'albero noterete che la corrente assorbita aumenterà fortemente, e il motore sforzerà parecchio per cercare di

OGGETTI IOT, STAMPATI IN 3D

Nano Dimension ha dichiarato di aver stampato il primo dispositivo di comunicazione IoT al mondo in tempi ridottissimi; non si tratta di un modello ma di un dispositivo funzionante e testato, che consiste in prototipo di transceiver IoT. Il tutto realizzato in circa 12 ore, un tempo che è notevolmente inferiore rispetto a quello necessario per realizzare i dispositivi con metodo tradizionale (creazione del PCB, saldatura e lavorazioni accessorie).

Il dispositivo è stato realizzato da Nano Dimension utilizzando la stampante 3D DragonFly Pro.

Il dispositivo IoT realizzato misura 16 x 33 x 1,6 mm, è attualmente in fase di qualificazione e gli esperti di Nano Dimensions si aspettano che possa essere facilmente ed efficientemente implementato in un dispositivo di comunicazione a due vie (trasmettitore e ricevitore) come un router. Gli esempi sono tanti: smart TV in grado di ricordare che sta per iniziare il programma prescelto, frigoriferi smart in grado di comunicare che è finito il latte, giocattoli che chiedono di essere utilizzati.



raggiungere la posizione richiesta. Una volta rimosso il blocco, il motore "correrà" a raggiungere la posizione corretta senza perdere passi.

Nel caso della stampante, se il motore, durante il funzionamento, viene momentaneamente bloccato da un ostacolo (ad esempio un grumo di plastica che sbatte contro la testina), la stampa non verrà rovinata e non vi troverete "mezza stampa" traslata, ma solo un impercettibile errore locale.

Il 4) è il test più "pericoloso" della serie; il motore esegue un giro completo in senso positivo (orario o antiorario a seconda dell'impostazione nel menu principale) alla massima velocità, che verrà misurata in contemporanea e stampata sul monitor seriale. Il numero risultante da questo test non andrà considerato come velocità effettivamente raggiungibile dalla vostra meccanica, bensì come valore limite. Per fare un esempio, sulla nostra 3Drag viene un valore equivalente di circa 500 mm/secondo di spostamento del piatto, che è un valore spropositato; può però darvi un'indicazione di quanto potrete inserire come massimo nei parametri di configurazione della stampante, ad esempio un valore intorno al 30%-50% di quanto rilevato, ovvero 170-250 mm/secondo in questo caso.

CONCLUSIONI

Bene, con questo abbiamo terminato la descrizione del firmware e del test del controller retroazionato per motori passo-passo da eseguire dopo l'installazione del bootloader e il caricamento del firmware; prossimamente vedremo di pubblicare un articolo dove spiegheremo come installare MotorFish sui motori passo-passo della stampante 3Drag, cui abbiamo accennato nelle pagine precedenti. ■



Cosa occorre?

Il materiale utilizzato in questo progetto è disponibile presso Futura Elettronica. Il controller con retroazione per motori passo-passo (cod. MOTORFISH) è in vendita a Euro 55,00, il motore NEMA17 (cod. STEPMOT03) è disponibile a Euro 18,00.

I prezzi si intendono IVA compresa.

Il materiale va richiesto a:

**Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 - <http://www.futurashop.it>**



POWER METER

Realizziamo un ottimo misuratore di potenza dei segnali radio impiegabile sia al banco che sul campo. Prima puntata.

di FULVIO DE SANTIS

U

no strumento che non dovrebbe mancare in un laboratorio di elettronica è il Power Meter, perché le misure di potenza, in particolar modo alle alte frequenze, sono molto importanti per la caratterizzazione di un dispositivo elettronico. Si pensi ad esempio alla progettazione e al collaudo di apparati

quali trasmettitori a radio frequenza nel settore delle radio comunicazioni, strumenti di misura come i generatori di segnali e apparati di cui è necessaria la taratura anche del livello di potenza in uscita. Bene, in questo articolo vi proporremo il progetto di uno strumento in grado di misurare la potenza di segnali nel range di frequenze da 1MHz a 8 GHz. Sfrutteremo un circuito integrato dell'Analog Devices (AD) che consente la conversione in decibel del livello del segnale applicato al suo ingresso: si tratta dell'AD8318, un amplificatore logaritmico costituito da una serie di particolari amplificatori in cascata.

Prima di entrare nei dettagli di funzionamento di questo fondamentale componente del Power Meter, può essere utile una trattazione teorica di base dell'Amplificatore Logaritmico. Partiamo da un breve richiamo della funzione logaritmo dall'analisi matematica:

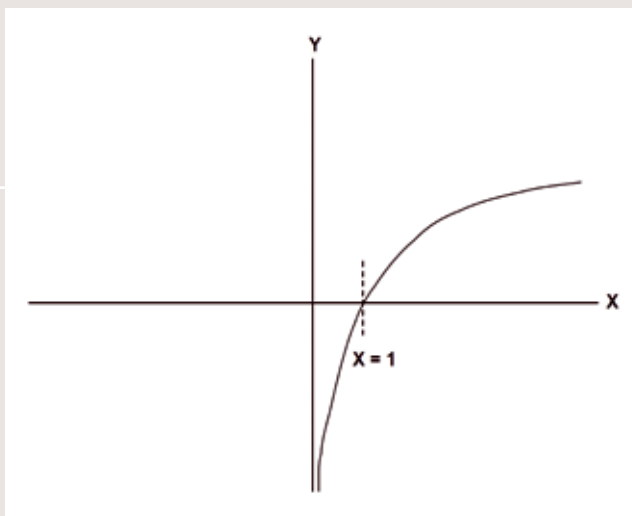
$$Y = \log(X)$$

Nella **Fig. 1** viene riportato il grafico della funzione logaritmo. Osserviamo che per valori di X tendenti a zero, il valore di Y tende a meno infinito, per $X=1$, la Y è uguale a zero ($\log 1 = 0$), infine, per X tendente a infinito, la Y tende a un valore finito.

Tornando all'equazione $Y = \log(X)$, se moltiplichiamo l'argomento X del logaritmo per un valore costante K , ovvero $Y = \log(KX)$, o anche, $Y = \log(K) + \log(X)$, il risultato sarà: $Y = K1 + X1$; per K^2 : $Y = 2K1 + X1$; per K^3 : $Y = 3K1 + X1$, e così via.

Nel caso di rapporto fra la costante K ed X , si avrà: $Y = \log(K/X)$, ovvero, $Y = \log(K) - \log(X)$, il risultato sarà: $Y = K1 - X1$; per K^2 , $Y = 2K1 - X1$; per K^3 , $Y = 3K1 - X1$, ecc. Da questo esempio si vede che a fronte di valori espressi nell'argomento del logaritmo, risultino valori di Y con progressione lineare. Ma l'andamento della funzione logaritmo non corrisponde proprio al comportamento di un amplificatore logaritmico. Per semplificare l'analisi e trasferirla in un ambito più pratico, supponiamo che l'ingresso e l'uscita dell'amplificato-

Fig. 1
Funzione
Logaritmo.



re logaritmico siano valori di tensione, ossia, V_{IN} sia la tensione di ingresso e V_{OUT} quella di uscita. La funzione di trasferimento che deve soddisfare l'amplificatore logaritmico deve essere:

$$V_{OUT} = V_Y \log(V_{IN}/V_X)$$

in cui V_Y è una costante che determina il valore della tensione di uscita V_{OUT} , mentre V_X è una costante di riferimento e di normalizzazione cui si riferisce la V_{IN} . V_X è espressa in volt perché l'argomento del logaritmo deve essere adimensionale. La peculiarità dell'amplificatore logaritmico è il grande range di tensioni di ingresso possibile (range dinamico), per un rapporto V_{IN}/V_X che può andare da 40 db a 120 db. Come si può rilevare dal grafico di **Fig. 1**, per valori di tensione di ingresso prossimi al risultato $V_{IN}=V_X$ ($X=1$), il grafico della funzione logaritmo tende ad essere lineare, ma

questa caratteristica si perde a causa del rumore dell'amplificatore logaritmico che di fatto limita la dinamica per bassi valori di tensione di ingresso. Consideriamo ora il grafico di **Fig. 2** in cui viene mostrato il comportamento reale e ideale dell'amplificatore logaritmico al variare della tensione di ingresso V_{IN} riportata in decade sull'asse orizzontale. La tensione di uscita V_{OUT} è rappresentata sull'asse verticale come il risultato del logaritmo in base 10, ossia, $V_{OUT}=V_Y \log(V_{IN}/V_X)$; il logaritmo in base 10 semplifica il calcolo in decibel.

Si noti che la pendenza della linea in volt/decade, è proporzionale a V_Y , che, come detto, determina il valore della V_{OUT} . Infatti, per $V_Y=1$, quando $V_{IN} = 10V_X$, il logaritmo vale 1 e la tensione di uscita corrisponde a V_Y ; con $V_{IN}=100V_X$, la tensione di uscita vale $2V_Y$, e così in via. Sappiamo che la funzione logaritmo è indeterminata per valori negativi dell'argomento, ma l'amplificatore logaritmico deve essere posto in grado di trattare tensioni di ingresso anche negative. L'amplificatore logaritmico può essere predisposto in tre modalità per trattare tensioni di ingresso negative:

- 1) l'amplificatore fornisce semplicemente una tensione di uscita fissa negativa di fondo scala, il cui andamento è mostrato in **Fig. 3**;
- 2) la tensione di uscita risulta proporzionale al logaritmo del valore assoluto della tensione di ingresso ($V_{IN}=|V_{IN}|$), come mostrato nel grafico di **Fig. 4**; in questo caso l'amplificatore logaritmico opera come un rivelatore full-wave;
- 3) il valore della tensione di uscita risulta proporzionale al logaritmo del valore assoluto della tensione di ingresso, ma ha lo stesso segno della tensione di ingresso (**Fig. 5**). Questo tipo di impostazione corrisponde ad un amplifica-

CARATTERISTICHE TECNICHE

- Frequenza d'ingresso:**
1MHz ÷ 8GHz
- Frequenza d'ingresso:**
da 1MHz a 4 GHz
(errore ± 2 dB)
- Potenza applicabile con errore ± 2 dB:**
da -55dBm a + 10 dBm
- Potenze massima applicabile:**
da -65 dBm a 10 dBm
- Risoluzione di misura:**
0,1 dB (ADC a 10 bit)
- Impedenza d'ingresso:**
50 ohm
- Valore assoluto massimo di potenza RF d'ingresso:**
+12 dBm
- Tensione di alimentazione:**
9÷12 Vcc
- Corrente assorbita:**
100 mA

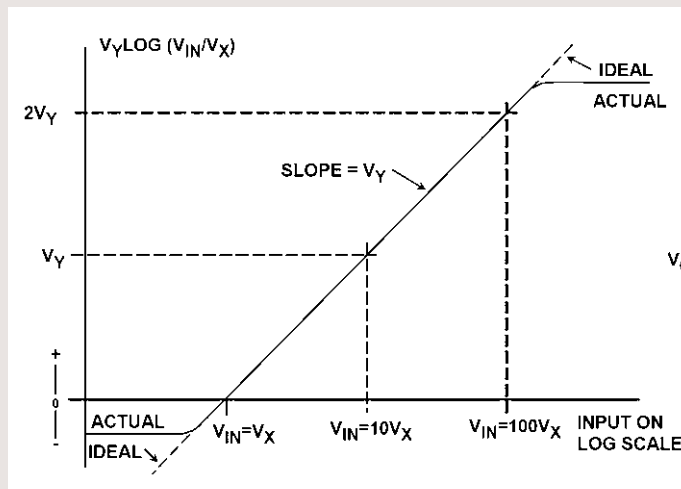


Fig. 2
Funzione di
trasferimento
dell'amplificatore
logaritmico.

$$V_{OUT} = V_Y \log_{10} \left| \frac{V_{IN}}{V_X} \right|$$

Fig. 3

Funzione di trasferimento di un amplificatore logaritmico. (l'amplificatore satura con tensioni di ingresso negative).

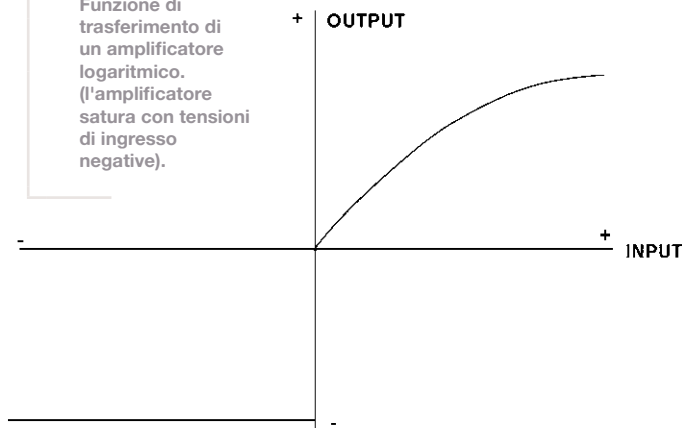
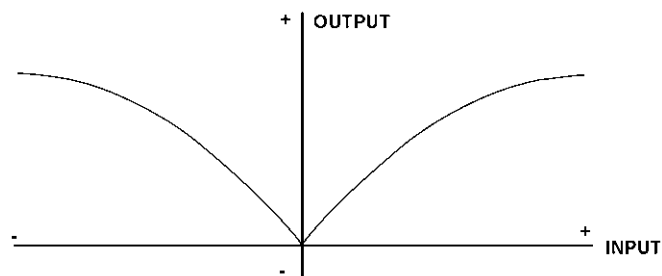


Fig. 4

Funzione di trasferimento di un amplificatore logaritmico con valore assoluto di V_{IN} e $V_{OUT} \geq 0$ (full-wave detector Log Amp).



tore video con caratteristica logaritmica, anche detto "true log amp".

ARCHITETTURE BASE DELL'AMPLIFICATORE LOGARITMICO

Ci sono tre architetture base per realizzare un amplificatore logaritmico: l'amplificatore logaritmico basato su diodo, quello a rivelazione successiva e il "true log amp" (basato su una cascata di amplificatori a semi-limitazione).

Nel primo caso, la tensione ai capi del diodo è proporzionale al logaritmo della corrente che lo attraversa, come mostrato dalla formula inserita nella **Fig. 6a**. Il grafico della figura 6a mostra l'andamento logaritmico della corrente al variare della tensione diretta applicata. Se il diodo viene posto nel ramo di retroazione di un amplificatore operazionale, come mostrato nella **Fig. 6b**, la tensione di uscita sarà proporzionale al logaritmo della corrente di ingresso dell'operazionale. L'architettura dell'amplificatore logaritmico basata su diodo inserito in retroazione in un amplificatore operazionale limita il range dinamico a non più di 40-60 dB a causa della caratteristica non ideale del diodo. Utilizzando al posto del diodo un transistor connesso come diodo nello stesso ramo di retroazione dell'operazionale (**Fig. 7**), la dinamica può superare i 120 dB.

Pur essendo migliorata l'architettura dell'amplificatore logaritmico, e di conseguenza il range dinamico mediante l'inserimento di un transistor nell'operazionale, si presentano alcuni svantaggi: la pendenza e il punto di intercetto della funzione di trasferimento sono soggetti alle variazioni di temperatura; la larghezza di banda dell'amplifica-

tore logaritmico è limitata e dipende dall'ampiezza della tensione di ingresso.

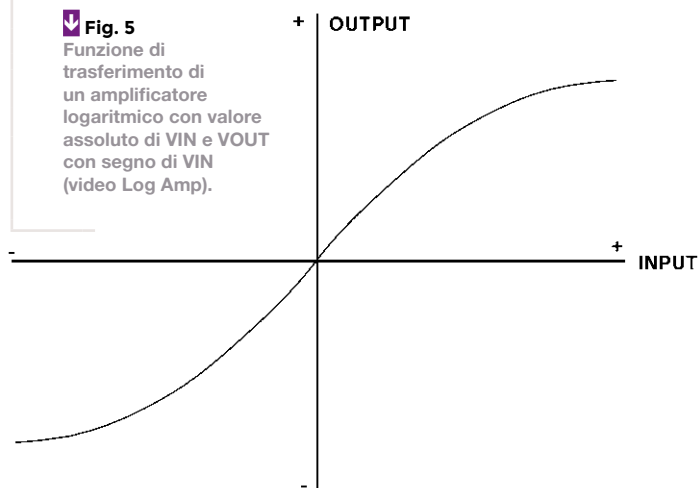
L'AMPLIFICATORE LOGARITMICO IN ALTA FREQUENZA

Fin qui si è fatta una descrizione dell'amplificatore logaritmico di base e le relative architetture. Quanto detto è possibile considerarlo valido finché si tratti di segnali di bassa frequenza all'ingresso dell'amplificatore logaritmico.

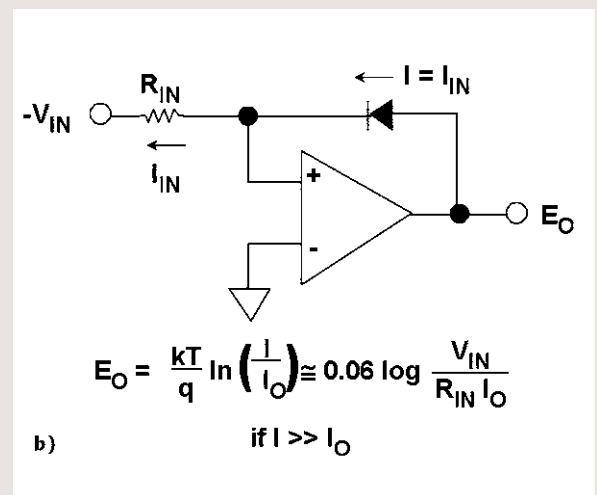
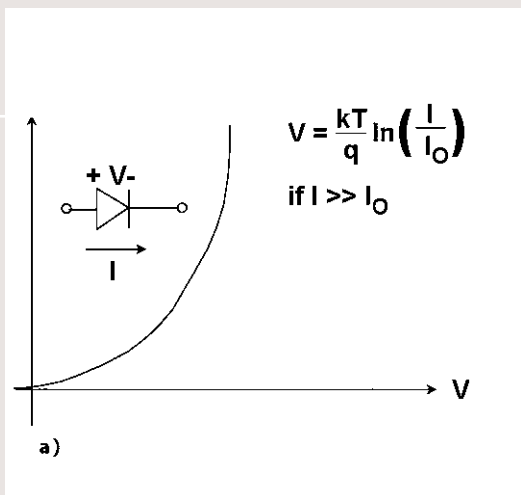
Nelle applicazioni alle alte frequenze, come nel caso del chip AD8318 impiegato nel progetto del nostro Power Meter, è necessario ricorrere ad architetture più complesse, in quanto, come abbiamo visto, le classiche configurazioni architetturali che prevedono l'impiego del diodo più amplificatore operazionale, oppure, transistor più amplifi-

Fig. 5

Funzione di trasferimento di un amplificatore logaritmico con valore assoluto di V_{IN} e V_{OUT} con segno di V_{IN} (video Log Amp).



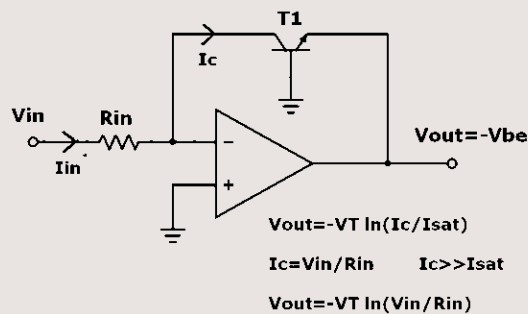
➔ Fig. 6
In a) la funzione
logaritmica
con diodo;
in b) l'amplificatore
logaritmico
con diodo e
operazionale.



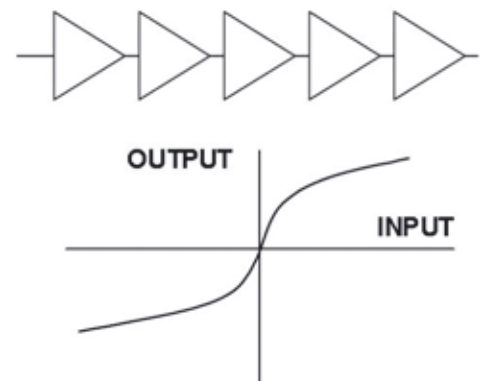
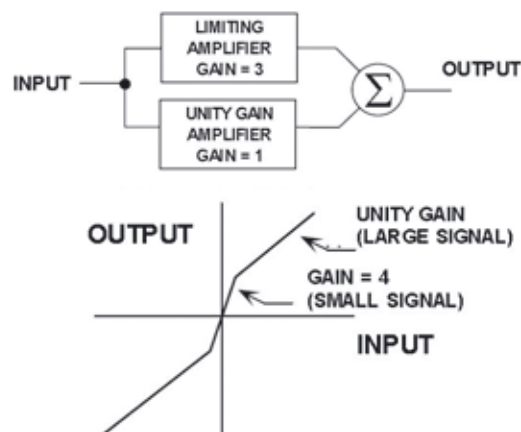
catore operazionale, soffrono di alcune limitazioni, specialmente riguardo l'impiego in alta frequenza, maggiormente a bassi livelli di tensione di ingresso. Come vedremo più in dettaglio più avanti, nelle applicazioni ad alta frequenza vengono impiegate architetture basate sulle configurazioni "log detector" e "true log", di cui abbiamo visto la caratteristica della funzione di trasferimento rispettivamente nelle Fig. 4 e Fig. 5.

I limiti nelle applicazioni dell'amplificatore logaritmico in alta frequenza sono causati principalmente dal ritardo di transito del segnale dall'ingresso all'uscita, in funzione del numero degli stadi impiegati per realizzare la cascata di amplificatori. Considerando un ritardo di t nanosecondi che introduce ogni stadio, il ritardo complessivo di N stadi sarà Nt . Inoltre, l'elemento peggiorativo di questo ritardo è dovuto all'effetto della non linearità degli amplificatori all'applicazione di grandi livelli di tensione che introducono un ulteriore ritardo al ritardo Nt . Una efficace soluzione per ridurre il ritardo, è di realizzare un'architettura basata su due vie parallele di transito del segnale e inviate all'ingresso di un sommatore, ovvero, una via per piccoli segnali amplificata di un fattore A , ad esempio $G=10$ dB, e una via per grandi segnali con guadagno unitario, $G=0$ dB. Uno schema di base di un'architettura del genere è mostrata a sinistra della Fig. 8, in cui viene anche riportato il grafico

➔ Fig. 7
Amplificatore
logaritmico con
transistor e
operazionale.



➔ Fig. 8
Struttura e prestazione
di un amplificatore
logaritmico True Log.



della risposta totale dell'amplificatore logaritmico. Osservando il grafico si può notare la linea spezzata il cui più ripido primo tratto è relativo alla risposta dell'amplificatore con guadagno per piccoli segnali, mentre l'altro tratto rappresenta l'andamento della risposta con guadagno unitario per segnali più ampi. A destra della **Fig. 9** è riportata la cascata di stadi amplificatori e l'andamento teorico della relativa risposta logaritmica.

La configurazione delle due succitate architetture prevede un certo numero di equivalenti stadi amplificatori in cascata (MULTISTAGE LOG AMPS) chiamati celle $A/1$, il cui principio si basa proprio sul concetto sopra descritto, con un ben definito comportamento relativamente all'applicazione di piccoli e di grandi livelli del segnale d'ingresso. La **Fig. 9a** riporta il sintetico schema di base dell'amplificatore logaritmico multistadio. La **Fig. 9b** mostra il comportamento della cella amplificatrice $A/1$. Finché la tensione d'ingresso alla cella è $V_{in} \leq E_K$, il guadagno in tensione V_{out}/V_{in} è A , mentre per valori maggiori di E_K il guadagno diventa unitario.

Nello schema sono mostrati quattro amplificatori tipo $A/1$, ma supponiamo che vi siano N amplificatori di tipo $A/1$, anch'essi con l'uscita collegata ad un circuito sommatore. Per piccoli segnali d'ingresso applicati alla cascata di amplificatori, ossia di livello di tensione minore o uguale a E_K , il guadagno totale della catena di amplificatori sarà NA , ovvero la tensione di uscita del primo stadio sarà $V_1 = AV_{in}$, l'uscita del secondo stadio $V_2 = A^2 V_{in}$, e così via fino all'uscita dell'ennesimo stadio $V_N = V_{in} A^N$.

Applicando una tensione E_K all'ingresso dell'ultimo stadio il guadagno di quest'ultimo varrà ancora A . In questo caso il valore di tensione all'ingresso del primo stadio, ossia della catena amplificatrice, sarà $V_{in} \leq E_K / A(N-1)$. Se il segnale d'ingresso del primo stadio viene incrementato portando la tensione d'ingresso dell'ultimo stadio ad un valore superiore a E_K , il guadagno dell'ultimo stadio diverrà unitario; non contribuendo più al guadagno di tutta la catena di amplificatori, il guadagno totale si ridurrà da NA a $(N-1)A$. Così sarà in sequenza per tutti gli stadi incrementando sempre più il segnale d'ingresso, fino al guadagno unitario del primo stadio e il guadagno totale diverrà unitario ($G=0$). L'intervento in linearità fino alla transizione di ogni stadio amplificatore, genererà un andamento pressoché rettilineo fino al punto di transizione al guadagno unitario dal quale seguirà un'altrettanto lineare

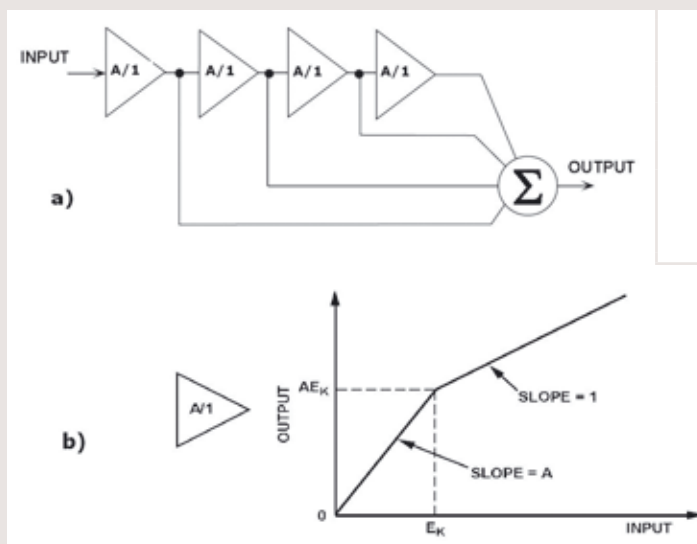


Fig. 9
In a) Architettura base dello amplificatore logaritmico multistadio; in b) Caratteristica del guadagno della cella $A/1$.

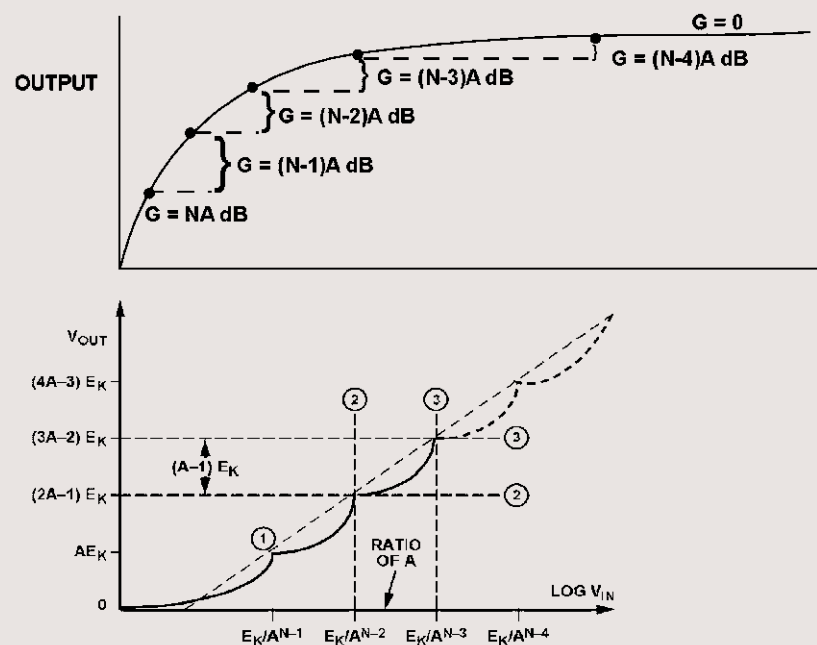
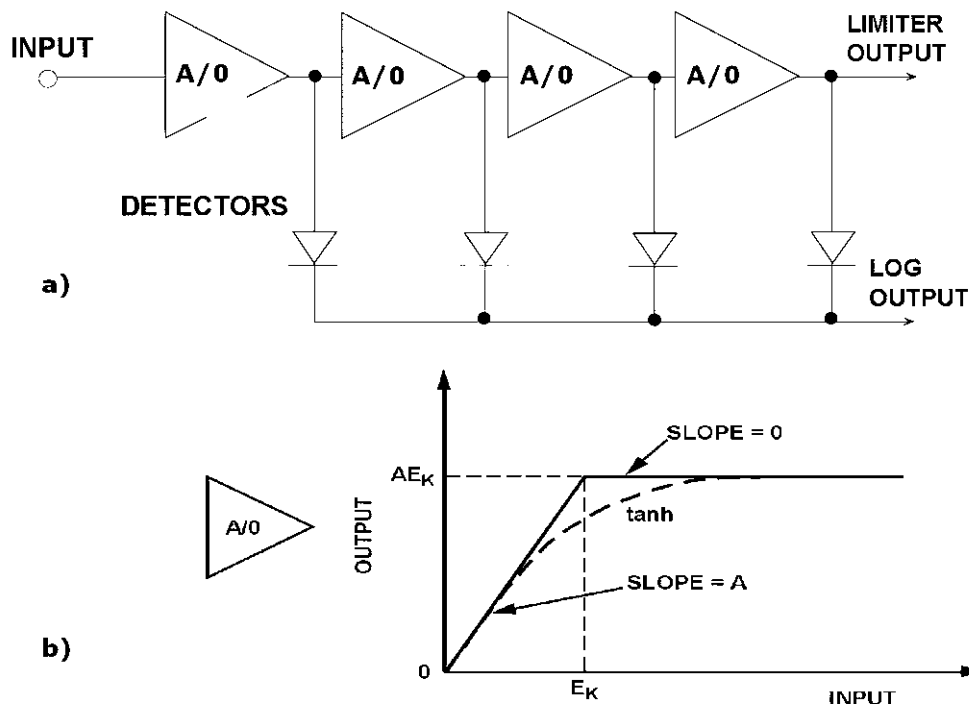


Fig. 10
Grafico ingresso-uscita dell'amplificatore logaritmico multistadio $A/1$.

andamento relativo allo stadio successivo e così via. Da quanto su detto, si calcola che il livello d'ingresso che causa la transizione al guadagno unitario di ogni stadio della catena amplificatrice, sarà $V_{in} > E_K / A(N-1)$. Il grafico di **Fig. 10** mostra l'andamento complessivo del guadagno in db di V_{out}/V_{in} della catena di amplificatori $A/1$, ottenuto dall'unione di tutti i tratti rettilinei, realizzando così, con buona approssimazione, un andamento tipico della funzione di trasferimento logaritmica. Sotto il grafico viene mostrata la corrispondente risposta ingresso-uscita in tensione, in cui sono

Fig. 11
a) architettura
dell'amplificatore
logaritmico
Successive
Detection
(A/O sono gli
amplificatori
limitatori).
b) risposta
ingresso-uscita
della cella A/O.



indicati i punti di transizione del guadagno da A a 1. La linea tratteggiata rappresenta l'andamento teorico logaritmico dell'amplificatore multistadio. Rilevando l'intervallo della variazione lineare di V_{out} rispetto all'intervallo di una decade di V_{in} fra i punti di transizione 2 e 3 del grafico, ossia, rispettivamente $(A-1)E_k$ e $[E_k/A(N-3) - E_k/A(N-2)]$ che riportato in db risulta $\log_{10}(A)$, la **pendenza VY** dell'andamento della risposta, già presente nella $V_{OUT} = VY \log(V_{IN}/V_X)$ già discussa all'inizio dell'articolo, viene calcolata così:

$$VY = \Delta V_{out} / \Delta V_{in} = (A-1)E_k / \log_{10}(A) \text{ V/dB.}$$

Da questo risultato possiamo rilevare che la pendenza VY viene determinata esclusivamente dal guadagno A e dalla tensione di transizione E_k , mentre N, il numero di stadi della cascata di amplificatori, non risulta essere coinvolto nell'impostazione del valore della pendenza. Ad esempio, si consideri $A=5$ e $E_k=100 \text{ mV}$, la pendenza avrà un passo di 572,3 mV per decade (572,3 mV/20 dB=28,6 mV/dB). A questo punto manca il parametro V_x che, ricordiamo, rappresenta il punto di intercetto della risposta logaritmica dell'amplificatore, ossia, il valore della tensione di ingresso in corrispondenza della quale la tensione di uscita è nulla. Teoricamente, in assenza di rumore e di offset della funzione, si ha $V_x = V_{in} = 0$. Normalmente i parametri VY e V_x vengono forniti dai datasheet

dei costruttori dei chip amplificatori logaritmici. In definitiva, la risposta dell'amplificatore logaritmico multistadio dimostra la fondamentale peculiarità di poter trattare un grande range di livelli del segnale d'ingresso a fronte di una risposta lineare della tensione di uscita. Per l'ottimale realizzazione di un amplificatore logaritmico nelle applicazioni ad alta frequenza, occorre un elevato guadagno, ovvero, un elevato prodotto guadagno-larghezza di banda (GBW).

È importante considerare l'ottimale scelta del guadagno di una cella amplificatrice in quanto ciò è determinante per il regolare andamento logaritmico. In genere viene scelto un guadagno intorno ai 10-15 db per stadio.

AMPLIFICATORE LOGARITMICO SUCCESSIVE DETECTION

L'architettura *Successive Detection* (o a *Compressione Progressiva*) è la più utilizzata nelle applicazioni in alta frequenza dell'amplificatore logaritmico. Considerando che è l'architettura su cui si basa il funzionamento dell'integrato AD8318, elemento fondante del progetto del Power Meter.

Come mostrato nella **Fig. 11a**, lo schema dell'architettura "Successive Detection" si compone di una serie di amplificatori limitatori in cascata di tipo A/O o cella A/O, all'uscita di ognuno dei quali è collegato un detector, semplificato con un diodo. A differenza della cella A/1 impiegata negli stadi

amplificatori dell'architettura di base per le basse frequenze, nella cella A/O il superamento della tensione di ingresso E_k provoca un brusco netto guadagno zero, comportandosi effettivamente come un limitatore. Come è possibile notare nella **Fig. 11b**, finché la tensione di ingresso allo stadio A/O si mantiene al di sotto del valore E_k , la pendenza della funzione è caratterizzata dal guadagno A ; immediatamente dopo aver superato la soglia E_k , l'amplificatore limita portando nettamente a zero il guadagno. La decisa limitazione dello stadio A/O, rende questa tipologia di amplificatore limitatore più efficace alle alte frequenze per il ridotto tempo di transito del segnale lungo la cascata di amplificazione. A differenza delle altre tipologie multistadio su descritte, video log e true log, questa volta le uscite dei vari stadi non vengono inviate ad un circuito sommatore, bensì la somma delle varie uscite viene realizzata collegando insieme le uscite in corrente di tutti i detector. Si tenga conto che i detector non sono dei semplici diodi, ma sono elementi circuitali in grado di fornire una corrente di uscita in funzione della tensione del segnale proveniente dall'uscita degli amplificatori. La corrente totale, somma delle correnti dei vari detector, viene convertita in tensione da un circuito convertitore corrente-tensione. Si osservi inoltre, che questa architettura prevede in genere due uscite: una logaritmica ed una dalla catena di amplificatori limitatori. L'uscita dei limitatori può non essere presente, come nel caso dell'integrato AD8318 che prevede solo l'uscita detector.

In generale, le specifiche che occorre considerare di un amplificatore logaritmico sono: il rumore, il range dinamico, la risposta in frequenza, la pendenza della caratteristica di trasferimento espressa in V/dB, il punto di intercetto, ossia il livello d'ingresso per cui la tensione di uscita è uguale a zero, infine, la linearità dell'andamento logaritmico della risposta ingresso-uscita dell'amplificatore, ossia, l'errore dell'andamento logaritmico reale rispetto a quello teorico.

IL RIVELATORE LOGARITMICO AD8318

L'AD8318 è un amplificatore-rivelatore logaritmico ad onda intera, basato sull'architettura "Successive Detection", ma privo dell'uscita dei limitatori. Il principio di funzionamento prevede la conversione in dB del livello di tensione di un segnale RF d'ingresso attraverso il calcolo in scala della tensione di uscita dall'amplificatore. L'integrato è costituito da nove stadi amplificatori

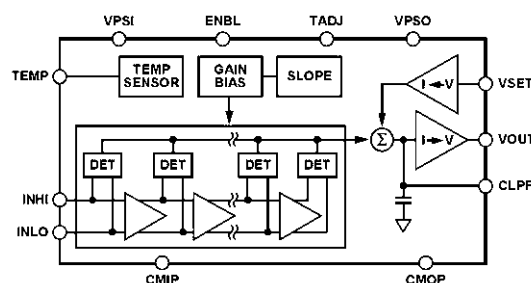


Fig. 12
Schema
a blocchi
semplificato
dell'AD8318.

limitatori in cascata alle cui uscite è collegato un detector, connesso anche ai due ingressi del segnale. Le uscite in corrente dei detector sono sommate ed inviate ad un convertitore corrente-tensione. Lo schema blocchi interno semplificato dell'integrato è mostrato nella **Fig. 12**.

Qui vediamo che la tensione RF applicata all'ingresso INHI viene amplificata da ogni stadio e trasformata dai detector in corrente il cui valore medio incrementa con l'aumento del livello di tensione del segnale RF. Al nodo di somma viene così realizzata la funzione $ID \log_{10}(V_{IN}/V_{INTERCEPT})$ la quale esprime il risultato della conversione in corrente della potenza in dBm del segnale RF di ingresso. Il termine ID della formula rappresenta la corrente dei detector impostata internamente che definisce per default la pendenza della risposta logaritmica. V_{IN} è la tensione di ingresso del segnale RF, $V_{INTERCEPT}$, come già detto in precedenza, è il valore di tensione di riferimento della tensione di ingresso in corrispondenza del quale la tensione di uscita è nulla.

La tecnica impiegata di compressione progressiva del segnale d'ingresso su cui si basa il funzionamento dell'integrato AD8318, in un range dinamico di 60 dB del segnale d'ingresso su un'impedenza di 50 ohm, per frequenze da 1 MHz a 4 GHz con un errore di ± 1 dB e anche fino a 8 GHz con buone prestazioni ma con errore maggiore, con-

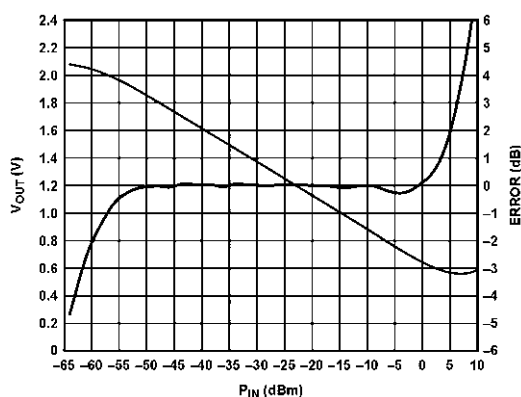
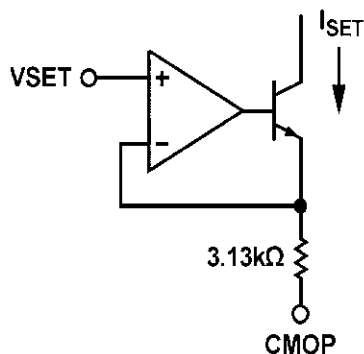


Fig. 13
Tipica risposta
logaritmica
dell'AD8318 in
funzione della
potenza di ingresso
alla frequenza di
5,8 GHz.

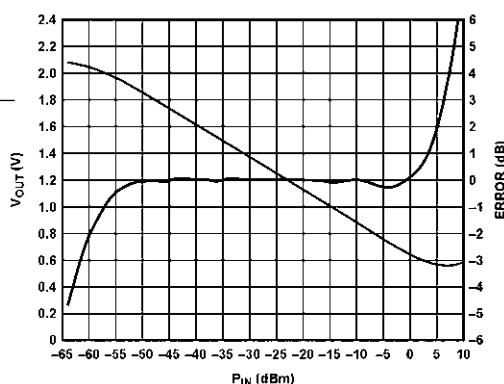
→ Fig. 14
Interfaccia VSET.



sente di effettuare misure dei livelli di segnali RF (**Modalità Misure**), oppure di controllare amplificatori con guadagno controllato in tensione (VGA) (**Modalità Controllore**). Un sensore di temperatura interno con sensibilità di 2 mV/°C, è in grado di monitorare la temperatura esterna ambientale e di agire sul guadagno della cascata di amplificatori per compensare le escursioni termiche, garantendo così una grande stabilità del punto di intercetto logaritmico del sistema. L'andamento caratteristico della tensione di uscita in funzione del segnale RF di ingresso, è decrescente con una pendenza di -25 mV/db tipici. Dal datasheet dell'AD8318, nella Fig. 13 è riportato il grafico dell'andamento logaritmico della tensione di uscita dell'amplificatore in funzione della potenza di ingresso di un segnale alla frequenza di 5,8 GHz. Nello stesso grafico è riportato anche l'errore, ovvero lo scarto della risposta rispetto ad un andamento teorico. Si osservi come l'errore della tensione di uscita sia contenuto entro ± 1 db per un range della potenza d'ingresso di circa 60 db (riferita a segnali d'ingresso ad onda continua CW ed impedenza di 50 ohm).

Considerando l'impiego dell'AD8318 ad alta frequenza fino a 8 GHz, occorre attenzione nel collegamento dei pin dell'integrato, in particolar modo

→ Fig. 15
Tipica risposta ed errore VOUT(V)-PIN(dBm).



per quelli di alimentazione. I pin **VPSI** e **VPSO**, relativi rispettivamente all'alimentazione positiva della circuiteria d'ingresso e dei driver di uscita a basso rumore della Vout, devono essere connessi allo stesso potenziale positivo. I pin **CMIP** e **CMOP** sono i pin comuni rispettivamente della circuiteria d'ingresso e di uscita; devono essere collegati al piano di massa del circuito. L'applicazione tipica prevede un valore di alimentazione compreso fra 4,5 V e 5,5 V ai pin VPSI e VPSO, a cui devono essere connessi verso massa, con minor distanza da essi possibile, dei condensatori di disaccoppiamento dell'alimentazione da 100 pF e 0,1 μ F. È sufficiente una sola coppia di questi condensatori per i pin 3-4 VPSI adiacenti. Il pin **ENBL** abilita il funzionamento dell'integrato mediante l'applicazione ad esso di un un livello alto, mentre un livello basso pone l'integrato nella modalità sleep. Il segnale RF di ingresso all'integrato deve essere applicato mediante accoppiamento capacitivo fra il pin **INHI** e il pin **INLO** (connesso a massa per il segnale). Per il collegamento in AC dei pin INHI e INLO, l'AD consiglia un condensatore da 1 nF ceramico della serie 0402, idoneo per frequenze da 1 MHz a 8 GHz, saldato più vicino possibile ai pin INHI e INLO. Una resistenza di 52,3 Ω posta fra questi due pin assicura un'impedenza d'ingresso di 50 Ω per tutta la banda di funzionamento. Dal pin **VOUT** si ha l'uscita dell'amplificatore logaritmico, ossia la tensione ottenuta dalla conversione in tensione della corrente all'uscita dei detector. Si consideri che all'interno dell'integrato è presente un resistore di 10 ohm posto in serie dallo stadio di uscita al pin VOUT. Pertanto, nelle applicazioni in cui si vogliano pilotare carichi di 50 ohm occorre inserire un resistore esterno da 40 ohm fra l'uscita VOUT e l'ingresso del carico; il resistore aggiuntivo deve essere collegato più vicino possibile al pin VOUT. Il pin **CLPF** (Loop Filter Capacitor) viene utilizzato in alcune applicazioni per inserire un'ulteriore filtraggio della tensione VOUT collegandovi un condensatore. L'applicazione di un condensatore sul pin CLPF degrada il tempo di risposta dell'integrato che infatti, lasciando scollegato questo pin, può avere un rise/fall time di 10 ns per una variazione del livello di potenza del segnale di ingresso dal rumore a 0 dBm. Il pin d'ingresso **VSET** (Voltage Set point) imposta la pendenza della risposta dBm-VOUT dell'amplificatore logaritmico.

AD8318 IN MEASUREMENT MODE

Nella modalità **Modalità Misure**, il pin d'ingresso

The diagram illustrates an automatic gain control (AGC) system. It features two main integrated circuits: the AD8367 VGA and the AD8318.

- AD8367 VGA:** This variable gain amplifier receives an **RF INPUT SIGNAL** at its **INPT** pin. Its **VPOS** pin is connected to **+3V** and its **GND** pin to ground. The **GAIN** pin is connected to a voltage divider consisting of a **261Ω** resistor (**R2**) to ground and a **1kΩ** resistor (**R1**) to the **VOUT** pin of the AD8318. The **VOUT** pin of the AD8367 is connected to a **0.1μF** capacitor, followed by a **174Ω** resistor in series with a **57.6Ω** resistor to ground. The **HPFL** pin is connected to a **100pF** capacitor (**C_{HP}**) and a **100Ω** resistor (**R_{HP}**) to ground.
- AD8318:** This automatic gain control (AGC) block has its **VPOS** pin connected to **+5V** and its **GND** pin to ground. The **VSET** pin is connected to the **VOUT** pin of the AD8367. The **CLPF** pin is connected to a **100pF** capacitor (**C_{FLT}**) to ground. The **INHI** pin is connected to a **1nF** capacitor to ground, and the **INLO** pin is also connected to a **1nF** capacitor to ground.
- Control and Filtering:** A **DAC** (Digital-to-Analog Converter) provides a **SETPOINT VOLTAGE** to the **VSET** pin of the AD8318. The output of the AD8367, after the **174Ω** resistor, passes through a **100MHz BANDPASS FILTER** before being labeled as the **RF OUTPUT SIGNAL**.

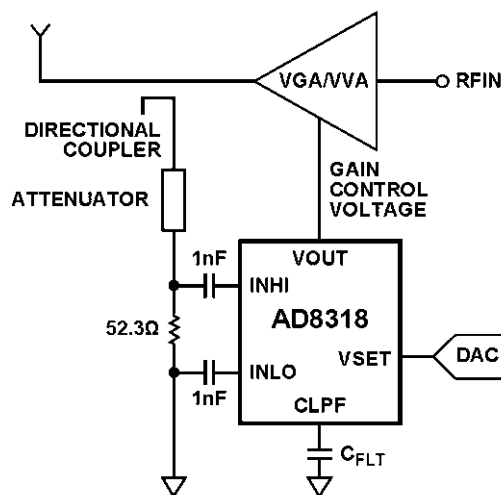


Fig. 16
Esempio di
applicazione
dell'AD8318
in Modalità
Controllore.

misure, il pin VSET viene collegato direttamente al pin VOUT (P=1), dando luogo proprio alla corrente di default ID che convertita in tensione corrisponde ad una pendenza di default di -25 mV/dB (-500 per decade, ovvero, -25 mV*20 dB). Volendo meglio chiarire con un esempio, supponiamo di voler riportare al pin VSET una tensione pari a VOUT/2, quindi P = 2; allora la pendenza sarà impostata a -500 mV*2=-1 V/decade, ossia, -50 mV/dB.

La corrente logaritmica all'uscita del nodo sommatore, successivamente al condizionamento operato dalla tensione VSET, viene applicata

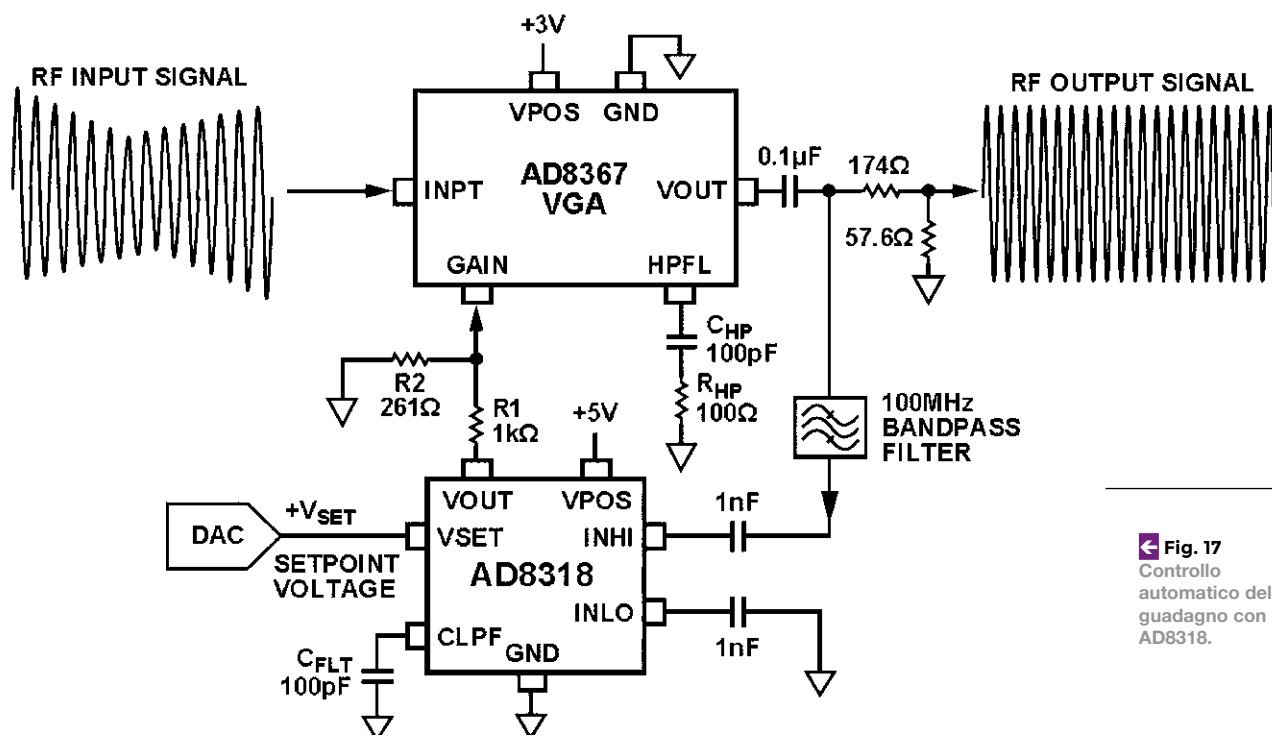
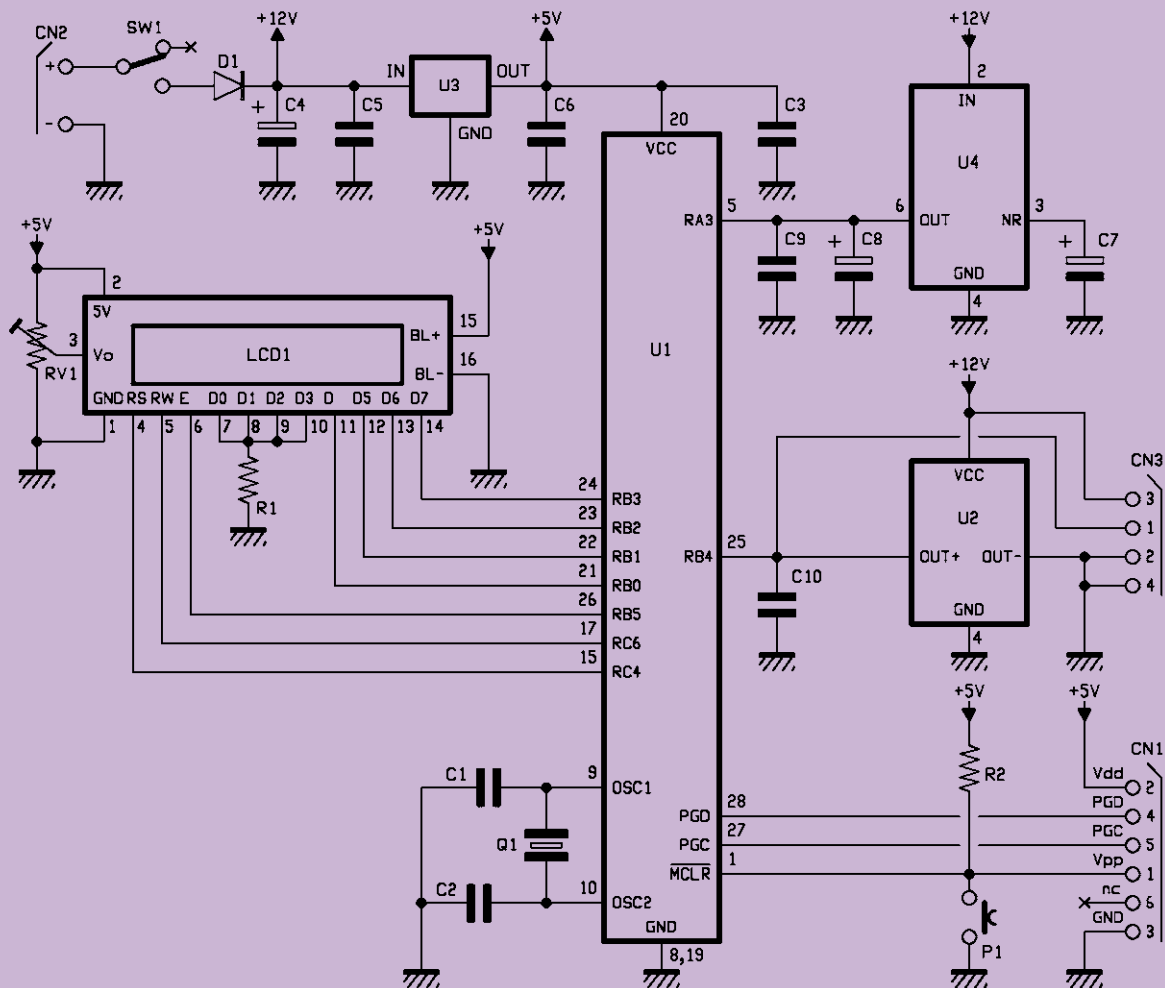


Fig. 17
Controllo
automatico del
guadagno con
AD8318.



all'ingresso di un convertitore corrente-tensione alla cui uscita, ossia, al pin VOUT, in generale, sarà disponibile una tensione pari a:

$$V_{OUT} = -25 \text{ mV/dB} \cdot P \cdot 20 \cdot \log_{10}(V_{IN}/V_{INTERCEPT})$$

La **Fig. 15** riporta il grafico dell'andamento lineare della V_{OUT} e la curva dell'errore di misura in funzione della tensione d'ingresso espressa in dBm. Si noti la pendenza negativa e l'andamento rettilineo della risposta logaritmica. È da considerare che il punto d'intercetto varia in funzione della frequenza del segnale RF di ingresso, come è possibile verificare dal datasheet. La pendenza della funzione di trasferimento può essere aumentata tarando i mV per dB. Occorre però considerare che aumentando la pendenza si riduce il range dinamico con conseguente ripercussione sui valori minimo e massimo della tensione di uscita V_{OUT} determinati dal fattore di scala X della VSET. Il valore minimo della tensione di uscita è $V_{OUT(MIN)} = X \cdot V_{OFFSET}$, in cui X è una parame-

tro di impostazione della V_{OUT} e V_{OFFSET} è un valore fisso pari a 0,5 V impostato internamente e aggiunto al livello del segnale di uscita generato dalla somma delle correnti dei detector. Il valore massimo della V_{OUT} è $V_{OUT(MAX)} = 2.1 \text{ V} \cdot X$ ma non può superare il livello di tensione corrispondente a 400 mV al di sotto della tensione di alimentazione positiva, ovvero, $V_{OUT(MAX)} < (+VDC - 0,4 \text{ V})$, di conseguenza:

$$X \geq (+VDC - 0,4 \text{ V}) / (2.1 \text{ V})$$

Come si può osservare ancora nella **Fig. 16**, per $X = 1$, l'escursione della tensione di uscita va da 0,5 V (V_{OFFSET}) a 2,1V. In definitiva, il valore della tensione di uscita deve essere vincolato dalla relazione $V_{OUT(MIN)} < V_{OUT} < V_{OUT(MAX)}$.

AD8318 IN MODALITÀ CONTROLLORE

Sebbene nel progetto del Power Meter l'AD8318

venga impiegato nella Modalità Misure, vale la pena spendere qualche parola nella descrizione dell'uso di questo integrato nella modalità di controllore. In questa modalità, l'AD8318 può effettuare il controllo del guadagno di amplificatori di potenza (PA), amplificatori a guadagno variabile (VGA), ma anche di attenuatori variabili controllati in tensione (VVA). Nelle applicazioni in cui l'AD8318 viene impiegato nella Modalità Controllore, la configurazione circuitale è diversa rispetto alla Modalità Misure. Infatti, non è più presente il collegamento fra il pin VSET ed il pin VOUT; il pin VSET viene utilizzato per impostare la tensione di controllo della tensione di uscita VOUT la quale, a sua volta, controlla il guadagno di un amplificatore o l'attenuazione di un attenuatore variabile, come mostrato in **Fig. 16**.

Il detector RF d'ingresso dell'AD8318 (pin INHI) viene collegato all'uscita dei dispositivi controllati, l'uscita VOUT all'ingresso di controllo, VSET ad una sorgente di tensione, corrispondente nell'esempio all'uscita analogica di un DAC. In sintesi, l'AD8318 impiegato nella **Modalità Controllore** opera come amplificatore di errore, ovvero, la tensione di uscita VOUT viene regolata affinché il livello d'ingresso RF al pin INHI corrisponda al valore di tensione applicato (impostato) al pin VSET. Inoltre, per assicurare una buona stabilità del loop di controllo, la configurazione circuitale nella Modalità Controllore deve prevedere

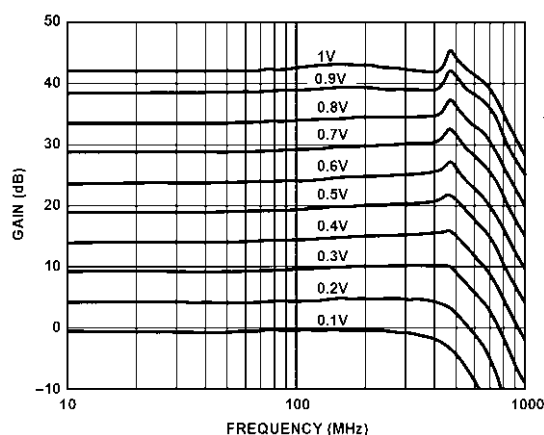


Fig. 18
Guadagno
dell'AD8318
in funzione
della frequenza
e di V_{SET}.

re l'inserimento di un condensatore fra il pin CLPF e massa. Questo condensatore integra il segnale di errore per impostare la larghezza di banda del Loop. Considerando che ad una diminuzione della tensione su VSET corrisponde un aumento della tensione VOUT, il dispositivo controllato deve avere l'ingresso di controllo sensibile ad incrementi positivi in quanto, ad incrementi positivi della tensione di controllo, devono corrispondere incrementi di guadagno (o attenuazione) del dispositivo controllato.

Un altro più pratico esempio dell'AD8318 impiegato nella Modalità Controllore, è mostrato nella **Fig. 17**, dove l'AD8318 realizza il Loop di controllo sull'amplificatore VGA AD8367. L'AD8367 ha

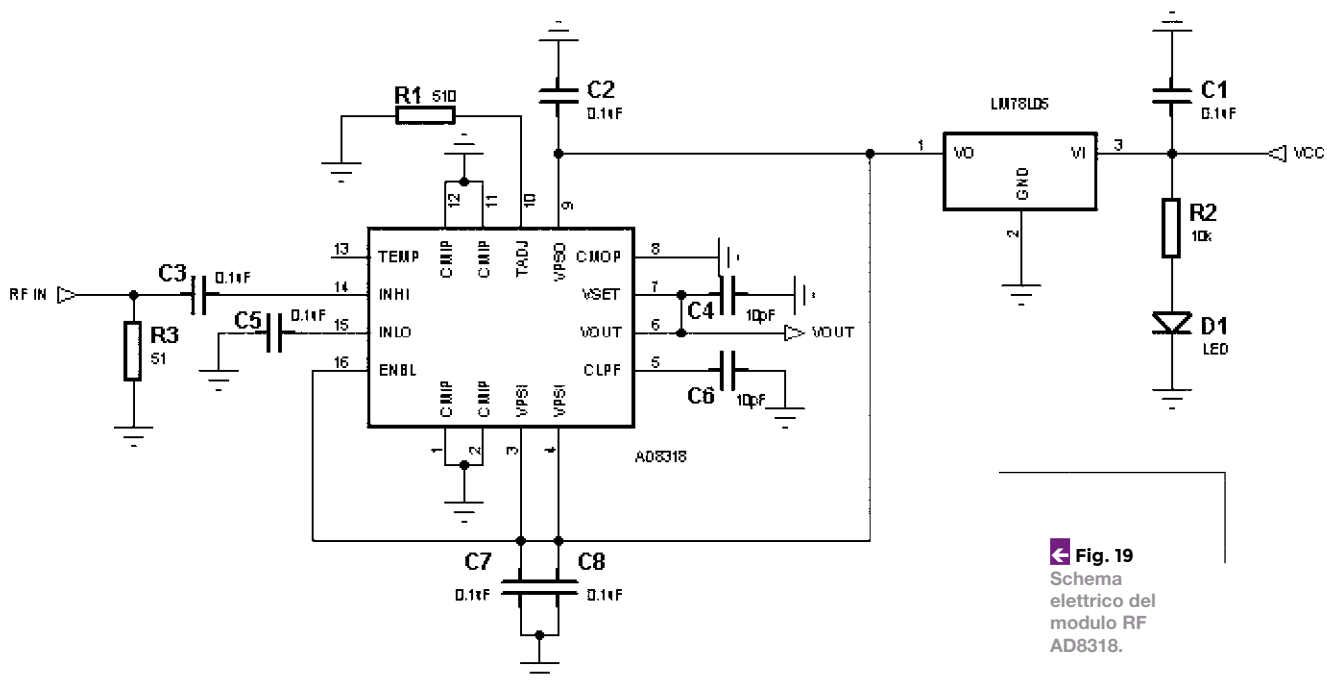
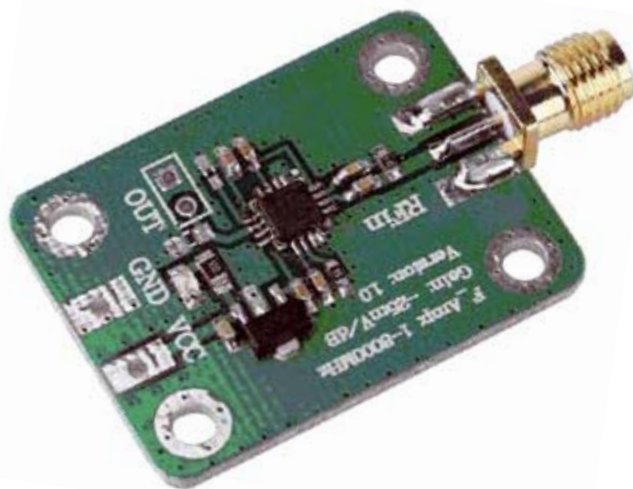


Fig. 19
Schema
elettrico del
modulo RF
AD8318.

➔ **Fig. 20**
Modulo
AD8318.



un range dinamico di guadagno di 45 db su una banda che va dalla BF a 500 MHz.

Il controllore AD8318 viene utilizzato per realizzare la funzione di controllo automatico del guadagno (AGC) dell'amplificatore. La tensione di uscita VOUT dell'AD8318 viene applicata al pin di controllo del guadagno "GAIN" del VGA, con una caratteristica della pendenza "lineare-dB" di 20 mV/dB, da 50 mV corrispondenti a -2,5 dB fino a 1 V per +42,5 dB di guadagno. La **Fig. 18** riporta il grafico del guadagno dell'AD8367 in funzione della frequenza per diversi valori di tensione applicata al pin Gain. Il livello variabile di ingresso dell'amplificatore viene così automaticamente "stabilizzato" in uscita, ossia, fissato dal valore di tensione impostato sul pin VSET dell'AD8318. Infatti, la tensione di uscita VOUT dell'AD8318, corrispondente alla VGAIN, controllata da VSET, va a modificare il guadagno dell'amplificatore finché il livello del segnale RF di uscita raggiunge il valore impostato da VSET. Come è possibile osservare nella **Fig. 19**, non è presente la resistenza di adattamento di 53,6 Ω già presente nella configurazione di **Fig. 16**, in quanto l'amplificatore VGA AD8367 è in grado di pilotare carichi $\geq 200 \Omega$.

SCHEMA ELETTRICO

Il Power Meter è costituito sostanzialmente dal microcontrollore PIC 18F26K20 U1 e dal modulo RF AD8318 (U2). Il PIC gestisce il display LCD utilizzato per la lettura della potenza del segnale applicato al modulo RF e, mediante l'utilizzo di una porta I/O (RB4) configurata come ingresso analogico, realizza la conversione analogica-digitale della tensione continua di uscita dal modulo RF corrispondente alla potenza d'ingresso del segnale. Per questa conversione viene applicata

all'ingresso RA3/VREF+ del PIC una tensione di riferimento di 2,5 V ad alta precisione fornita dall'integrato U4 MAX6225ACPA+ della Maxim. La scheda deve essere alimentata da un alimentatore esterno di tensione compresa fra 9 e 12 V connesso al connettore CN2 e applicata mediante lo switch SW1 al regolatore di tensione U3 LM7805 e all'integrato MAX6225ACPA+. Il modulo RF si collega alla scheda mediante il connettore CN3. Il connettore CN1 è il connettore di servizio disponibile per la programmazione ed il debug del firmware del PIC. Il pulsante P1 permette il reset dello strumento.

La **Fig. 19** mostra lo schema elettrico del Modulo RF, contenente l'integrato AD8318. Si noti che al suo ingresso RF è presente un resistore di 51 ohm che garantisce un'impedenza di 50 ohm per tutto il range di frequenze di specifica.

Il modulo (lo vedete in **Fig. 20**) è realizzato con componentistica SMD ed è dotato di un connettore SMA per l'ingresso della RF da misurare. Fra i contatti OUT e GND otteniamo una tensione continua (VOUT) proporzionale alla potenza RF in ingresso. L'alimentazione esterna del modulo deve essere applicata ai contatti GND-VCC.

Le caratteristiche di questo modulo sono:

- Frequenza d'ingresso: da 1MHz a 8GHz;
- Potenza d'ingresso: da -65dBm a + 10dBm;
- Impedenza d'ingresso: 50 ohm;
- Pendenza di rilevamento: -25mV/dB (tipica);
- Tensione di uscita di rilevamento: 0,5-2,1 V (tipici);
- Tensione di alimentazione: 7-15 VDC.

CONCLUSIONI

Bene, per questa prima punta ci fermiamo qui; proseguiremo il discorso nella seconda e ultima, spiegando come realizzare lo strumento di misura basato sul modulo RF e quali procedure eseguire per il collaudo. □



Cosa occorre?

I componenti utilizzati in questo progetto sono facilmente reperibili. Il modulo con AD8318 (cod. MODAD8318) è in vendita a Euro 29,00 presso Futura Elettronica. I prezzi si intendono IVA compresa.

Il materiale va richiesto a:

Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 - <http://www.futurashop.it>

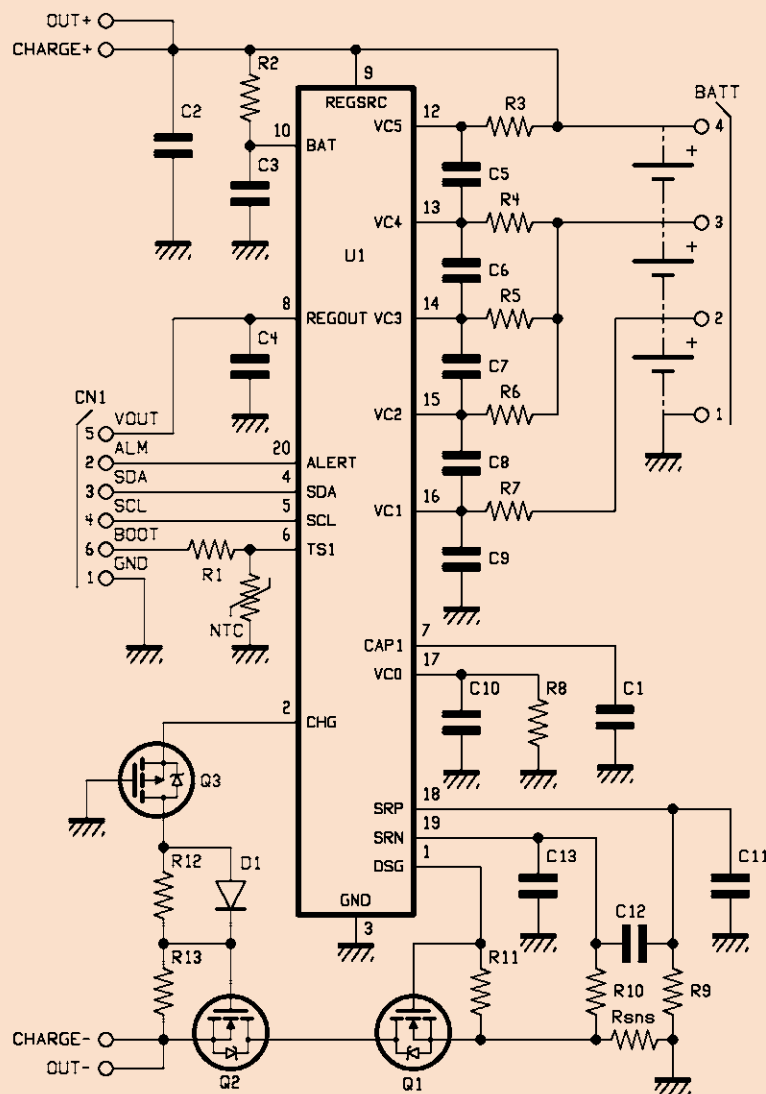
CARICABATTERIE LiPo

di **ALESSANDRO
SOTTOCORNOLA**

Completo caricatore
in formato
breakout board
basato sull'integrato
BQ76920, in grado
di gestire da 3 a 5
celle.



La carica delle batterie al litio, siano esse comuni Li-ion, LiPo o LiFePO₄, richiede particolari accorgimenti che la rendono più difficoltosa e delicata di quanto non sia in accumulatori come quelli al piombo (che basta mettere sotto tensione con un blando limitatore di corrente) e NiCd o NiMH; questo, sia perché la chimica delle "ioni di litio" è più esigente di quelle delle altre batterie, sia perché implica dei rischi di incendio o esplosione nel caso venga superata la corrente massima ammessa o la temperatura raggiunta dalle celle durante la ricarica vada



oltre quella critica. Quindi se la carica non viene gestita nella maniera corretta esistono dei rischi sia per le cose e le persone nei dintorni, sia di danneggiamento o perdita della qualità delle batterie. Riguardo a questi ultimi, si concretizzano nella parziale perdita della capacità nominale se la carica non avviene come previsto; inoltre se si caricano pacchi batteria composti da due o più celle in serie, le esigenze crescono, giacché subentra il problema di contenere tra esse lo sbilanciamento della carica, il quale, vista la tensione relativamente elevata di ciascuna cella, si può verificare tra gli elementi in serie. Tutto ciò impone al progettista un certo sforzo nel trovare la soluzione circuitale adatta, per evitare il quale è possibile attingere all'offerta di costruttori come Texas Instruments, che rendono disponibili integrati contenenti tutti i circuiti neces-

sari a provvedere alla carica ottimale delle batterie agli ioni di litio ed eventualmente interfacciarsi con microcontrollori o microprocessori (come è nei PC portatili, tablet e smartphone) tramite bus standard come I²C o I²S-Bus (che ne è una variante) allo scopo di monitorare o condizionare la carica. Si tratta di integrati come il BQ76920, che abbiamo impiegato nel progetto descritto in queste pagine, consistente in una breakout board in grado di rendere facile la sperimentazione e l'integrazione dell'integrato BQ76920 in sistemi esistenti che necessitano la ricarica delle batterie Li-ion o LiPo.

IL PROGETTO

La breakout board permette di utilizzare l'integrato, che a seconda della configurazione hardware permetterebbe di caricare o scaricare dalle 3 alle 5 celle, nella modalità a tre sole celle; non a caso il connettore che la connette alla batteria (BATT) ha 4 soli contatti: uno per ciascuna cella e quello negativo, comune, facente capo alla massa. Dell'integrato esistono anche altre versioni che permettono di gestire fino a 15 celle, quindi mantenendo lo stesso schema proposto (ferma restando la differente connessione del pacco batteria) e seguendo le indicazioni del costruttore, si potrebbe realizzare un caricabatterie al litio modulare. Il controllo dell'integrato avviene via I²C-Bus, ma bisogna prestare molta attenzione alla versione utilizzata, poiché a seconda del modello, i comandi impartiti dovranno avere indirizzo differente.

In queste pagine ci concentreremo comunque sul BQ76920; lasciamo a voi la sperimentazione con gli altri integrati della famiglia cui appartiene. Una particolarità del nostro integrato è che misura e comunica tramite bus I²C la quantità di carica trasferita alla batteria, vale a dire i Coulomb; per questo motivo dev'essere l'integrato stesso a occuparsi della ricarica bilanciata delle celle, partendo praticamente dalla condizione di batteria scarica. Ricordiamo che la quantità di carica accumulata in una batteria, che usualmente si esprime in ampere/ora (Ah) o watt/ora (Wh) può anche essere espressa in Coulomb (C), considerato che 1C vale:

$$Q = i \times t$$

dove Q è la quantità di carica espressa, appunto, in Coulomb, /la corrente di carica e t il tempo per la quale viene immessa nella batteria. Insomma, è un po' come per la carica dei condensatori. Altra caratteristica della nostra breakout board è la disponibilità del connettore per la ricarica bilanciata,

che ovviamente il BQ76920 è in grado di gestire: i contatti del connettore di carica bilanciata fanno capo ai piedini VC1÷VC5 dell'integrato. Il prototipo che vedete in queste pagine è stato predisposto per 3 celle; analizzando lo schema elettrico spiegheremo poi come si effettua la configurazione del numero di celle.

SCHEMA ELETTRICO

Andiamo dunque a vedere come è fatto a livello hardware e in che modo funziona questo carica-batterie, che ha, come visibile nel relativo schema elettrico, come cuore l'U1, vale a dire il chip Texas Instruments: lo vedete alimentato attraverso i punti CHARGE+ e CHARGE- (rispettivamente positivo e negativo) che si trovano in parallelo a due contatti ausiliari che riportano in uscita la medesima tensione ricevuta da circuito. L'interfaccia di controllo esterno fa capo al connettore a pin-strip siglato CN1, sul quale troviamo SCL, SDA e GND del bus I²C, oltre alla linea ALERT con la quale l'integrato comunica al microcontrollore, con un impulso a livello logico alto, una condizione di allarme (superamento della temperatura massima del pacco batterie, eccesso di assorbimento o mancanza durante la carica) e la BOOT, cui è collegato il sensore di temperatura della batteria del tipo NTC (è un termistore). Questo termistore permette al circuito di rilevare se la temperatura delle batterie supera quella critica, che può portare al degrado delle celle (ricordiamo che la perdita di capacità di tali accumulatori cresce rapidamente sopra i 40 °C) e, in casi estremi, all'incendio della batteria. Se non si vuole utilizzare il termistore, al suo posto bisogna collegare un resistore fisso da 10 kohm. Attraverso il bus I²C, un controller host può gestire molte delle attività e funzioni del BQ76920, come ad esempio monitorare la tensione delle singole celle (letta tra coppie vicine di piedini VC), corrente di ricarica dell'intero pacco e temperatura dello stesso, attivare protezioni, comandare il singolo MOSFET di carica/scarica delle celle al fine di ottimizzare il bilanciamento. Le uscite per la carica bilanciata delle singole celle

sono localizzate ai piedini 16 (VC1) 15 (VC2) 14 (VC3) 13 (VC4) e 12 (VC5) e tra ciascuna di esse e quella attigua si trova un MOSFET che funziona da shunt, prendendo su di sé parte della corrente della cella che ha in parallelo quando la tensione misurata dall'ADC che si trova tra due pin VC è più elevata di quella delle altre celle.

A livello hardware, sebbene l'integrato sia in grado di caricare o scaricare un massimo di 5 celle al litio, ci accontentiamo di gestire un pacco di tre elementi in serie. Per fare questo è stato necessario cortocircuitare determinate celle in modo da ottenere la versione 3 celle. Ad ogni modo tenete presente che le connessioni delle uscite per le celle del BQ76920 sono quelle indicate nella **Tabella 1**, che riporta come connettere un pacco da 5 celle (utilizzando tutte le linee) oppure uno da 3 o da 4, cortocircuitando le uscite in eccesso.

Come indicato, l'integrato si occupa della gestione della ricarica e a tal proposito è sufficiente provvedere ad avviare la procedura di ricarica quando desiderato, semplicemente mandando alto o basso un piedino, ovvero CHG per attivare la ricarica, oppure DSG per normale funzionamento. Tali pin fanno capo a dei MOSFET, che provvedono a gestire l'afflusso di corrente alla batteria o il prelievo di corrente da essa; notare che la batteria è collegata a una propria massa che non coincide con il negativo di alimentazione, il quale riguarda solo il circuito di ingresso (CHARGE+ e CHARGE-) e viene collegato alla batteria (il cui positivo è invece in comune con quello del pacco batteria) mediante i MOSFET Q1 e Q2, attivati uno alla volta dai piedini CHG e DSG. Attraverso la lettura della tensione ai capi del resistore Rsns, l'integrato rileva la corrente nella batteria: la misura viene fatta associando i piedini SRP ed SRN (rispettivamente positivo e negativo dell'input corrispondente) all'A/D converter interno al BQ76920.

Descriviamo dunque il funzionamento del blocco di MOSFET Q1, Q2 e Q3, che governano le attività di carica e scarica, partendo dalla prima: il pin CHG, che a riposo si trova a livello basso, viene portato a livello alto e il MOSFET Q3, essendo a canale P,

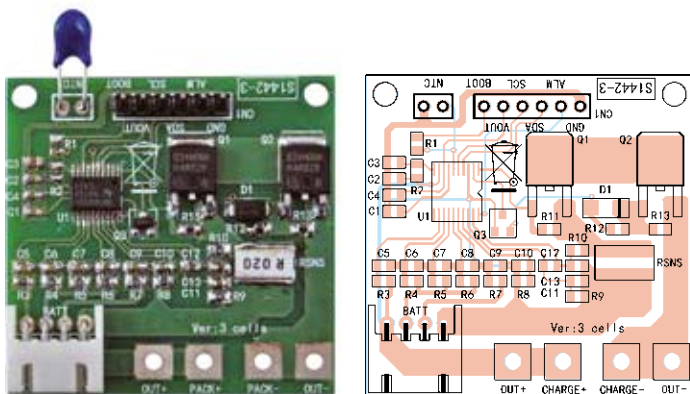
CARATTERISTICHE TECNICHE

- ➔ **Numero di celle caricabile:**
3÷5
- ➔ **Tensione di alimentazione:**
4÷25V
- ➔ **Corrente di carica:**
carica/scarica
- ➔ **Misura della quantità di carica erogata**
- ➔ **Gestione tramite I²C-Bus**

Cell Input	3 Cells	4 Cells	5 Cells
VC5-VC4	CELL 3	CELL 4	CELL 5
VC4-VC3	short	short	CELL 4
VC3-VC2	short	CELL 3	CELL 3
VC2-VC1	CELL 2	CELL 2	CELL 2
VC1-VC0	CELL 1	CELL 1	CELL 1

Tabella 1
Connessioni e cortocircuiti da effettuare per adattare lo schema proposto a un numero di celle differente.





Elenco Componenti:

R1: 10 kohm (0805)
 NTC: NTC 10 kohm
 R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10: 100 ohm (0805)
 R12, R13, R11: 1 Mohm (0805)
 RSNS: 0.05 ohm 3 W (3015)
 C11, C12, C13: 100 nF 50V ceramico (0805)
 C1, C2, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10: 1 μ F ceramico 35V ceramico (0805)
 C3: 4,7 μ F 25 VL ceramico (0805)
 Q1, Q2: IPD034N06N3 G
 Q3: NTR1P02T1G
 U1: BQ7692006PWR
 D1: MBRA140TRPBF
 BATT: Connettore JST 2.5mm 4 vie
 PACK, OUT: Connettore XT60 maschio con 10 cm di filo

Varie

- Connettore XT60 femmina con 10 cm di filo
- Strip maschio 2 vie
- Strip femmina 2 vie
- Circuito stampato S1442-3

entra in conduzione perché il suo gate si trova a massa e perciò a potenziale inferiore a quello del source, che vedete collegato al pin 2 dell'integrato U1. Q3 porta quindi tensione sul gate del Q, il quale è un canale N e viene polarizzato attraverso D1 (che cortocircuita R12): avendo il source a massa, il potenziale sul suo gate lo manda in stato di ON e il drain trascina a massa quello di Q1, il quale, essendo il pin DSG del BQ76920 a zero logico, va in conduzione perché il potenziale su source è positivo rispetto al pin 1, essendo la massa della

batteria più positiva del punto CHARGE-. Inizia così la carica del pacco batterie, che viene bilanciata e regolata dall'U1 secondo le impostazioni fornite dall'I²C-Bus. La corrente attraversa il resistore Rsns che permette di leggere in tempo reale l'assorbimento della batteria e quindi la corrente erogata, il che consente sia di regolare l'intensità, sia di comunicarla su I²C-Bus e di verificare le varie fasi della carica, che, lo ricordiamo, per le batterie agli ioni di litio è articolata in tre fasi:

1. pre-condizionamento, durante cui la corrente viene fatta salire gradualmente, soprattutto se la tensione letta ai capi delle celle è molto bassa;
2. carica a corrente costante fino al raggiungimento di una tensione di 4V per cella;
3. carica a tensione costante, puntando al valore di circa 4,2V.

Inoltre conoscere la corrente che attraversa Rsns permette di sapere la quantità di carica immagazzinata nella batteria durante la fase di ricarica, facendo la media della corrente e moltiplicandone il valore per il tempo trascorso.

Terminata la carica, il piedino 2 dell'integrato torna a zero logico, cosicché il MOSFET Q3 si interdice e con esso Q2 e Q1.

Quanto alla scarica, viene effettuata ad esempio per predisporre la batteria a una nuova carica, eventualmente scaricando allo stesso modo le celle per bilanciarle; anche in questo caso il resistore Rsns consente di rilevare la corrente e determinare la quantità di carica sottratta, stavolta, al pacco batteria.

Durante il ciclo di carica sarà possibile monitorare il bit "CC_READY" del registro "SYS_STAT" (**Fig. 1**) per sapere se è presente un nuovo dato Coulomb. Se è disponibile un nuovo dato, sarà sufficiente leggere i registri "CC_HI" e "CC_LO" e sommare tale valore a quello precedentemente letto per ottenere i Coulomb totali immagazzinati nella batteria. Tramite il registro di stato è possibile anche avere altre informazioni, quali ad esempio se l'integrato è pronto per le letture, se ci sono errori o allarmi, come ad esempio temperatura troppo alta, e molto altro ancora (fare riferimento al datasheet).

Fig. 1
Struttura del registro SYS_STAT.

SYS_STAT (0x00)

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
NAME	CC_READY	RSVD	DEVICE_XREADY	OVRD_ALERT	UV	OV	SCD	OCD
RESET	0	0	0	0	0	0	0	0
ACCESS	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW

IL BATTERY CHARGER BQ76920

Il circuito integrato su cui si basa il nostro caricabatterie appartiene alla più vasta famiglia di battery charger BQ769x0 della Texas Instruments, che comprende chip capaci di gestire la ricarica di batterie agli ioni di litio composte da più celle. L'integrato è stato creato per la ricarica (ma anche la scarica) di pacchi batteria che possono essere quelli di un PC notebook, ma anche quelli di un piccolo veicolo elettrico come una motocicletta, giacché consente di gestire da 3 a 15 celle, equivalenti rispettivamente a tensioni di batteria a piena carica che spaziano da 12,6 a 63V.

Una particolarità dell'integrato è che, diversamente dai comuni caricabatterie al litio, misura e comunica tramite bus I²C la quantità di carica trasferita alla batteria, espressa in Coulomb (ricordiamo che 1 coulomb vale 1 ampere per secondo); per questo motivo dev'essere l'integrato stesso ad occuparsi della ricarica bilanciata delle celle.

L'integrato dev'essere alimentato attraverso i punti CHARGE+ e CHARGE- (rispettivamente positivo e negativo) con una tensione che sia almeno tre o quattro volt maggiore di quella di piena carica della serie di celle da caricare; allo scopo va ricordato che una cella agli ioni di litio presenta una tensione nominale di 3,6V (3,7 per le LiPo) e a fine carica registra 4,2÷4,3V.

L'interfaccia di controllo esterno fa capo alle linee SCL, SDA e GND costituenti il bus I²C, oltre che alla linea ALERT con la quale l'integrato comunica al microcontrollore host, con un impulso a livello logico alto, una condizione di allarme (superamento della temperatura massima del pacco batterie, eccesso di assorbimento o mancanza durante la carica).

Tra i pin dell'interfaccia con l'esterno abbiamo anche il BOOT, cui è collegato il sensore di temperatura della batteria del tipo NTC (è un termistore). Questo termistore permette al circuito di rilevare se la temperatura delle batterie supera quella critica, che può portare al degrado delle celle (ricordiamo che la perdita di capacità di tali accumulatori cresce rapidamente sopra i 40 °C) e, in casi estremi, all'incendio della batteria. Se non si vuole utilizzare il termistore, al suo posto bisogna collegare un resistore fisso da 10 kohm.

Attraverso il bus I²C, un controller host può gestire molte delle attività e funzioni del BQ76920, come ad esempio monitorare la tensione delle singole celle (letta tra coppie vicine di piedini VC), corrente di ricarica dell'intero pacco e temperatura dello stesso, attivare protezioni, comandare i singoli MOSFET di carica/scarica delle celle al fine di ottimizzare il bilanciamento.

Le uscite per la carica bilanciata delle singole celle sono localizzate ai piedini 16 (VC1) 15 (VC2) 14 (VC3) 13 (VC4) e 12 (VC5) e tra ciascuna di esse e quella attigua si trova un MOSFET che funziona da shunt, prendendo su di sé parte della corrente della cella che ha in parallelo quando la tensione misurata dall'ADC che si trova tra due pin VC è più elevata di quella delle altre celle.

Nella tabella sottostante è riportata l'intera famiglia di integrati bq769x0, con le caratteristiche di rilievo tra cui l'indirizzo che identifica ciascuno nella connessione I²C-Bus: come vedete, l'address non è uguale per tutti gli integrati e di ciò va tenuto conto nella realizzazione del proprio progetto.

TUBE	TAPE & REEL	CELLS	I ² C ADDRESS (7-Bit)	LDO (V)	CRC
bq7692000PW	bq7692000PWR	3-5	0x08	2.5	No
bq7692001PW ⁽¹⁾	bq7692001PWR ⁽¹⁾				Yes
bq7692002PW ⁽¹⁾	bq7692002PWR ⁽¹⁾			3.3	No
bq7692003PW	bq7692003PWR				Yes
bq7692006PW	bq7692006PWR		0x18	2.5	No
bq7693000DBT	bq7693000DBTR				Yes
bq7693001DBT	bq7693001DBTR	6-10	0x08	2.5	No
bq7693002DBT	bq7693002DBTR				Yes
bq7693003DBT	bq7693003DBTR			3.3	No
bq7693006DBT	bq7693006DBTR				Yes
bq7693007DBT	bq7693007DBTR		0x18	2.5	No
bq7694000DBT	bq7694000DBTR				Yes
bq7694001DBT	bq7694001DBTR	9-15	0x08	2.5	No
bq7694002DBT	bq7694002DBTR				Yes
bq7694003DBT	bq7694003DBTR			3.3	No
bq7694006DBT	bq7694006DBTR				Yes

📌 Listato 1

```
#include <bq769x0.h> // Library for Texas Instruments bq76920 battery management IC
#define BMS_ALERT_PIN 2 //Pin collegato al ALN (Allerta pin)
#define BMS_BOOT_PIN 7 //Pin BOOT connesso a TS1
#define BMS_I2C_ADDRESS 0x08 //Indirizzo I2C dell'integrato
#define CC_CHANGED_PIN 13 //Uscita indicante che è disponibile un nuovo Coulomb. Non utilizzato
bq769x0 BMS(bq76920, BMS_I2C_ADDRESS); //Dichiarazione gestore batteria
float num_coulomb=0;
boolean CHARGE_ON=false; //False: Ricarica non in corso
const float MIN_TENS_CHARGE = 11000; //Tensione minima al di sotto della quale avviene la ricarica (somma delle celle)

void setup()
{
    pinMode(BMS_ALERT_PIN, INPUT);
    pinMode(CC_CHANGED_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(CC_CHANGED_PIN, LOW);
    int err = BMS.begin(BMS_ALERT_PIN, BMS_BOOT_PIN);
    Serial.begin(9600);
    BMS.setTemperatureLimits(-20, 45, 0, 45);
    BMS.setShuntResistorValue(5);
    BMS.setShortCircuitProtection(14000, 200); // delay in us
    BMS.setOvercurrentChargeProtection(8000, 200); // delay in ms
    BMS.setOvercurrentDischargeProtection(8000, 320); // delay in ms
    BMS.setCellUndervoltageProtection(2600, 2); // delay in s
    BMS.setCellOvervoltageProtection(3750, 2); // delay in s
    BMS.setBalancingThresholds(0, 3300, 20); // minIdleTime_min, minCellV_mV, maxVoltageDiff_mV
    BMS.setIdleCurrentThreshold(100);
    BMS.enableAutoBalancing(); //Attivazione bilanciamento batterie
    BMS.setBatteryCapacity(2200); //Capacità batteria. usato per il calcolo della corrente
}

void loop()
{
    int dato;
    byte registro;
    BMS.update(); //Questa funzione dovrebbe essere chiamata ogni 250ms per avere le indicazioni corrette
    Serial.print("Vbat: "); //Si visualizza la tensione di ogni cella
    Serial.print(BMS.getCellVoltage(1));
    Serial.print(" - ");
    Serial.print(BMS.getCellVoltage(2));
    Serial.print(" - ");
    Serial.print(BMS.getCellVoltage(5));
    Serial.print(" = ");
    Serial.print(BMS.getBatteryVoltage());
    Serial.print("mV - ");
    Serial.print("Temp: "); //Si visualizza la temperatura
    Serial.println(BMS.getTemperatureDegC(1));
    Serial.print("CHARGE "); //Si indica se è in corso la ricarica oppure no
    Serial.println(CHARGE_ON);

    //Se la ricarica non è in corso, se la tensione scende al di sotto di MIN_TENS_CHARGE si attiva la ricarica
    if (CHARGE_ON==false)
    {
        if (BMS.getBatteryVoltage() < MIN_TENS_CHARGE) CHARGE_ON=true;
    }
    //Se non è in corso la ricarica, si attiva il normale funzionamento
    else
    {
        if (BMS.enableCharging()==false)
        {
            CHARGE_ON=false;
            BMS.enableDischarging();
            delay(500);
        }
    }
    //Lettura Coulomb se è disponibile un nuovo dato, da usare se si vuole leggere in autonomia il registro senza passare per la libreria
    Serial.print("Coulomb: ");
    Serial.print(BMS.getSOC());
    Serial.print(" / Corrente: ");
    Serial.println(BMS.getBatteryCurrent());
    delay(250);
}
```

Proprio tramite questo registro si può capire che è possibile anche monitorare la temperatura delle batterie a patto di inserire esternamente un sensore NTC da 10 kohm (**Fig. 2**), che nel nostro caso può essere inserito sul connettore NTC. Nel caso tale termistore sia presente nel circuito, tramite apposito registro potrà essere letta la temperatura e si potranno avere notifiche di allarme tramite il registro di stato.

LIBRERIA ARDUINO

Come accennato, il BQ76920 dev'essere gestito da I²C-Bus e questa modalità di funzionamento incontra ancora una volta l'immane Arduino, che si candida ad essere il controllore d'elezione; non a caso per gestire l'integrato abbiamo creato e reso disponibile una libreria per Arduino, che gestirà la breakout board mediante l'I²C-Bus.

La libreria che vi proponiamo deriva da quella scaricabile dalla pagina web https://github.com/LibreSolar/bq769x0_ArduinoLibrary che abbiamo modificato per implementare qualche miglioria, ma anche per implementare il conteggio della quantità di carica (i Coulomb) che nella libreria originale non era disponibile.

Dato che è proprio il conteggio dei Coulomb lo scopo del progetto, oltre che attivare la ricarica in modo automatico, abbiamo realizzato uno sketch per Arduino che consentirà di svolgere queste semplici funzioni. Si tratta di un semplice programma di test delle modalità operative del BQ76920, che vi proponiamo in queste pagine nel **Listato 1**.

REALIZZAZIONE PRATICA

E passiamo alla parte pratica del progetto, ossia alla costruzione della breakout board, che richiede un circuito stampato a doppia faccia le cui tracce necessarie alla fotoincisione sono disponibili per il download sul nostro sito web www.elettronica.in.it, insieme agli altri file del progetto. Il montaggio dei componenti, che sono tutti SMD eccetto il pin-strip CN1 e il termistore (che andrebbe montato all'esterno per porlo in contatto con il pacco batteria), richiede un minimo di manualità e attrezzatura, la quale consiste in un saldatore a punta finissima, una pinzetta per posizionare i componenti e del fluxante per agevolare la saldatura, nonché una lente d'ingrandimento e del filo di lega saldatore del diametro massimo di 0,5 mm.

Il montaggio conviene inizi dall'integrato, che è a passo molto fitto e che consigliamo di centrare bene sulle rispettive piazzole, orientandolo come indicato nel piano di montaggio pubblicato in que-

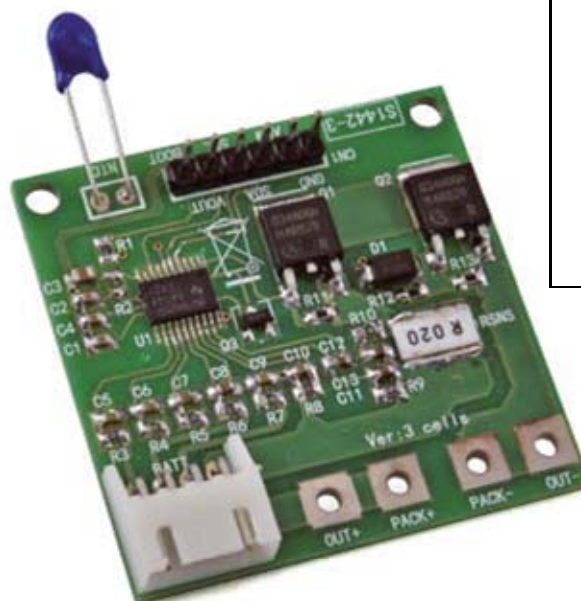


Fig. 2
Il prototipo montato: il termistore va montato proteso verso l'esterno fino a toccare il pacco batteria, ovvero, collegato con due fili, sul pacco stesso.

ste pagine, quindi stagnando due piazzole, una su un angolo e l'altra sull'angolo opposto per bloccarlo. Si passa quindi della pasta fluxante di media densità sui pin, in modo che durante la saldatura lo stagno eviti di unire piedini vicini e si depositi sulle piazzole, realizzando le saldature senza cortocircuiti; se per caso una goccia di lega saldatore unisce pin vicini potete asportarla con della trecciola dissaldante. Sistemato l'integrato potete procedere con i componenti restanti, andando in ordine di altezza e terminando con il connettore BATT e il pin-strip. Completate le saldature, con una lente d'ingrandimento dovete verificare che tutti i componenti siano posizionati e saldati correttamente; se avete difficoltà a saldare correttamente i pin del bq76920, spalmate nuovamente su di essi uno strato di pasta fluxante e ripassate le saldature. □



Cosa occorre?

Il materiale presentato in questo articolo è disponibile presso Futura Elettronica. La breakout board con BQ76920 (cod. FT1442) è in vendita al prezzo di Euro 18,00, la batteria ricaricabile LiPo da 7,4V 2000mAh (cod. 25C2000MAH7V4) è disponibile a Euro 18,00, mentre quella da 11,1V 2000mAh (cod. 25C2200MAH11V1) costa Euro 29,00. I prezzi si intendono IVA compresa.

Il materiale va richiesto a:

Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 - <http://www.futurashop.it>

Futura Energy

Fai il pieno di energia con le batterie alcaline
di **FUTURA ELETTRONICA!**

**BATTERIE ALCALINE
LR6 AA - 1,5V**

Confezione da 24 pezzi



€ 7,50

Cod. 24LR6AA

**OGGI ANCORA PIÙ
CONVENIENTI NELLE
CONFEZIONI
DA 24 PEZZI!**

**BATTERIE ALCALINE
LR3 AAA - 1,5V**

Confezione da 24 pezzi



€ 6,50

Cod. 24LR03AAA



Prezzi IVA inclusa.



**BATTERIE
ALCALINE
LR6 AA 1,5V**

**Blister
da 4 pezzi**

€ 1,50

Cod. LR6-AA-4



**BATTERIE
ALCALINE
LR3 AAA - 1,5V**

**Blister
da 4 pezzi**

€ 1,50

Cod. LR03-AAA-4



**BATTERIA
ALCALINA
6LR61 - 9V**

**Blister
da 1 pezzo**

€ 1,80

Cod. 6LR61-9V-1



**BATTERIE
ALCALINE
23A - 12V**

**Blister
da 5 pezzi**

€ 2,50

Cod. 12V-23A-5



**BATTERIE
ALCALINE
LR14 C - 1,5V**

**Blister
da 2 pezzi**

€ 2,30

Cod. LR14-C-2



**BATTERIE
ALCALINE
LR20 D - 1,5V**

**Blister
da 2 pezzi**

€ 3,20

Cod. LR20-D-2

**FUTURA
ELETTRONICA®**

www.futurashop.it

Futura Group srl
Via Adige, 11 • 21013 Gallarate (VA)
Tel. 0331/799775

Caratteristiche tecniche di questi prodotti
e acquisti on-line su www.futurashop.it

DIMMER CON ARDUINO

di DIEGO FRASSON



Realizziamo un parzializzatore d'onda modulare che può funzionare sia in circuiti a corrente alternata che in dispositivi a sinusoide raddrizzata a singola semionda.

Progetti didattici, che escano dall'onnipresente elettronica digitale governata da microcontrollori ogni giorno più potenti, sono sempre graditi ai nostri lettori ed è per questo che abbiamo pensato di realizzare e proporre, in queste pagine, il circuito di un dimmer a due canali che, pur interagendo con Arduino, ci dà l'occasione per fare un approfondimento su due componenti elettronici avvolti spesso da un alone di mistero: il TRIAC e l'SCR. Il circuito si presta a funzionare sia con TRIAC, quindi governando carichi in alternata, sia con SCR, commutando utilizzatori funzionanti a singola semionda. Dalle prove effettuate possiamo affermare che funziona anche con le lampade a LED dimmerabili. Il progetto si presta anche a pilotare carichi di tipo riscaldamento o ventilazione,

sostituendo il potenziometro con un sensore di temperatura. Ognuno lo potrà adattare alle proprie esigenze, anche grazie ai due canali, che danno grande flessibilità di utilizzo. Si può naturalmente usare la nostra scheda Fishino Guppy e rendere interattivo tutto il circuito controllandolo a distanza tramite WiFi. Vedremo in un primo momento il funzionamento della parte hardware che deve pilotare un carico a tensione di rete con un sistema digitale; successivamente spiegheremo come far interagire la parte software del microcontrollore e come montare il circuito per ottenere un dimmer per dei LED a 12 o 24V o carichi a bassa tensione dai 6 ai 24V in corrente continua. Innanzitutto dobbiamo pensare a come funziona un sistema di parzializzazione del carico. Le idee in fondo sono due o "accendiamo" il carico e dopo un po' di tempo lo spegniamo oppure facciamo il complementare

aspettiamo un po' di tempo (detto ritardo) e poi lo accendiamo. Il primo approccio è tipico dell'uso con dispositivi tipo transistor, MOSFET e IGBT, il secondo è tipico appunto di circuiti che sfruttano SCR e TRIAC.

FUNZIONAMENTO DEI TIRISTORI

I TRIAC e gli SCR appartengono alla famiglia dei tiristori i quali sono caratterizzati da una doppia giunzione PN. Come si vede in **Fig. 1**, se si applica tensione, c'è sempre una giunzione polarizzata inversamente e una direttamente.

Pertanto il componente di suo non conduce, a meno che non succedano due cose: si inietta una carica nella giunzione PN bassa (quella tra il Gate e il Catodo o A1) o il campo elettrico esterno polarizzi inversamente solo una giunzione e la tensione superi la cosiddetta tensione di soglia, il che innescerebbe la conduzione spontanea per effetto valanga. Nei TRIAC ed SCR si usa la prima modalità, mentre la seconda è caratteristica dei DIAC. Nel caso dell'SCR si applica una tensione positiva tra anodo e catodo e poi quando si vuole attivare il componente si applica una corrente tra gate e catodo in un range compreso tra un minimo ed un massimo definito dal costruttore. Di solito la corrente di gate richiesta per l'innescio è di qualche decina di milliamperes mentre quella massima è di qualche ampere. Quella del nostro circuito è di circa 25 mA. Ma una volta acceso lo SCR quand'è che si spegne? Ebbene a differenza di transistor, MOSFET e IGBT che interrompendo la tensione di comando si interdicono, se toglie corrente al gate l'SCR rimane attivo fintanto che la corrente di anodo si mantiene al di sopra di una certa soglia indicata dal costruttore oppure si inverte la tensione di polarizzazione del componente. Ecco perché SCR e TRIAC si possono usare di fatto solo con corrente alternata (non necessariamente sinusoidale); essa, infatti, a un certo punto si azzerà (zero crossing) e inverte la sua polarità sul componente spegnendolo.

Ecco quindi la necessità di provvedere al reinnesco del componente ogni volta che la corrente (e tensione) si annulla e quindi la necessità assoluta che il circuito di innescio sia sincronizzato con la

tensione di rete. Se usaste un oscillatore pur precisissimo alla frequenza di rete ma non sincronizzato con essa, notereste un effetto di "fading" cioè una variazione del tempo di ritardo di innescio pari alla frequenza di battimento (differenza) tra quella di rete e quella dell'oscillatore (è un esperimento interessante da provare visto che abbiamo Arduino come pilota).

Vediamo adesso una particolarità sull'innescio del TRIAC: mentre sull'SCR non ci sono grandi dubbi di come applicare il segnale di comando, sul TRIAC trae in inganno il fatto che i terminali sono identificati come A1 (o T1) e A2 (T2) e non come A e K. Il simbolo del TRIAC viene infatti disegnato come un doppio SCR in antiparallelo, inducendo a pensare che il TRIAC sia un componente simmetrico. In realtà, come mostra la **Fig. 2**, conduce in entrambi i versi ma la tensione di innescio va riferita a uno solo degli A1/A2. Quindi l'innescio deve avvenire necessariamente tra il Gate e A1. La ragione è chiara se si guarda con attenzione lo schema costruttivo, infatti se si applica una polarizzazione tra Gate e A1 abbiamo solo una giunzione PN (simmetrica) da attivare mentre il percorso tra Gate e A2 ne prevede sempre due opposte tra di loro, ne consegue che tra Gate e A2 vi è sempre una giunzione di blocco. Quello che invece si può dire è che non importa il verso della corrente tra Gate e A1, perché il TRIAC si attiva comunque. I costruttori per ricordare questo importante fatto sulla polarizzazione del TRIAC, pongono sempre A2 nel posto dell'anodo, A1 nel posto del catodo e il Gate nella stessa posizione sia nel Triac che nel SCR. Questo rende di fatto, come faremo in questo progetto, i due componenti intercambiabili quando si deve passare dalla gestione in alternata a quella in alternata raddrizzata.

COME FARE LA REGOLAZIONE

Come abbiamo spiegato poco fa, TRIAC ed SCR non possono essere spenti se non si azzeri la corrente che li attraversa o si inverte la polarizzazione (nel nostro caso è lo stesso, avendo un carico passivo); l'unica manovra che possiamo fare è ritardarne l'accensione. Nella **Fig. 3** e **Fig. 4** noterete le tipiche forme d'onda di una regolazione a TRIAC

Fig. 1
Funzionamento
dei tiristori .



e SCR dove si nota un fronte di accensione dell'ordine dei millisecondi dopo il passaggio per lo zero della semionda. Questo tipo di controllo si chiama controllo a regolazione di ritardo o di angolo di innesco. Si nota dai valori calcolati dallo strumento di misura, che con un angolo di innesco basso il valore della tensione efficace (RMS) è maggiore di quello che ha un angolo di innesco maggiore. È ovvio che tale sistema per produrre un effetto stabile nel tempo deve essere sincronizzato alla frequenza di rete che ricordo non è più fissa e immutabile a 50Hz (o 60 come in America) ma può variare fino a 1 Hz in più o in meno secondo le nuove normative sulla gestione delle reti elettriche. Ecco quindi che abbiamo assolutamente bisogno di un circuito per rilevare il passaggio per lo zero della tensione al quale collegare il piedino di sincronizzazione della logica digitale, nel nostro caso Arduino. Il sistema più semplice che avevamo era quello di usare direttamente un ponte raddrizzatore, il quale fornisce una frequenza di sincronizzazione doppia di quella di rete infatti dobbiamo sincronizzare non solo la semionda positiva ma anche quella negativa. Nel caso del circuito a TRIAC abbiamo usato un trasformatore che provvede sia alla rilevazione che all'alimentazione. A valle del ponte abbiamo inserito quindi un partitore con in parallelo un diodo Zener che ricava una tensione pulsante al doppio della frequenza di rete, di valore non superiore ai 4V, in modo da proteggere l'ingresso del microcontrollore. Questo permette al microcontrollore di capire quando la tensione passa per lo zero e avviare il contatore che genera il ritardo d'innesco.

L'ALIMENTAZIONE DEL CIRCUITO

Per "prendere due piccioni con una fava" abbiamo usato la bassa tensione in uscita dal ponte anche per provvedere all'alimentazione della scheda Arduino o Guppy. Per evitare che il circuito di rilevazione dello zero venga influenzato dal condensatore di filtro dell'alimentazione, abbiamo inserito un diodo di raddrizzatore generico, ad esempio un 1N4007. Nella versione a TRIAC, giocoforza abbiamo dovuto usare un trasformatore da PCB da 9V-6W, che ci permette di ottenere una potenza sufficiente per collegare direttamente sull'ingresso della tensione non stabilizzata (di solito indicata con Vin o Vraw), non solo un Arduino Nano ma anche un Guppy che avendo a bordo il modulo Ethernet WiFi ha una corrente di alimentazione più alta del Nano. Nella versione a SCR abbiamo già un trasformatore che abbassa la tensione, l'unica avvertenza da

avere è quella di usare un ponte raddrizzatore di potenza sufficiente a tenere non solo il regolatore ma anche il carico in DC che si intende regolare (luci a LED, motori o altro). Se usate un trasformatore da 120W a 12V ricordatevi che dal ponte escono 10A, quindi il ponte deve essere di tipo corazzato con il foro a cui collegare un opportuno dissipatore in alluminio anodizzato. Il nostro progetto è adatto per alimentazioni che vanno dai 6 ai 24 Vca di tensione di uscita del trasformatore, tuttavia la tensione che otteniamo in uscita dal diodo di disaccoppiamento è comunque eccessiva per l'ingresso non stabilizzato del Nano o del Guppy specie se si alimenta con un trasformatore da 24V. A questo punto si è pensato di generare direttamente i 5Vcc necessari con un regolatore integrato switching ad alta frequenza di nuova generazione.

Questi integrati sono sul mercato da qualche anno e hanno efficacemente soppiantato quelli lineari di larga diffusione in quanto sono ormai ad un prezzo ragionevole, hanno un campo di funzionamento in tensione molto ampio e con correnti sufficienti per alimentare i micro di nuova generazione. Tali inte-

Fig. 2
Struttura del TRIAC.

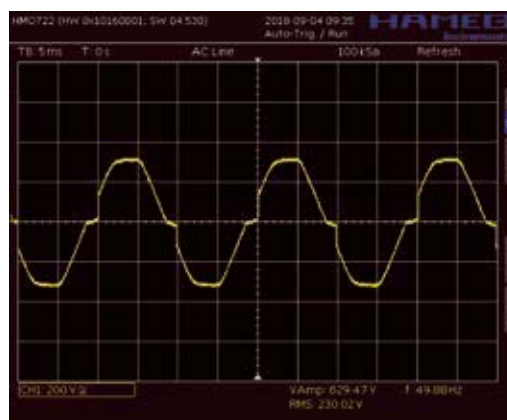
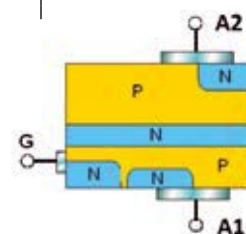


Fig. 3
Parzializzazione d'onda con minima riduzione del periodo di conduzione.

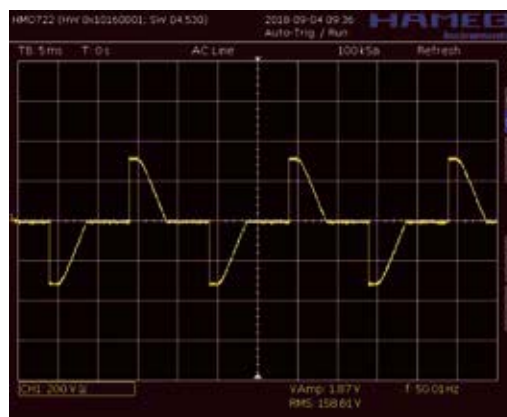
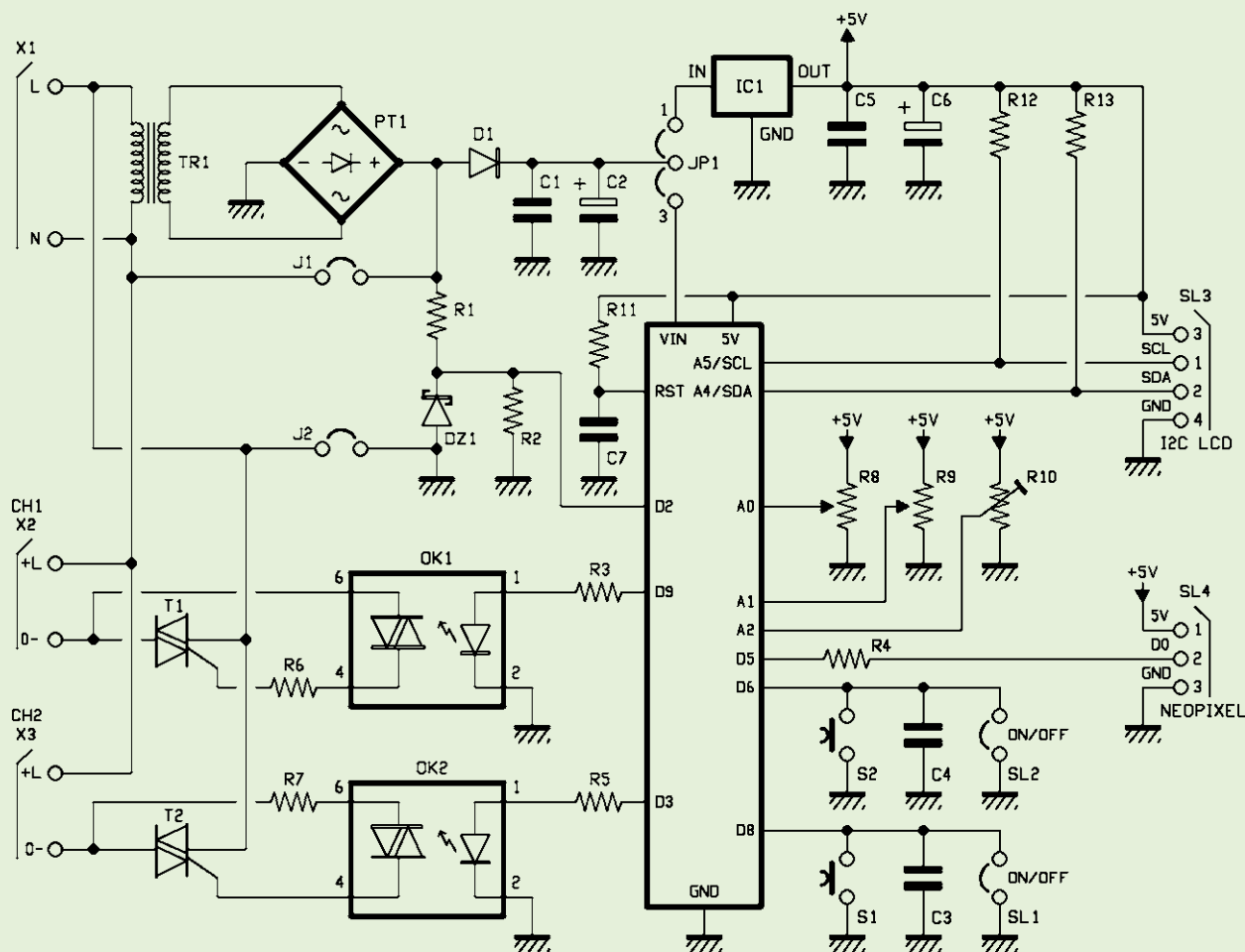


Fig. 4
Parzializzazione d'onda con grande riduzione del periodo di conduzione.



grati sono dei regolatori step-down con tutto integrato nel package e con una piedinatura identica a quella dei lineari di tipo 78XX, hanno già i relativi filtri e non necessitano di componenti aggiunti, se non dei consueti condensatori di filtro che si mettono anche nei modelli a tecnologia lineare. Permettono quindi la sostituzione uno ad uno senza modifiche nei consueti circuiti di alimentazione e sono prodotti per tensioni fisse (di solito di 5V e 3,3V) adatte all'alimentazione dei moderni circuiti digitali. La loro tensione di ingresso può variare dagli 8 ai 26V nel caso di quelli più economici o fino ai 42V per quelli più costosi; in caso si utilizzi un trasformatore con secondario a 24Vca bisogna optare per questi ultimi.

Nello stampato bisogna perciò ricordarsi di collegare il ponticello a strip nell'opportuna posizione: nel caso di circuito con i TRIAC il ponticello va messo verso il condensatore di filtro della Vin (pin 1-2) altrimenti verso il basso nel caso di circuito con gli SCR, vale a dire chiuso tra i pin 2 e 3.

Nei prototipi che vedete fotografati in queste pagine, sia quello con TRIAC che la versione ad SCR, abbiamo evitato il regolatore di tensione e alimentato Arduino Nano (o Fishino Guppy) con la tensione in arrivo dal catodo del D1.

POLARIZZAZIONE E COMANDO DELLA SEZIONE DI POTENZA

Visto quindi come alimentare e trovare lo zero della tensione, per concludere, passiamo alla parte di comando dei TRIAC ed SCR. Il PCB è stato realizzato in modo da poter utilizzare sia TRIAC che SCR montandoli nelle stesse piazzole. È stato inoltre previsto lo spazio per montare un dissipatore di alluminio, assolutamente necessario se vogliono comandare carichi di alcuni ampere. Il comando degli SCR non è per nulla critico: basta dare una corrente di 20÷25 mA con una tensione tra gate e catodo di 1 V, cosa che possiamo tranquillamente ottenere con un qualunque microcontrollore mettendo una resistenza tra l'uscita di comando ed il gate. Nel

nostro circuito basterà fare un ponticello tra i piedini 1 e 4 dell'fotoaccoppiatore e un altro sulla resistenza che precede il gate dello SCR. C'è comunque una cosa da notare nel caso della versione con SCR i carichi hanno come comune il positivo e non la massa, infatti per semplificare circuito e pilotaggio si è deciso di mettere i catodi degli SCR a massa, interrompendo così il collegamento tra il negativo del carico e la massa del circuito di comando. Invece il comando con il TRIAC è più impegnativo e per ragioni di sicurezza disaccoppiamo il microcontrollore con un optotriac del tipo MOC3012. Questo fotoaccoppiatore ha lo stadio di uscita a TRIAC, che da solo riesce a commutare correnti di 4A. Il comando si effettua mandando una corrente sul diodo interno usando sempre lo stesso resistore che abbiamo usato per comandare il gate dell'SCR; questo a sua volta attiva lo stadio di uscita a TRIAC che comanderà il gate del TRIAC di potenza. Sul comando del gate del Triac di potenza dobbiamo precisare che tale componente, una volta innescato, non si spegne; questo vuol dire che l'innescò può essere molto breve (nel nostro caso 5 ms) in quanto una volta innescato la corrente cresce e si autosostiene, ragion per cui il pilotaggio del gate, una volta acceso il TRIAC non è più necessario. Se si guarda il circuito, l'alimentazione di comando del gate viene prelevata a valle del carico. Infatti la considerazione è la seguente: fintanto che il TRIAC non è attivato esso si comporta come un'interruzione e quindi a valle del carico è presente tutta la tensione di rete; ad un certo punto si dà il comando che sfrutta tale condizione, quando il TRIAC è attivato si comporta come un cortocircuito, che di fatto spegne il pilotaggio, mantenendo però il componente acceso. Questo sistema permette di utilizzare la resistenza di innescò solo per un brevissimo tempo, tale da non farla riscaldare e dissipare inutilmente della potenza. Invece di utilizzare (come si vede in alcuni schemi non accurati) un resistore da alcuni watt si può usare un resistore solo da 0,25 W (noi per stare sicuri ne abbiamo usato uno da 0,5 W anche se è eccessivo) per garantire un sicuro innescò e funzionamento. Il calcolo della resistenza di gate è semplice basta dividere la tensione di rete per la corrente di innescò minima del gate del TRIAC di potenza.

L'ANGOLO DI CONDUZIONE

Adesso è venuto il momento di mettere sotto controllo la potenza regolando l'angolo di innescò tramite un microcontrollore. Il microcontrollore che abbiamo usato in questo progetto è proprio Ardu-

ino Nano, che può essere sostituito dalla Fishino Guppy WiFi per un controllo da remoto. Abbiamo scelto Arduino proprio per farne un progetto didattico comprensibile a tutti, adattabile e modificabile secondo le proprie esigenze. Non useremo l'istruzione *attachInterrupt* nel codice in quanto di interrupt ne useremo ben 5 e quindi rifacendoci a quanto spiegato in precedenti articoli vedremo di usare un codice diretto che abiliti e sfrutti gli interrupt senza particolari intermediazioni in quanto ci ricordiamo che l'ambiente di Arduino si può usare tranquillamente come un ambiente di sviluppo senza usare le funzioni predisposte dall'ambiente Arduino stesso, noi faremo un misto useremo quando possibile le funzioni inserite nell'ambiente per semplicità ma faremo anche un uso estensivo dei registri per ottenere quello che vogliamo.

DETTAGLI HARDWARE

Finora abbiamo spiegato come funziona concettualmente il nostro duplice circuito; ora trasferiamo i concetti allo schema elettrico pubblicato in queste pagine, che è unico per entrambe le versioni. In ingresso abbiamo due potenziometri ed un trimmer collegati rispettivamente ad A0, A1, A2 ci serviranno per regolare i due canali e tarare il nostro circuito. Poi abbiamo due pulsanti collegati ai pin D8 e D6, che ci permetteranno di comandare l'accensione e lo spegnimento istantaneo del canale, abbiamo poi l'ingresso del sincronismo di rete sul pin D2 al quale collegheremo la rete a partitore d'ingresso.

Abbiamo poi le due uscite che vanno verso il fotoaccoppiatore a Triac D3 e D9. Infine abbiamo previsto anche un'uscita per un indicatore a Neopixel sul piedino D5. Inoltre ci è sembrato utile prevedere il circuito di reset sul piedino RST1, per facilitare coloro che volessero programmare Arduino con un programmatore ISP senza passare per il bootloader seriale.

L'ultimo connettore della scheda è quello del display LCD seriale I²C che permetterà di avere un minimo di interattività con il sistema e renderà il progetto più completo introducendo anche ai neofiti come pilotare un LCD senza perdere troppi pin nel controllo dello stesso.

IL DISPLAY SERIALE I²C

Cominciamo proprio dal connettore per il visore LCD: quello che abbiamo usato noi è un 16 caratteri 2 linee (o in gergo 2 righe x 16 colonne). Usiamo un display seriale basato sul PCF8574 che è un'integrato che permette di comandare 8 linee

CARATTERISTICHE TECNICHE



Tensione di alimentazione:
230Vca o 12÷48Vcc



Corrente max. per uscita:
12 A ca o cc



Uscite ca e cc:
2

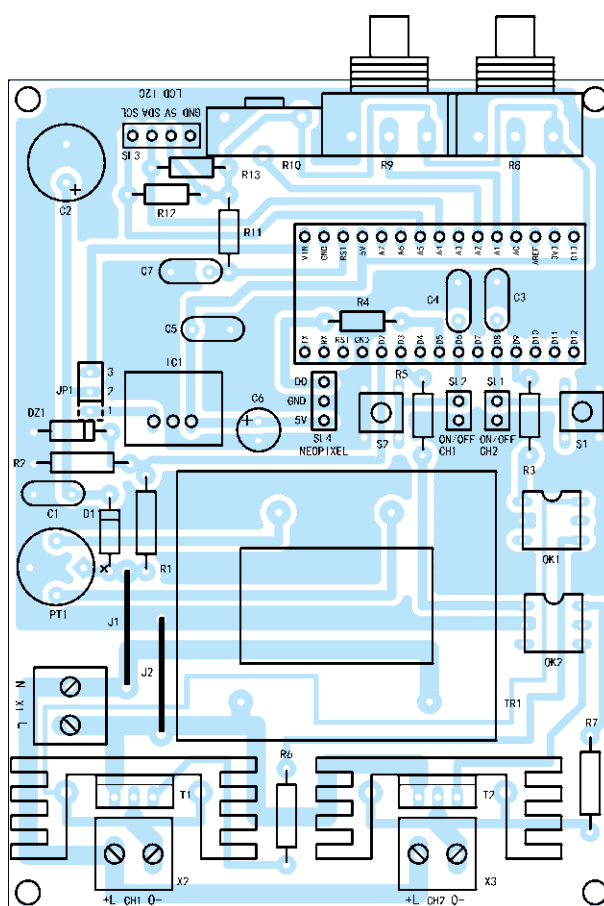


Controllo potenza:
parzializzazione d'onda e PWM



Display LCD





Elenco Componenti:

R1: 330 ohm 1/2W
 R2: 100 ohm 1/2W
 R3, R5: 220 ohm 1/2W
 R4: 470 ohm 1/2W
 R6, R7: 10 kohm 1/2W
 R8, R9: Potenziometro 10 kohm
 R10: Trimmer 10 kohm
 R11: 10 kohm
 R12, R13: 4,7 kohm
 C1, C3, C4, C5, C7: 100 nF ceramico
 C2: 1000 µF 16 V elettrolitico
 C6: -

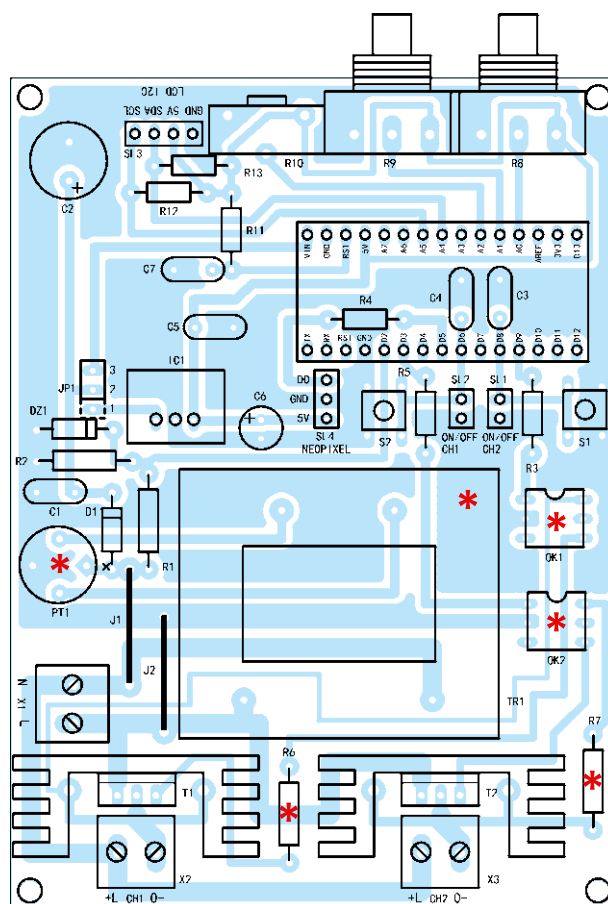
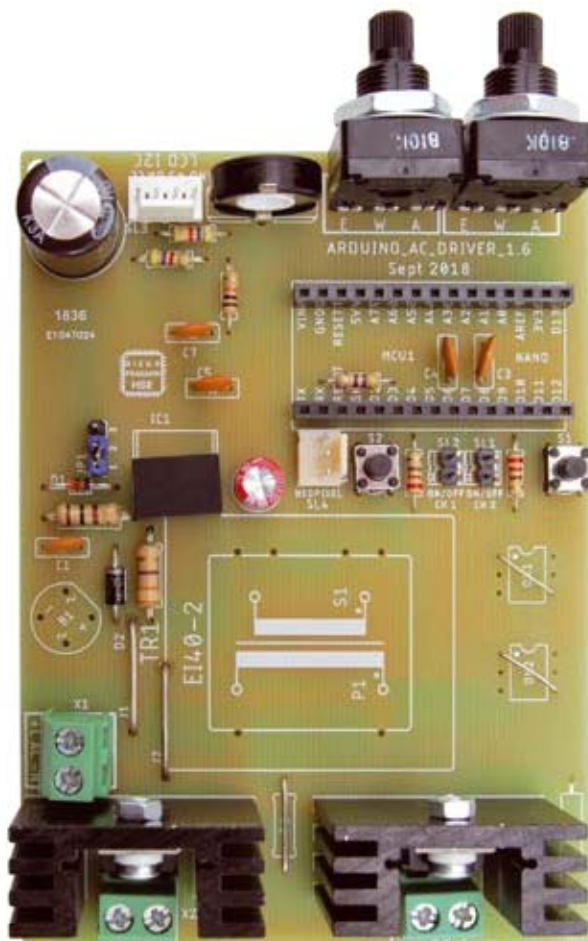
DZ1: Zener 3,9V
 D1: 1N4004
 S1, S2: Microswitch
 T1, T2: BTB12-600CRG
 TR1: Trasformatore 220Vac/9Vac 6VA
 OK1, OK2: MOC3021M
 MCU1: Arduino Nano (MF1452)
 IC1: -
 PT1: Ponte Diodi W04M 400V 1A

Varie
 - Strip maschio 2 vie (2 pz.)

- Strip maschio 3 vie
 - Strip maschio 4 vie
 - Strip femmina 15 vie (2 pz.)
 - Jumper (3 pz.)
 - Zoccolo 3+3 (2 pz.)
 - Morsetto 2 vie passo 5.08 mm (3 pz.)
 - Dissipatore (2 pz.)
 - Vite 12 mm M3 (2 pz.)
 - Dado M3 (2 pz.)
 - PCB S1452 (77 x 106 mm)

di output con 2 soli collegamenti al microcontrollore. Vengono vendute versioni già pronte e saldate per pochi euro per essere interfacciate con gli LCD che vanno da una riga a 16 caratteri (colonne) fino a 4 righe per 20 caratteri basati sul controller HD44780 lo standard di fatto per questo tipo di dispositivi. Di fatto non c'è nulla da inventare basta caricare nell'ambiente tramite il gestore librerie di Arduino la libreria **LiquidCrystal_PCF8574** nella

versione più recente e dare il comando di creazione dell'oggetto visore scrivendo `LiquidCrystal_PCF8574 visore(0x27);` dove tra parentesi in esadecimale c'è l'indirizzo del nostro seriale. Non approfondiamo qui come funziona il bus I²C o un expander seriale; ci basta sapere che Arduino può fare da master in un collegamento seriale di tipo I²C, dove alimentazione (+5V), massa, serial click (SCL) e serial data (SDA) sono collegati tutti in



Elenco Componenti:

R1: 330 ohm 1/2W
R2: 100 ohm 1/2W
R3, R5: 220 ohm 1/2W
R4: 470 ohm 1/2W
R6: -
R7: -
R8, R9: Potenzimetro 10 kohm
R10: Trimmer 10 kohm MV
R11: 10 kohm
R12: 4,7 kohm
R13: 4,7 kohm
C1, C3, C4, C5, C7: 100 nF ceramico

C2: 1000 µF 16 V elettrolitico
C6: 100 µF 16 V elettrolitico
DZ1: Zener 3,9V
D1: 1N4004
S1, S2: Microswitch
T1: BT138-V
T2: BT138-V
TR1: -
OK1, OK2: -
MCU1: Arduino Nano (MF1452)
IC1: Regolatore 5V Wurth 173950578
PT1: -

Varie
- Strip maschio 2 vie (2 pz.)
- Strip maschio 3 vie
- Strip maschio 4 vie
- Strip femmina 15 vie (2 pz.)
- Jumper (3 pz.)
- Zoccolo 3+3 (2 pz.)
- Morsetto 2 vie passo 5.08 mm (3 pz.)
- Dissipatore (2 pz.)
- Vite 12 mm M3 (2 pz.)
- Dado M3 (2 pz.)
- PCB S1452 (77 x 106 mm)

parallelo e ognuno dei dispositivi ha un indirizzo con il quale farsi trovare per ricevere e mandare comunicazioni. Il collegamento di SCL e SDA è di tipo pull-up e quindi bisogna collegare su queste due linee un resistore da 4,7 kΩ.

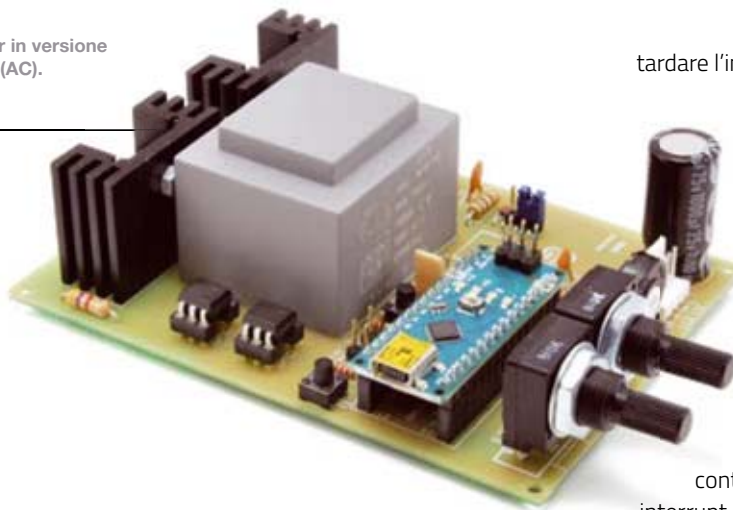
Il display LCD si usa come quello standard con gli stessi comandi. Nella versione software che troverete, vedrete come integrare una bargraph all'interno del display. Si completa quindi il programma

mettendo con dei #define i pin dei piedini di input ed output, le variabili necessarie al funzionamento del programma, l'impostazione dei pin digitali in input ed output e l'inizializzazione del display LCD.

REALIZZAZIONE PRATICA

Passiamo adesso alla costruzione dei due circuiti, che in realtà sono uno solo, dove montare, a seconda della versione, determinati componenti; i

→ **Fig. 5**
Il dimmer in versione
a TRIAC (AC).



piani di montaggio in queste pagine descrivono cosa mettere nella versione a SCR e in quella a TRIAC. Per l'esattezza, nella versione a TRIAC si devono montare tutti i componenti e in quella a SCR non vanno montati i componenti segnati con l'asterisco rosso e bisogna collegare con uno spezzone di filo il piedino 1 con il 4 in ciascun optoTRIAC, allo scopo di trasferire il livello logico di comando direttamente all'SCR.

Che optiate per i TRIAC o per gli SCR, dovete prevedere dei dissipatori di calore per tali componenti, che nel nostro prototipo sono stati scelti da 10 °C/W, idonei al case TO-220 tipico di TRIAC ed SCR; per evitare di prendere la scossa toccandoli, è opportuno interporre tra l'aletta metallica dei tiristori e il metallo del rispettivo dissipatore un foglietto isolante in teflon grigio, per uso specifico. Il fissaggio avverrà mediante viti M3 con dado. Ricordate che per la versione in alternata del dimmer occorre NON montare i ponticelli J1 e J2, che si devono invece realizzare nella versione in DC, ossia quella ad SCR; infatti in quest'ultima permettono l'arrivo dell'alimentazione ad Arduino, giacché non è presente il ponte raddrizzatore PT1.

Quanto al jumper JP1, va chiuso tra 1 e 2 se intendiamo utilizzare il regolatore a tre terminali e alimentare Arduino tramite lo stesso, ovvero fra 2 e 3 se vogliamo alimentare Arduino dal pin VIN con la tensione in arrivo dal diodo D1 e utilizzare i 5V che esso produce con il proprio regolatore interno, per far funzionare il resto del circuito.

IL SOFTWARE

A questo punto cominciamo a spiegare il cuore del programma. Abbiamo abbondantemente ricordato che per avere un funzionamento stabile del dimmer dobbiamo sincronizzarci alla tensione di rete e una volta fatto usare un contatore per ri-

tardare l'innesco del TRIAC o SCR. Ebbene per fare questo, l'unico modo efficace è usare un interrupt. In Arduino abbiamo un controllore ATmega328P che dispone di 26 interrupt il primo è ovviamente il reset.

Questa tabella di interrupt non è modificabile nemmeno in priorità: la priorità più alta è quella del numero 1 la più bassa quella del numero 26. Questo vuol dire che l'interrupt INTO che ha il 2 viene servito prima, ad esempio, del 24 che è il comparatore analogico. Di questo bisogna tenere conto, visto che non useremo uno ma ben 5 interrupt e che quindi l'ordine di priorità è fondamentale se vogliamo che il software controlli come vogliamo il circuito. Ecco quindi che il sincronismo della tensione di rete lo collegheremo al piedino D2 di Arduino che è quello che attiva l'INT0. L'INT0 è il nostro trigger, cioè il nostro grilletto che scatena la partenza del contatore (timer). Qui per ottenere un controllo indipendente dei due canali useremo il Timer1 e il Timer2 dell'ATmega328 lasceremo in pace il Timer0 che ci serve per eventuali istruzioni di delay in ambiente Arduino. Il controllo del software di fatto avviene controllando una macchina a stati con la variabile passo1 per il primo canale e passo2 per il secondo canale. Nella definizione della funzione di interrupt si azzerà il contatore, si mette a livello logico basso e si passa allo step successivo per ogni canale.

Ma vediamo bene il tutto partendo dall'inizio. La prima cosa è inizializzare e impostare le costanti, creare e inizializzare le variabili, definire le modalità di ingresso e di uscita dei vari pin digitali, mettere le uscite a livello logico basso, inizializzare il LCD e la strip Neopixel (che troverete commentata per ragioni di performance). Fatto tutto ciò passiamo a impostare i Timer, 1 e 2 come detto, ed i relativi interrupt. Attivo subito gli interrupt con *sei()* e quindi settiamo i timer 1 e 2 in modalità CTC cioè in Clear Timer on Compare mode dove i registri OCR1A o ICR1 sono usati per manipolare la risoluzione del conteggio. In questa modalità il contatore è azzerato ogni volta che il conteggio raggiunge OCR1A o ICR1, secondo le impostazioni che vengono fatte ai registri TCCRxA e TCCRxB, dove X viene sostituito con il valore del corrispondente timer – 1 o 2 – le quali riguardano anche il valore del prescaler. Qui bisogna fare attenzione, i due timer hanno risoluzioni diverse il timer 1 ha una risoluzione di 16 bit quindi conta fino a 65535 mentre il timer 2 ha una risoluzione di 8 bit e quin-



La parte di potenza del circuito con i TRIAC è collegata direttamente alla tensione di rete a 230Vca. Dovete quindi ASSOLUTAMENTE tenerne conto quando alimentate il circuito, perché il rischio di folgorazione è sempre presente quando si toccano i TRIAC o i collegamenti del carico. Quindi è richiesta la massima attenzione durante il collaudo del circuito e vivamente consigliata l'installazione in un contenitore in plastica, dotato di qualche feritoia per la ventilazione naturale dei dissipatori. Attenzione è richiesta anche se andate a compiere misure delle tensioni sul

carico (quelle mostrate in Fig. 3 e Fig. 4): in questo caso non collegate MAI una normale sonda dell'oscilloscopio ai capi del carico. Infatti il terminale di massa dell'oscilloscopio è collegato direttamente al conduttore di terra (o equipotenziale, come dice la norma) e quindi potreste fare un cortocircuito diretto della fase del circuito sulla terra, con relativi rischi di scoppio, folgorazione o incendio. Per fare queste misure si deve utilizzare una sonda DIFFERENZIALE, la quale isola elettricamente la parte sotto misura dalla parte collegata all'oscilloscopio. Il suo costo è sicuramente

importante, ma ne va della vostra vita e di quella di chi vi sta attorno. Inoltre è importante prendere consapevolezza dei rischi che si corrono montando dei circuiti collegati direttamente alla rete di alimentazione a 230V in alternata; è per questo che eviteremo di collegare la tensione di rete direttamente a massa od ad un altro capo del circuito di controllo in bassa tensione. L'utilizzo del trasformatore nel circuito va nella direzione di garantire l'isolamento galvanico. Il problema non sussiste con la versione a SCR, che lavora come dimmer in continua.

di al massimo conta fino a 255. Questo si riflette sui fattori dei prescaler e dei limiti di conteggio dei timer visto che si vuole avere una risoluzione minima di almeno 100µs in modo che ci sia spazio per fare una regolazione di almeno l'1% visto che il periodo della frequenza di rete è intorno ai 20ms. Il prescaler del Timer1 viene perciò fissato a 8 mentre quello del Timer2 a 1.024. Quindi settata la modalità di conteggio e prescaler, abilito per ogni timer l'interrupt di comparazione di tipo A OCIEXA, a seguire abilito la modalità di rilevazione del cambio di stato dell'interrupt INTO in modalità discesa (fall) e quindi abilito INTO. Per ultimi abilito gli interrupt dei pulsanti di on/off, abilitando e dapprima gli interrupt del banco e quindi i relativi ingressi (PCMSK).

A questo punto passiamo al calcolo del tempo di ritardo dell'accensione degli elementi attivi (TRIAC o SCR). Il calcolo deve tenere conto di alcuni fenomeni. Innanzitutto usando la transizione da 1 a 0 del pin INTO non sappiamo mai esattamente in quale istante accade, dipende dal singolo chip infatti l'ingresso è conforme alle specifiche TTL di segnale il quale afferma che è da considerare stato logico 0 quando il livello di tensione sul pin è tra -0,5V e il 30% del valore della Vcc. Questo vuol dire che quando il valore di tensione scende in un range compreso tra 0,5V e 1,5V al massimo si ha livello logico 0 a seconda che l'ingresso del chip sia più o meno sensibile. Il ciò si traduce in un anticipo della rilevazione dello zero che può arrivare fino a 3ms e che quindi bisogna compensare, inoltre ci sono le tolleranze dei componenti, tempi di latenza del ciclo di interrupt e i tempi del calcolo del micro.

Tutto questo fa sì che il tempo dei timer Ttimer1 e Ttimer2 siano costituiti così:

$$T_{timer} = \text{ritardo} + \text{extra} + \text{fase}$$

Il tempo di ritardo si regola con il trimmer di taratura, quello di fase è quello operativo che si regola con i potenziometri ed è stato inserito un tempo extra in quanto la taratura con il trimmer viene fatta per entrambi i canali e quindi ci potrebbe essere necessità di variare la taratura in funzione del fatto che i due canali non sono perfettamente identici.

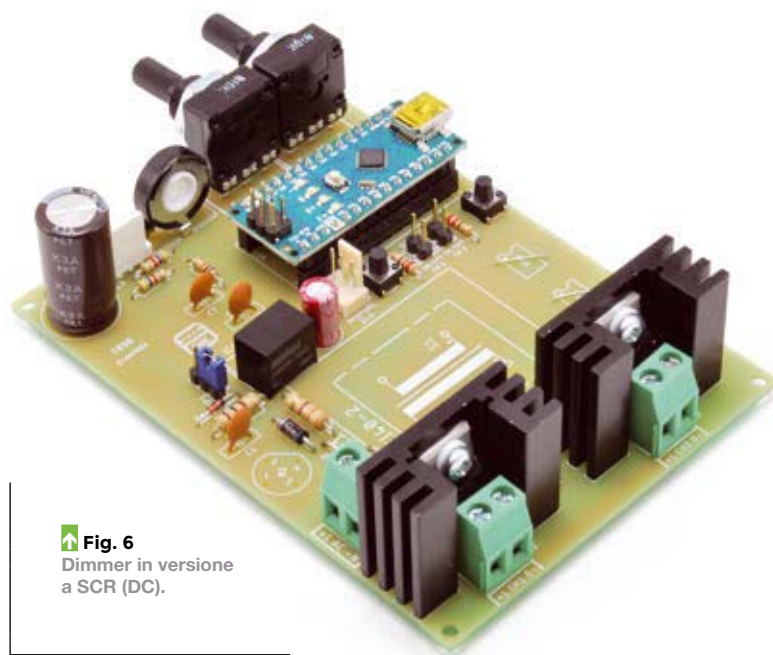


Fig. 6
Dimmer in versione
a SCR (DC).

Non solo, ma il trimmer ha una regolazione a zero "centrale" in modo da compensare in modo più agevole la taratura, inoltre per fare dei conteggi più accurati si fanno dei passaggi in virgola mobile. Fatta l'impostazione dei timer si passa il valore potenziometro alla routine di visualizzazione sul LCD che oltre a dare un valore in % da anche una visualizzazione tramite una barra grafica abbinata. La funzione che crea la barra è la **LCD_progress_bar** il cui codice originario è stato reperito sul forum di Arduino e poi modificato per creare l'effetto voluto. Non ne facciamo la spiegazione in quanto il codice è ben commentato con tutti i punti salienti del suo funzionamento evidenziati. Seguono quindi le routine di interrupt che non presentano grandi difficoltà, l'azzeramento del contatore è provvisto dalla modalità CTC stessa non resta che discriminare se l'interrupt è avvenuto per fine del tempo di ritardo impostato o per la fine del tempo di impulso. Infatti i timer sono utilizzati sia per il tempo di ritardo che per quello di impulso. Il tempo di impulso è tarato a 0,5ms sufficiente per innescare qualunque SCR o Triac. L'INTO azzerava il contatore dei timer e setta i valori di confronto dei registri OCRxA, mentre gli ultimi due interrupt impostano l'accensione o lo spegnimento del canale con una logica di tipo bistabile.

PROGRAMMAZIONE

Il circuito non presenta particolari problemi di programmazione, in quanto se usate una Fishino Guppy o una Arduino Nano originale basta il cavo seriale collegato al PC selezionare l'opportuna porta seriale e la scheda (che deve essere la nano). Attenzione ai cloni cinesi venduti da molti siti, perché nessuno di essi ha normalmente il bootloader caricato, quindi va caricato prima sfruttando gli ingressi SPI di programmazione con un programmatore (anche Arduino Uno va bene); a questo punto si può caricare lo sketch come per l'originale. Un idoneo programmatore è il Pololu venduto da Futura Elettronica (www.futurashop.it) con il codice USBPROGAVR.

COLLAUDO E TARATURA

Una volta completato il circuito, si può pensare al collaudo e alla taratura. Per prima cosa va precisato quali sono le connessioni da effettuare, differenti a seconda dell'applicazione e della circuitazione. La versione a TRIAC prevede che alla morsetteria X1 si colleghino i due fili della rete-luce a 230 Vca, rispettando l'ordine indicato, ossia la fase sul

morsetto L e il neutro su N. La terra andrà collegata all'eventuale contenitore. I carichi andranno connessi a CH1 e CH2.

Quanto alla versione con SCR, l'alimentazione continua o pulsante andrà applicata sempre a X1, ma con il negativo su L e il positivo su N; i carichi saranno collegati, al solito, a CH1 e CH2.

Il potenziometro R8 regolerà la potenza sul canale CH1 ed R9 quella sul CH2.

Il display si connette sempre al connettore SL3, a prescindere dalla versione di circuito montata. Per la taratura di questo circuito non vi sono particolari problemi: basta disporre di una lampadina a incandescenza, o se non se ne trovate più, una a LED dimmerabile va bene ugualmente. La procedura è semplice si mettono a zero i potenziometri di regolazione e a questo punto si gira il trimmer a destra o sinistra dalla posizione centrale fintanto che la luce della lampadina non si riduce ad un rosore (o anche allo spegnimento del filamento). Per le lampadine a LED dimmerabili si vede che la luce raggiunge il minimo e poi "vibra"; appena si supera il punto di regolazione la lampada si accende di colpo a piena luce.

CONCLUSIONI

Abbiamo presentato questo circuito nella convinzione che possa essere utile a tutti coloro che vogliono un progetto semplice ma interessante sia dal punto vista pratico che da quello didattico. La versatilità, concretizzata dal fatto di poter comandare lampade in alternata o carichi in continua o sinusoidale raddrizzata, ma anche LED Neopixel tramite l'apposito canale, consente di incontrare le esigenze di ognuno. 



Cosa occorre?

I componenti principali utilizzati per realizzare questo progetto sono disponibili presso Futura Elettronica.

La board Arduino Nano (cod. ARDUINONANO) è in vendita a Euro 25,00, la scheda Fishino Guppy WiFi (cod. GUPPY) è disponibile a Euro 33,90 e il display LCD 16x2 con interfaccia I²C (cod. LCD16X2AI2C) si può acquistare a Euro 8,00.

I prezzi si intendono IVA compresa.

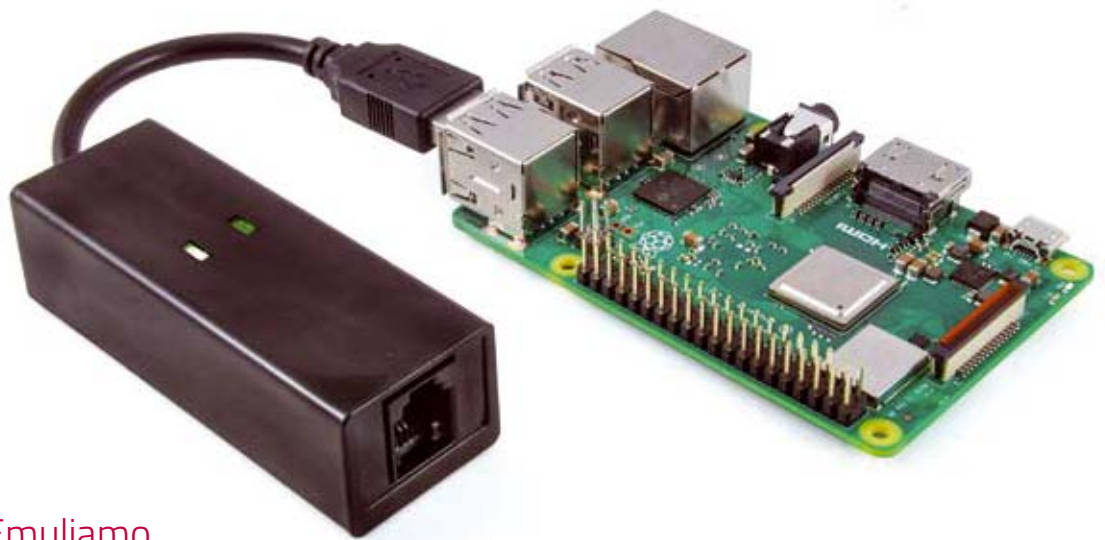
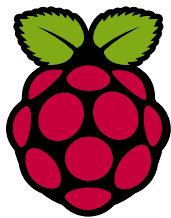
Il materiale va richiesto a:

**Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 - <http://www.futurashop.it>**



di SAMUELE BRUNINI

FAXMATIC



Emuliamo il vecchio e caro Fax su una Raspberry Pi appoggiandoci, per la ricetrasmisione, a un modem PSTN e a un server web.

Chi ha almeno una trentina d'anni ha certamente avuto modo di lavorare con un fax per inviare o ricevere documenti; eh, già, perché tale apparato, fino a prima dell'avvento della posta elettronica ed anche dopo, era l'unica maniera per inviare e ricevere documenti, scansionandoli sul terminale utilizzato per l'invio e riproducendoli (inizialmente su carta termica e poi tramite stampa a getto d'inchiostro o laser...) su un foglio di carta nel terminale ricevente. La trasmissione del documento, sotto forma di dati derivanti dalla sua scansione, avveniva mediante il protocol-

lo dedicato "fax" attraverso la normale linea del telefono commutata, una volta che il numero del destinatario era stato composto e che il telefax (questo è il nome corretto di quell'apparecchio, che tutti abbreviavamo in "fax") ricevente aveva risposto emettendo in linea il classico tono di risposta a 1 kHz, condiviso con il modem. Proprio con il modem, il fax condivideva il funzionamento, giacché l'interfaccia telefonica del telefax incorporava proprio un modem, che provvedeva all'invio o alla ricezione dei pacchetti di dati costituenti il documento scansito. Anche dopo l'avvento delle e-mail il fax ha continuato ad esistere per varie ragioni, alcune delle quali burocratiche (il fax ricevuto era considerato copia conforme all'originale e l'eventuale firma apposta sull'originale era ritenuta più veritiera di quella apposta a un documento scambiato via e-mail) ed altre connesse alle abitudini del personale in azienda; ha resistito anche alla graduale scomparsa dei telefax, le cui funzioni venivano integrate nei Personal Computer, purché dotati di scanner e stampante oppure di una multifunzione, giacché il PC è in grado di emulare il protocollo fax sia utilizzando modem PSTN (da linea commutata) sia modem/router per Internet. Sulla base di questo abbiamo pensato a una rivisitazione del fax in chiave moderna, utilizzando allo scopo una scheda Raspberry Pi sulla quale va in esecuzione un software che realizza un server web. Quindi per il nostro progetto utilizzeremo tale board, abbinata a un modem a 56 kbps interfacciato su USB, visibile nella **Fig. 1**; si tratta di un Easy-Link Faxmodem V.92 USB con connettore telefonico RJ11, funzionalità Dati, Fax e Voice, per Windows, Mac OS e Linux, basato su

chipset Conexant. Il modem supporta data-rate fino a 56 kbps (download) e 33,6 kbps (upload) e il protocollo fax a 14,4Kbps. Il modem è compatibile anche con i precedenti standard V.90 e V.34, oltre che con i protocolli fax T.31, V.17, V.29, V.27 e V.21, quindi anche con telefax molto datati.

COME FUNZIONA?

Il progetto nasce per sostituire il telefax tradizionale dove c'è ancora la linea telefonica commutata o la ISDN utilizzata in fonìa e sostanzialmente è in grado, appoggiandosi a un Web Server implementato in Raspberry Pi 3, di ricevere le telefonate da altri telefax, negoziare i parametri di connessione, stabilire la connessione tramite il modem 56kbps USB e decifrare il protocollo fax per ottenerne un documento che viene mantenuto nel server web. Quest'ultimo poi, tramite la connessione ethernet di cui Raspberry Pi dispone, notifica via e-mail agli indirizzi che avremo specificato nell'interfaccia web di utilizzo del server, l'arrivo di fax e può anche inviare il contenuto dei fax ricevuti tramite e-mail.

Per quanto riguarda l'invio, è possibile ma segue un percorso leggermente differente, nel senso che i fax e i loro allegati (per esempio documenti in formato PDF) vengono caricati sul Web Server e da questo inviati, convertiti in formato fax, attraverso la linea telefonica mediante il modem PSTN. Il server web implementato in Raspberry Pi è dunque il motore di questo nostro progetto e deve essere interpellato da un qualsiasi PC o dispositivo connesso a Internet attraverso il browser; la scheda deve pertanto essere connessa tramite ethernet, allorché è possibile collegarsi accedendo da rete LAN o WAN digitandone nel browser l'indirizzo IP (eventualmente preceduto dal percorso) nella barra degli indirizzi o da Internet, aprendo una porta sul browser e specificandola, tra i parametri dell'indirizzo IP (statico o dinamico è poco rilevante, l'importante è conoscerlo) nella solita address bar. Bene, ciò detto passiamo a vedere come si realizza il progetto, partendo dai componenti software richiesti per realizzare le funzioni descritte

COMPONENTI SOFTWARE RICHIESTI

Per fare in modo che Raspberry Pi sia in grado di ricevere e inviare fax è stato necessario scrivere due script in Python, uno per la gestione dei fax in arrivo e l'altro per quelli in uscita:

- `checkFile.py`;
- `invioFax.py`.

Fig. 1
Il modem 56k USB.



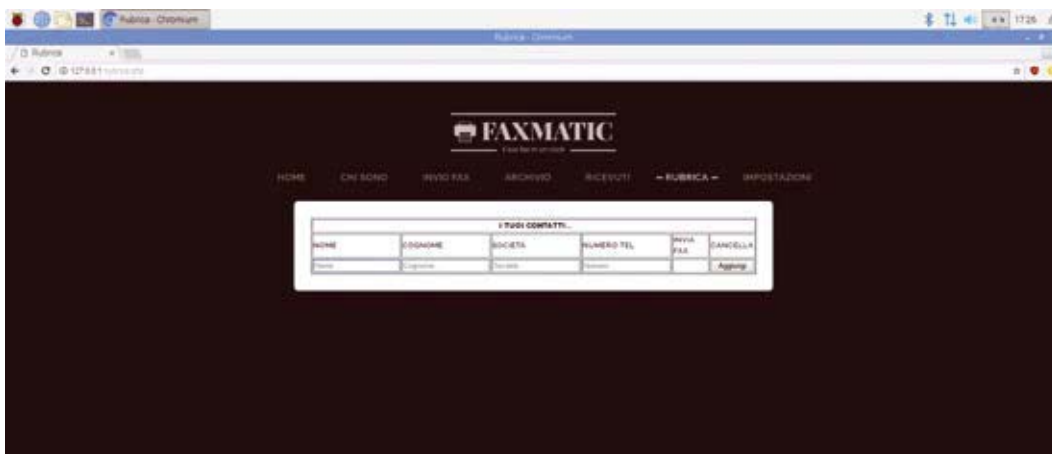


Fig. 2
Schermata
principale e
menu Rubrica.

Il primo si occupa dell'ascolto della linea telefonica per rilevare l'arrivo delle chiamate segnalato dal Ring Indicator del modem (traslato poi su protocollo USB) e di identificare il tono a 1 kHz generato dal telefax trasmittente per richiedere di stabilire la connessione; stabilisce quindi tale connessione e riceve i dati, che poi passa al Web Server. Il secondo script gestisce invece la fase, più complessa, della preparazione del file fax all'interno del server. Per poter funzionare, questi due script necessitano di alcuni pacchetti, che trovate già installati nell'immagine fornita sul nostro sito web www.elettronica.in.it; si tratta di:

- **mysqlDB;**
- **LAMP;**
- **mpack, smtp;**
- **tiff2pdf;**
- **hylafax.**

Apache è quello che realizza il Web Server in Linux (Apache, appunto) mentre mysqlDB è il database RDBMS (Relational Database Management

System) che utilizzeremo per creare e gestire la rubrica dei contatti e gestione fax in entrata e uscita. **tiff2pdf** è il pacchetto che, limitatamente alla trasmissione, convertirà i documenti PDF per l'invio. LAMP è una piattaforma utilizzata per lo sviluppo di software web based.

è composto da quattro componenti software e il suo nome deriva dalle iniziali di essi: L da Linux, A da Apache, M da MySQL; P da php, linguaggio utilizzato per scrivere script utilizzato per caricare file su server o accedere al database. Infine hylafax è il programma che materialmente gestirà i fax inviati e ricevuti: si tratta di un software rilasciato il giugno del 1991, inizialmente chiamato FlexFax che dopo alcuni aggiornamenti prese il nome in uso ancora oggi. Questo software è stato sviluppato in ambiente unix e pensato per permettere l'invio e la ricezione di fax da PC.

FUNZIONALITÀ DEL NOSTRO FAX

Bene, passiamo adesso ad analizzare le funzionalità implementate nel nostro telefax virtuale, che elenchiamo qui di seguito per poi descriverle una



Fig. 3
Aggiunta di
un contatto
avvenuta.

Fig. 4
Rimozione di un
contatto avvenuta.



ad una nei prossimi paragrafi:

- Invio fax
- Ricezione fax
- Consultare archivio fax ricevuti
- Consultare archivio fax spediti
- Rubrica
- Mailing list

Resta inteso che tali funzionalità saranno accessibili una volta avviato il sistema operativo e acceduto la pagina web del server.

Rubrica

Una volta avviato il software, dal menu Rubrica (Fig. 2) sarà possibile aggiungere i propri contatti per poter avere subito sotto mano le informazioni dei contatti e gestire più facilmente l'invio di fax attra-

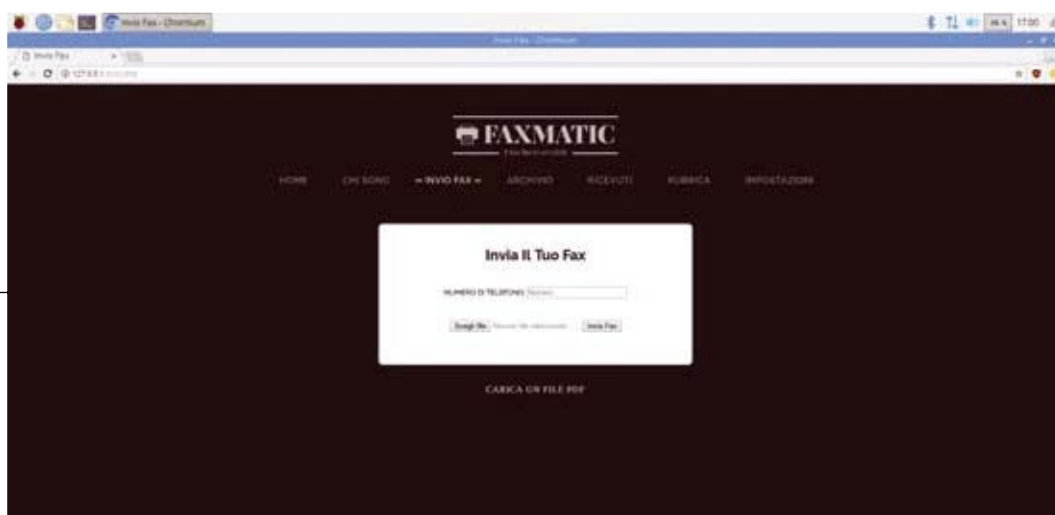
verso l'apposito pulsante a fianco di ogni contatto. È possibile aggiungere un contatto alla rubrica; allo scopo basta semplicemente compilare il form con i dati del destinatario e cliccare il pulsante **"Aggiungi"**. Una volta cliccato sul pulsante Aggiungi, se sarà andato tutto a buon fine apparirà un pop-up con il messaggio "Contatto aggiunto con successo" come mostrato nella schermata di Fig. 3.

È altresì possibile cancellare un contatto dalla rubrica; per farlo basta semplicemente cliccare il pulsante rosso con la X a fianco del contatto che si vuole eliminare, una volta cliccato apparirà un pop-up che ci confermerà la cancellazione avvenuta con successo del contatto (Fig. 4).

INVIO DI UN FAX

Vediamo adesso come si inviano i fax sia nel caso

Fig. 5
Inserimento
manuale
dei dati del
destinatario.



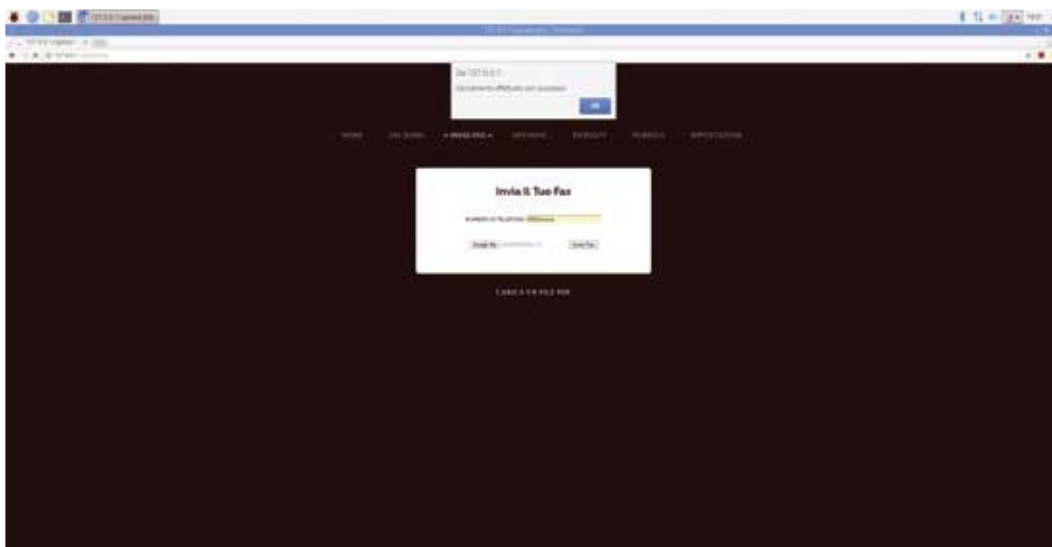


Fig. 6
Invio fax a un
contatto della
rubrica.

che il destinatario sia tra i contatti memorizzati in rubrica, sia se non è presente: in questo caso occorre inserire manualmente i relativi dati prima dell'invio. Analizziamo per primo il caso i cui si desideri inviare fax a un contatto della rubrica. Per inviare un fax ad un contatto salvato in rubrica sarà necessario cliccare il pulsante verde con l'aereo e il piano di carta a fianco del destinatario desiderato e verremo rimandati alla pagina di invio con il form del numero già compilato (**Fig. 6**). In caso il numero non sia in rubrica ci si può recare direttamente nella scheda "invio" e inserirlo manualmente nella finestra di dialogo visibile nella **Fig. 5**. Una volta inserito il numero premere il pulsante "scegli file" e selezionare il file pdf che si vuole spedire e in fine cliccare il pulsante "invio fax" per spedire il file, se tutto sarà andato a buon

fine verrà mostrato un pop-up con il seguente messaggio "Caricamento effettuato con successo".

ARCHIVIO FAX RICEVUTI/INVIATI

Una volta inviato o ricevuto un fax si ha la possibilità di consultarli attraverso la sezione "**archivio**" per quanto riguarda quelli inviati e la sezione "**ricevuti**" per i fax in arrivo (**Fig. 7**).

Per visualizzare il fax basta semplicemente cliccare sul tasto verde a fianco del file, invece per eliminarlo è necessario cliccare il pulsante rosso, una volta premuto apparirà un pop-up con il messaggio "**cancellato**". Le medesime funzione valgono per la sezione Ricevuti.

MAILING LIST

Attraverso la sezione Impostazioni abbiamo la

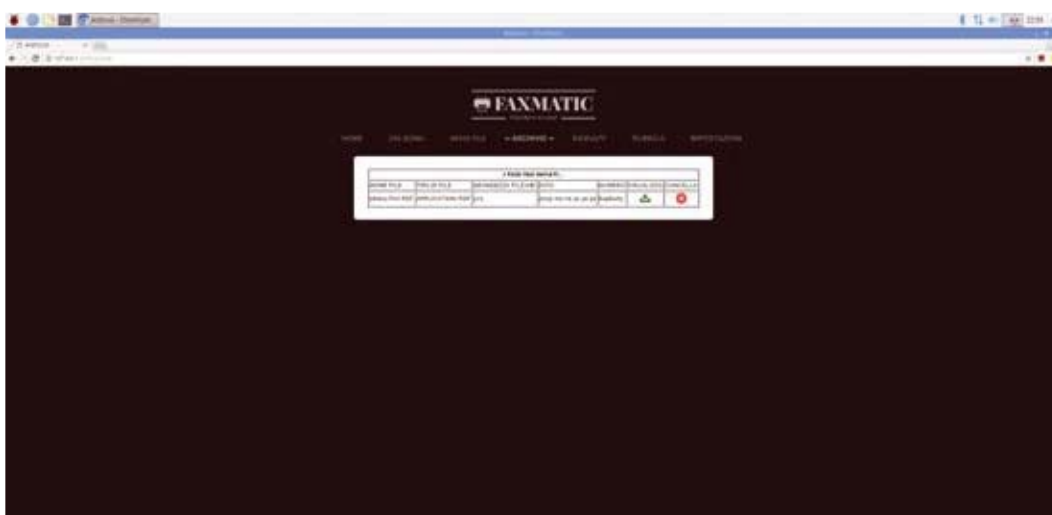


Fig. 7
Elenco
dell'attività fax.

Fig. 8
Impostazioni
Mailing list.



possibilità di impostare una mailing list di persone che riceveranno automaticamente via email i fax in pdf.

Non vi è alcun limite per quanto riguarda il numero di mail che si possono inserire.

Per aggiungere una mail alla mailing list è necessario accedere al menu Impostazioni, allorché ci si trova davanti alla finestra di dialogo proposta nella **Fig. 8**.

Una volta fatto ciò basterà aggiungere la propria e-mail e cliccare su aggiungi, verrà mostrato a schermo un pop-up con il messaggio di conferma dell'aggiunta della mail nella Mailing list (**Fig. 9**).

Per eliminare un indirizzo e-mail dalla Mailing

list come visto precedentemente negli altri form è necessario cliccare sul pulsante rosso a fianco della mail da eliminare e in seguito apparirà il messaggio di conferma dell'eliminazione della mail (**Fig. 10**).

CONFIGURAZIONE E-MAIL

Per abilitare la Raspberry Pi all'invio delle e-mail è necessario configurare un file raggiungibile dal percorso **etc/ssmtp/**.

Qui bisognerà modificare il file **ssmtp.config** come mostrato nella **Fig. 11**, ovvero si dovranno inserire i dati della propria casella di posta elettronica:

Fig. 9
Aggiunta alla Mailing
list avvenuta.

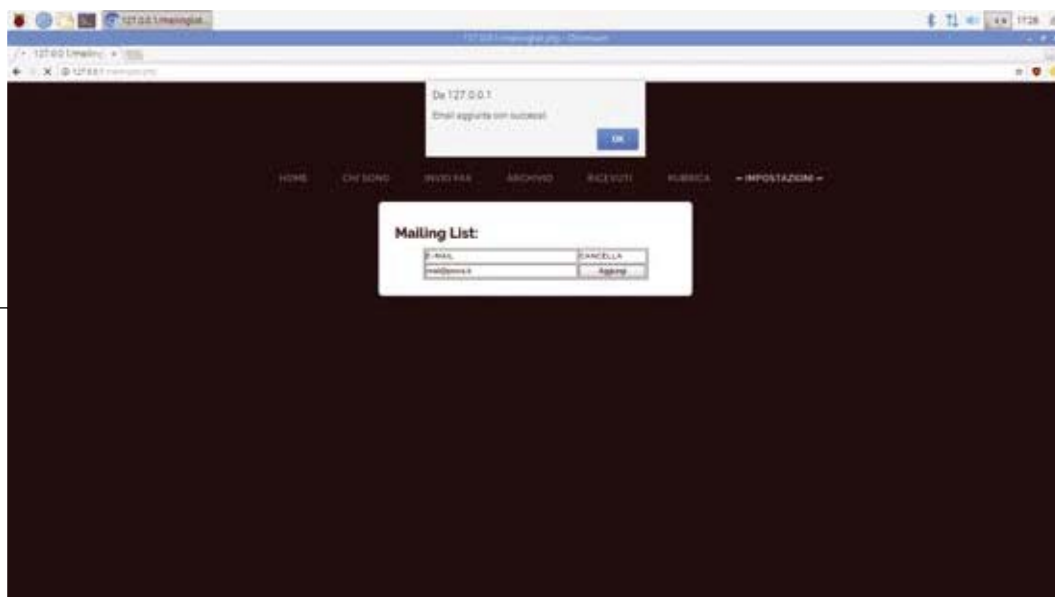




Fig. 10
Eliminazione
dell'e-mail.

root=mail@gmail.com //inserire la propria mail

mailhub=smtp.gmail.com:587 // lasciare invariato

AuthUser=mail@gmail.com

//inserire nuovamente la propria mail

AuthPass=password

//inserire la password della casella di posta

Attenzione: affinché il tutto funzioni è necessario che dopo il simbolo "=" non vi sia alcuno spazio; è inoltre indispensabile salvare il file e sarà così conclusa la configurazione del la Raspberry Pi. Notare che è importante attivare dalle impostazioni di

Google l'accesso ad app di terze parti se non è già stato fatto precedentemente.

INSTALLAZIONE SISTEMA OPERATIVO

Per far funzionare il nostro fax, Raspberry Pi necessita di un sistema operativo; allo scopo abbiamo preparato un'immagine ISO con sistema già configurato che vi permetterà, con pochi e semplici passaggi, di iniziare ad utilizzare il fax. Per prima cosa è necessario scaricare su una micro-SD l'immagine che trovate nel nostro sito Internet www.elettronica.in.it: quindi scarichiamo il file sul disco rigido, poi inseriamo la card nel computer e formattiamola. Ricordate che ci occorre una card

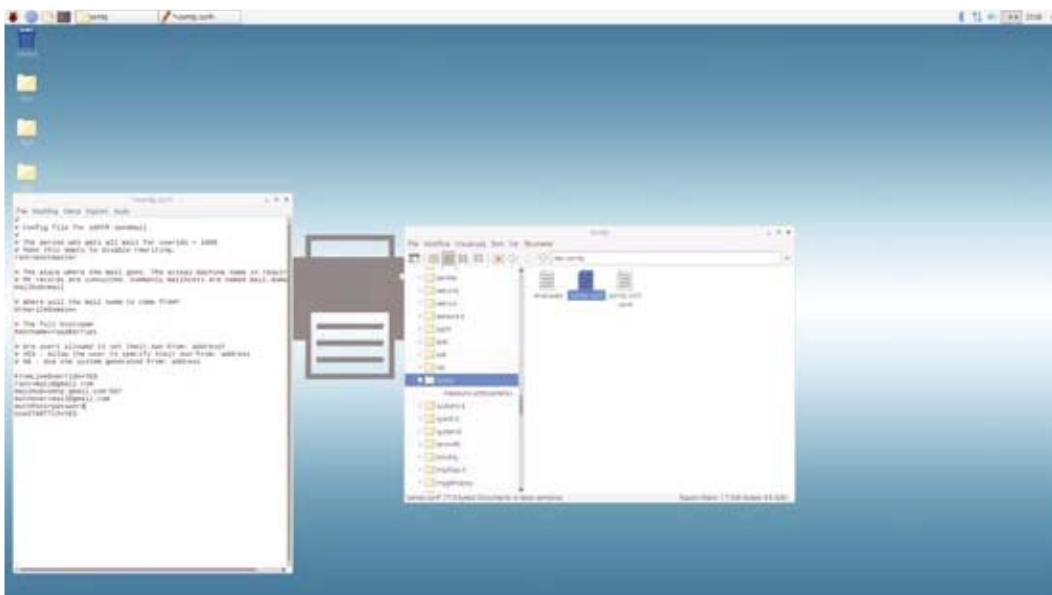
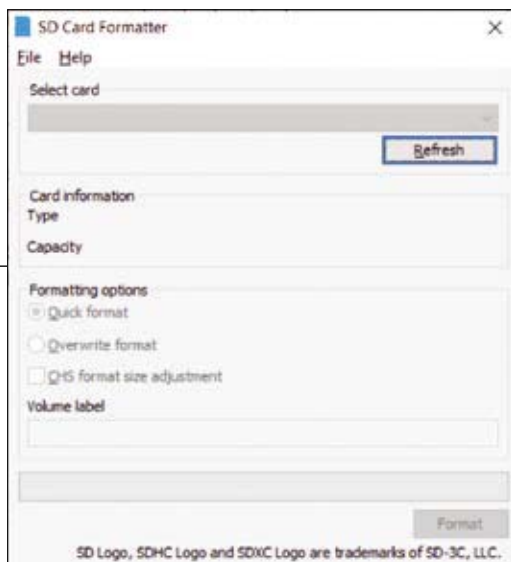


Fig. 11
Impostazioni
e-mail.

Fig. 12
Il software per
formattare l'SD card.



da 16 GB o più, perché l'immagine del sistema è più grande di 8 GB.

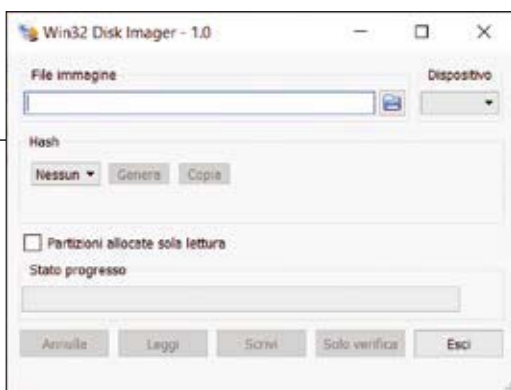
La formattazione va eseguita attraverso il tool **"SD Memory Card Formatter"** (Fig. 12) e allo scopo bisogna:

- aprire il tool Sd memory Card Formatter;
- selezionare la scheda SD attraverso il menu a tendina "Select card"; in caso non venga mostrato il dispositivo desiderato cliccare sul pulsante Refresh appena sotto il menu a destra;
- lasciare i parametri predefiniti e cliccare su "format" in basso a destra.

Una volta formattata la microSD si può procedere alla scrittura dell'immagine sulla scheda sd attraverso il tool **"Win32 Disk Imager"** seguendo questi passaggi:

- aprire il tool Win32 Disk imager;
- selezionare l'immagine iso da scrivere nella microSD;
- Selezionare la scheda sd appena formattata

Fig. 13
Win32 Disk Imager
permette di caricare
l'immagine su SD
card.



dal menu a tendina "dispositivi" in alto a destra (vedi Fig. 13);

- Per ultimo premere il tasto scrivi e la scrittura dell'immagine si avvierà, in caso appaia una finestra che avvisa dell'eliminazione dei file all'interno della scheda sd se si procederà, cliccare su continua.

A questo punto la scheda microSD è pronta.

PRIMA ACCENSIONE

Una volta inserita la scheda nel socket della Raspberry Pi si può collegare ad essa l'alimentatore e il cavo ethernet; ricordiamo che per poter accedere alla board e quindi al nostro telefax virtuale è necessario essere collegati alla stessa rete locale e questo vale sia per il WiFi che per la connessione tramite cavo ethernet. Notare che in WiFi la velocità di gestione o invio file potrebbe essere rallentata. Alimentata la board e stabilito il collegamento fisico di rete, per prima cosa bisogna configurare i parametri della casella e-mail che creerete appositamente per questo dispositivo e che verrà utilizzata per spedire i fax in pdf una volta ricevuti. Per tutte le configurazioni della Raspberry Pi si utilizza il desktop remoto di windows, perciò ogni volta che si dovrà modificare qualche impostazione bisognerà collegarsi attraverso RDP o se siete utenti più avanzati attraverso ssh in linea di comando. Per collegarsi a Raspberry Pi seguire questi passaggi:

- digitare nella barra di ricerca di Windows "RDP" e cliccare su Connessione desktop remoto, oppure andare in *start>Accessori Windows>Connessione Desktop Remoto*;
- inserire in Computer "FaxMatic" e cliccare connessi (Fig.14);
- nella schermata blu contenente un form di autenticazione che si aprirà (Fig.15) andate a inserire le credenziali per l'accesso alla Raspberry Pi; potete lasciare quelle predefinite per semplicità, ma se le volete modificare potete farlo senza alcun problema;
- in *username* inserire: "pi" ;
- in *password* inserire: "raspberrypi" e cliccare su OK.

Se tutto è stato eseguito correttamente ci si troverà davanti al desktop di Raspberry Pi (Fig. 16). In caso non ci si riesca a connettere al desktop verificare la correttezza delle credenziali di accesso e reinserirle se invece non si visualizza la pagina di autenticazione Fig.15 verificare il collegamento del cavo ethernet alla Raspberry Pi e del PC che

si sta utilizzando per la configurazione. È possibile accedere all'interfaccia web di FaxMatic da qualsiasi dispositivo, sia esso un PC o un apparato mobile.

Per accedervi è necessario essere collegati alla stessa rete locale di raspberry e digitare nella barra degli indirizzi del browser "<http://faxmatic/>".

INSTALLAZIONE HYLAFAX

Sebbene l'immagine ISO scaricabile dal nostro sito web sia già configurata con installato il pacchetto hylafax, ci sembra utile spiegarvi come installarlo nel caso partiate da un sistema operativo differente.

Per prima cosa aprite il terminale e aggiornate le dipendenze di noobs, quindi aggiornate il sistema con i seguenti comandi:

```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
```

in caso il sistema non sia aggiornato l'operazione potrebbe richiedere qualche minuto.

In seguito digitando questo comando si andrà ad installare HylaFax:

```
sudo apt-get install hylafax-server
```

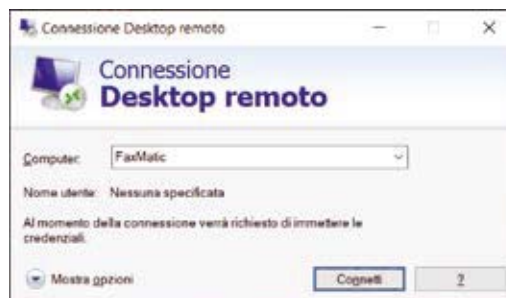


Fig. 14
Inserimento dell'indirizzo Raspberry Pi per la connessione.

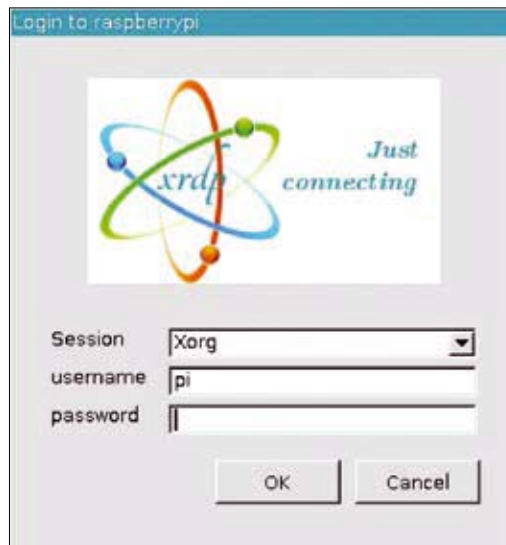


Fig. 15
Autenticazione accesso a Raspberry Pi.

Listato 1

```
Country code [1]? 39
Area code [415]? 0331 (dipende dalla vostra zona)
Phone number of fax modem [+1.999.555.1212]? "Vostro numero telefonico"
Local identification string (for TSI/CIG) ["NothingSetup"]? FaxMatic
Long distance dialing prefix [1]? 0
International dialing prefix [011]? 00
Dial string rules file (relative to /var/spool/hylafax) [etc/dialrules]?
Tracing during normal server operation [1]?
Tracing during send and receive sessions [1]?
Protection mode for received facsimile [0600]? 0644
Protection mode for session logs [0600]? 0644
Protection mode for ttyS0 [0600]? 0066
Rings to wait before answering [1]? 3
Modem speaker volume [off]? quiet
Command line arguments to getty program ["-h %l dx_%s"]?
Pathname of TSI access control list file (relative to /var/spool/hylafax) [""]?
Pathname of Caller-ID access control list file (relative to /var/spool/hylafax) [""]?
Tag line font file (relative to /var/spool/hylafax) [etc/lutRS18.pcf]?
Tag line format string ["From %l%c|Page %P of %T"]?
Time before purging a stale UUCP lock file (secs) [30]?
Hold UUCP lockfile during inbound data calls [Yes]?
Hold UUCP lockfile during inbound voice calls [Yes]?
Percent good lines to accept during copy quality checking [95]?
Max consecutive bad lines to accept during copy quality checking [5]? 3
Max number of pages to accept in a received facsimile [25]?
Syslog facility name for ServerTracing messages [daemon]?
Set UID to 0 to manipulate CLOCAL [""]?
Use available priority job scheduling mechanism [""]?
```

Fig. 16
Desktop di Raspberry Pi
con installato FaxMatic.



Alla richiesta di conferma dell'installazione digitate "s" come, appare in **Fig. 17**.

Al termine dell'installazione, se non dovesse venire visualizzato il setup digitate:

```
sudo faxsetup
```

e confermare quattro volte con "yes".

Verrà chiesto di selezionare la porta seriale dell'adattatore usb del modulo 56k, nel nostro caso inseriamo "ttyS0" in caso si utilizzi un adattatore seriale diverso a quello che proponiamo, sarà necessario provvedere a verificare quale sia la porta corretta.

In seguito bisognerà configurare i parametri del fax come ad esempio il proprio numero di telefono, gli squilli da far fare prima di ricevere il fax, utile se si ha un telefono collegato per permettere di rispondere al telefono in caso sia una chiamata; la configurazione è proposta nel **Listato 1**, dove dopo il punto di domanda si trova la configurazione che noi consigliamo, in caso non vi sia significa che

consigliamo di lasciare quella predefinita, quindi confermare con invio.

Bene, detto ciò abbiamo concluso; non ci resta che augurarvi buon lavoro con il vostro nuovo fax, che grazie a Raspberry Pi svolgerà le stesse funzioni di quello tradizionale, ma ingombrando e consumando enormemente meno. □



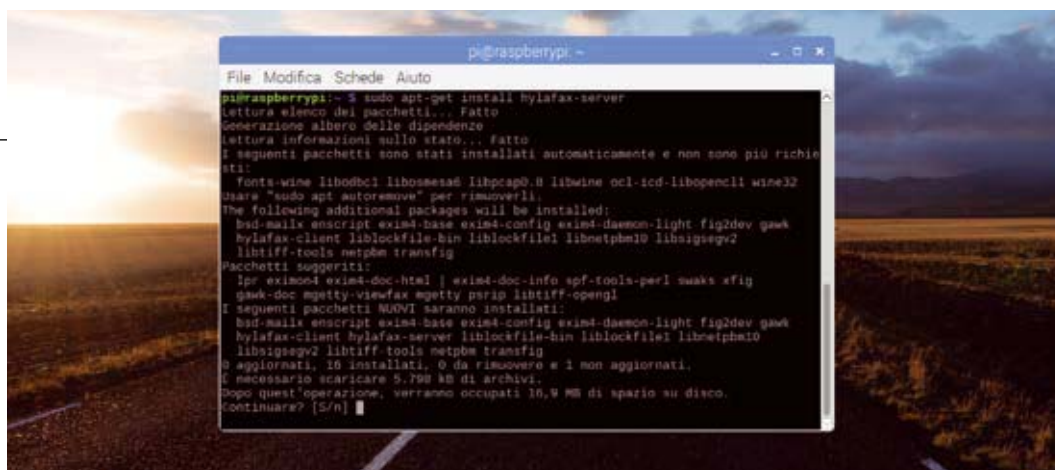
Cosa occorre?

Il modem utilizzato in questo progetto è di facile reperibilità, mentre la board Raspberry Pi 3 B+ (cod. RPI3BPLUS) è in vendita a Euro 44,00. Raspberry Pi 3 B+ è anche disponibile in starter kit (cod. RASPKITV7) al prezzo di Euro 59,90. I prezzi si intendono IVA compresa.

Il materiale va richiesto a:

**Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 - <http://www.futurashop.it>**

Fig. 17
Installazione del
pacchetto hylafax.



Il mondo dell'



dell'Ing. MIRCO SEGATELLO



Si parla tanto di Internet delle Cose, dei settori di impiego e dell'impatto sull'industria; proviamo a spiegare di cosa si tratta, facendo il punto sullo stato attuale e sugli scenari futuri che delinea.

Sono oramai diversi anni che si sente ripetere spesso la frase "siamo tutti connessi", intendendo che ciascuno di noi con il proprio dispositivo è connesso alla rete Internet e tramite i più svariati servizi offerti in rete è in grado di comunicare e scambiare ogni tipo di informazione. Si stima che le persone "connesse" ad Internet nel mondo abbiano superato i 4 miliardi (ovvero più della metà della popolazione), di cui ben 43 milioni solo in Italia. L'accesso ad Internet è quasi sempre associato all'utilizzo dei social media come Facebook, Youtube, Instagram e Whatsapp, solo

per citare i più importanti, con i quali ci intratteniamo anche diverse ore al giorno. Quasi tutte le informazioni di cui abbiamo bisogno sono reperite in rete, dalle previsioni meteo (il 63% degli Italiani le consulta almeno una volta al giorno), alle news giornalistiche, per non parlare di ricette culinarie piuttosto che di video e musica. Tutto questo è stato reso possibile da rete Internet, cui possiamo accedere tramite un servizio fornito da un Internet provider come ad esempio Telecom, Tiscali, Fastweb; in questo caso l'accesso alla rete avviene in modalità cablata, ovvero il vostro dispositivo, sia

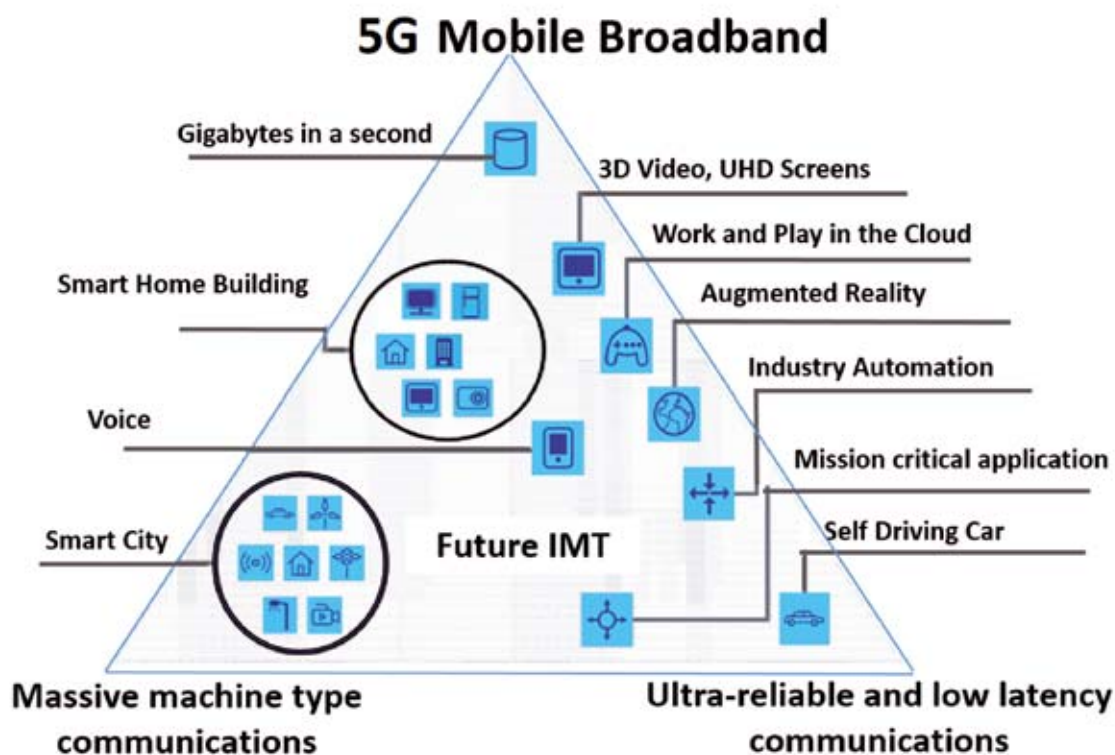


Fig. 1 - Esempificazione del nuovo standard 5G.

esso un PC desktop o un notebook, dovrà essere fisicamente connesso tramite un cavo di rete alla rete. È oramai di uso comune connettere fisicamente un router alla rete Internet ed utilizzare i vari dispositivi usufruendo della rete WiFi creata dal router stesso, permettendo l'accesso di più dispositivi contemporaneamente. Questa soluzione offre decisamente grande comodità, perché l'accesso è garantito da ogni punto della vostra abitazione (alle volte il segnale è usufruibile anche nel giardino circostante) tramite dispositivi mobile come smartphone e tablet. Se avete la necessità di connettervi al di fuori della vostra abitazione avete essenzialmente due possibilità: reti WiFi pubbliche ed operatori telefonici. Nel primo caso dovete avere la fortuna di capitare in una zona coperta da una rete WiFi pubblica, alla quale potersi connettere gratuitamente, soluzione frequente nei grossi centri commerciali, ma sempre più spesso anche in centro di alcune città più moderne. Se non sono presenti reti WiFi nelle vicinanze dovete optare per la seconda opzione ovvero usufruire dei servizi di un operatore telefonico come Tim, Wind, Vodafone (solo per citare i più famosi) i quali vi permettono, oltre alla gestione del traffico "voce", di accedere alla rete Internet per scaricare dati. Il sistema di telefonia mobile utilizzava inizialmente lo standard di comunicazione GSM (Global System for Mobile Communications) successivamente evolutosi in GPRS (2,5G), EDGE(2,75G), UMTS(3G), HSPA(3,5G) UMTS, LTE (4G) e per

finire il nuovo standard 5G (schematizzato nella Fig. 1) di cui si sono già concluse le gare di appalto per la spartizione delle frequenze ed in attesa della disponibilità dei nuovi servizi. Le più importanti novità risiedono nella maggiore velocità di connessione e nel più alto numero di utenti gestibile dalla singola stazione radio base ma, cosa per noi più importante, la significativa riduzione del tempo di latenza che consente al sistema di essere maggiormente "real time" e la gestione di un elevato numero di dispositivi a basso bit/rate connessi simultaneamente. Per la prima volta la rete gestirà in modo differente uno smartphone che sta visualizzando in streaming un video in HD da un sensore che sta inviando il dato (di pochi byte) della temperatura appena rilevata. Si stanno per aprire nuovi interessanti scenari per quanto riguarda l'automotive, in quanto veicoli vicini potranno scambiarsi informazioni in tempo reale per migliorare l'affidabilità e la sicurezza della guida autonoma, ma questa nuova tecnologia sarà utile anche nelle smart-city e per la connessioni di molti dispositivi indossabili. Però questa nuova tecnologia richiede la disponibilità di un maggior numero di accessi al sistema, per cui sarà inevitabile l'installazione di numerose altre antenne che funzionano in modo coerente e adattativo grazie alla tecnologia MIMO (multiple-input and multiple-output). Il 5G utilizza onde millimetriche con le fasce 3,4-3,8 GHz e 24,5-27,5 GHz, il che

pone qualche dubbio sulla salute pubblica in quanto non è ancora chiaro come queste onde interagiranno con il corpo umano.

Giusto per completare il discorso, ricordiamo che esisterebbe anche la possibilità di accedere ad una rete telefonica (ma anche dati) usufruendo della rete satellitare (geostazionaria e geosincrona) per telecomunicazioni. Per usufruire di questa tecnologia è necessario che il dispositivo di comunicazione (telefono satellitare) debba essere a "linea di vista"; ciò vuol dire che tra il telefono satellitare e almeno uno dei satelliti non devono esserci ostacoli che impediscano il passaggio del segnale. Il vantaggio enorme è invece dovuto al fatto che esistono operatori in grado di fornire una copertura globale, permettendo di comunicare sia in mezzo ad un deserto che in mezzo ad un oceano, dove non ci saranno mai ripetitori telefonici. La rete satellitare è decisamente più affidabile e meno congestionata della rete terrestre e non influenzata da cataclismi o incidenti di vario genere.

Una spinta importante al passaggio del 5G è senz'altro quella data dalla necessità di connessione alla rete di moltissimi dispositivi elettronici sparsi un po' ovunque in tutto il pianeta; non a caso si prevede che entro il 2023 ce ne siano circa 40 miliardi. Ma esattamente cosa intendiamo con dispositivi elettronici connessi? La **Fig. 2** propone alcuni esempi.

Ma a parte questi, molti governi in tutto il mondo stanno introducendo nuove tecnologie nell'ambito di quelle che vengono chiamate Smart City (**Fig. 3**) in cui, ad esempio, telecamere e lampioni sono connessi alla rete e dialogano con la centrale operativa che ne possa adattarne il funzionamento in base alle reali necessità del traffico, basti pensare ad un'ambulanza che debba raggiungere il luogo di un disastro e trova tutti i semafori verdi lungo il tragitto perché ad ogni singolo semaforo è stato impartito (in tempo reale) il relativo ordine. Immaginate un palazzo in fiamme al cui interno i sensori di fumo: essendo connessi in rete, sono in grado di fornire informazioni utili a soccorritori ancora prima



Fig. 2 - Dispositivi connessi.



Fig. 3 - Schematizzazione della Smart City.

che giungano sul luogo del disastro. L'intera illuminazione pubblica potrebbe essere gestita in base alle reali necessità dell'utenza, evitando di illuminare inutilmente zone in cui non vi sono persone. Pensate sia fantascienza? Andate a vedere Yinchuan, capitale della provincia di Ningxia, nel nord est della Cina, lontana dalle megalopoli di Shanghai e Pechino, è una delle Smart City più avanzate e si trova non a caso in una nazione in cui è stato pianificato la realizzazione di oltre 300 città intelligenti ed eco sostenibili costruite da zero. In questa città persino i cassonetti sono smart e avvisano gli operatori ecologici quando sono pieni ed è necessario svuotarli.

Oltre a progetti governativi anche nel privato esistono progetti molto importanti come quello della Philips denominato "illuminazione connessa" che fa uso di lampadine a tecnologia LED che sono in grado di adattarsi alle reali necessità dell'utilizzatore, perché ne apprendono il modo di utilizzo, perfette quindi per smart building e smart home. L'Italia è all'avanguardia per lo Smart Metering, ovvero il sistema di acquisizione dati basato sui sensori per i consumi di acqua, luce e gas con i quali sarà possibile offrire offerte personalizzare in base ai consumi reali dell'utente.

Certo gli esempi non finiscono qua: basti pensare a quanti oggetti di uso comune potrebbero disporre di nuove funzionalità se fossero collegati in rete, in generale parliamo quindi dell'Internet delle cose, in inglese Internet of Things (IoT). Il termine internet delle cose, in inglese Internet of Things (IoT) è un neologismo utilizzato in telecomunicazioni, coniato di recente per l'esigenza di dare un nome agli oggetti reali connessi ad internet. La definizione di Internet of Things è stata utilizzata per la prima volta nel 1999 da Kevin Aston, ingegnere e ricercatore presso il MIT, Massachusetts Institute of Technology, ma già prima di questa data, con la nascita di internet e del web semantico, i concetti di questa nuova tecnologia erano nell'aria.

Virtualmente qualsiasi oggetto può essere dotato della possibilità di collegarsi ad internet o a una rete locale, con la possibilità di scambiare informazione con altri dispositivi connessi oppure con una centrale operativa che raccoglie



Fig. 4 - Il frigorifero connesso di Samsung.

tutti i dati da loro acquisiti, per cui gli ambiti di applicazione dell'Internet delle cose sono praticamente infiniti. Già adesso molti dispositivi domestici connessi alla rete di casa posso essere controllati direttamente da uno smartphone: impostare il termostato di casa, vedere in tempo reale le immagini delle telecamere di sicurezza, la lavatrice che ci avvisa se ha finito il ciclo di lavaggio sono già realtà consolidate. E se il frigorifero ordinasse automaticamente i prodotti esauriti? Già è in vendita il frigorifero della Samsung (**Fig. 4**) che,

grazie a tre fotocamere interne, permette di conoscere il contenuto del frigo anche a distanza, di ordinare i prodotti terminati e grazie ad alcuni promemoria avvisa dei prodotti in fase di scadenza. Non possiamo esimerci dal nominare l'Industria 4.0 (Smart Manufacturing) nella quale le macchine connesse possono comunicare il loro stato di funzionamento ma anche comunicare la necessità di un intervento preventivo di manutenzione al superamento di un certo numero di ore di lavoro, ma anche comunicare un malfunzionamento direttamente al manutentore indicando con precisione dove la riparazione è necessaria. Anche gli oggetti in fase di lavorazione possono essere monitorati permettendo di tracciare completamente il percorso svolto e le eventuali criticità riscontrate in modo da migliorare l'efficienza.

Anche nell'ambito agricolo l'IoT (Smart Agriculture) porterà notevoli benefici, grazie a dispositivi smart in grado di rilevare il reale livello di umidità del terreno o lo stato di maturazione degli ortaggi, richiedendo automaticamente l'avvio dell'irrigazione e la somministrazione del concime nelle zone dove realmente serve, oppure l'avvio della raccolta.

Insomma, gli ambiti applicativi sono tantissimi e quasi tutto può diventare connesso, come fanno intendere le previsioni sulla crescita mondiale dei dispositivi che entreranno a far parte dell'Internet delle cose (**Fig. 5**).

Di pari passo andrà il mercato (**Fig. 6**) di tali dispositivi e dei sistemi e sottosistemi per connetterli alla Rete e gestirne i dati, ossia gateway, edge computer, server Cloud ecc. E l'Italia? L'Industria 4.0 è diventata un vero e proprio obiettivo del Governo Renzi, che avrebbe dovuto essere attuato

Global Number of Connected IoT Devices

Number of global active IoT Connections (installed base) in Bn

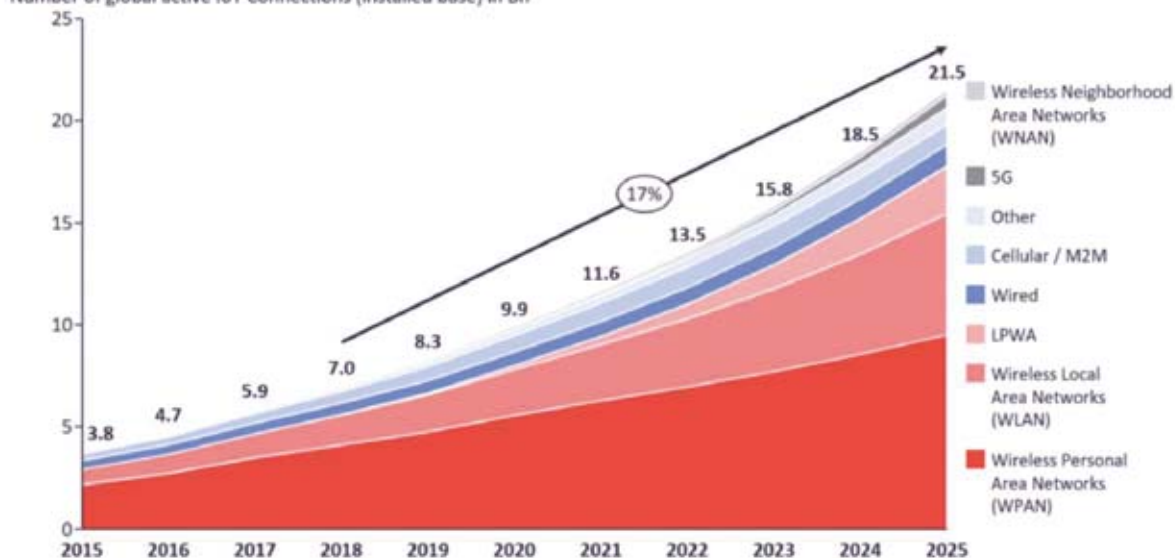


Fig. 5 - Crescita globale prevista per i dispositivi IoT.

Global IoT Market Forecast

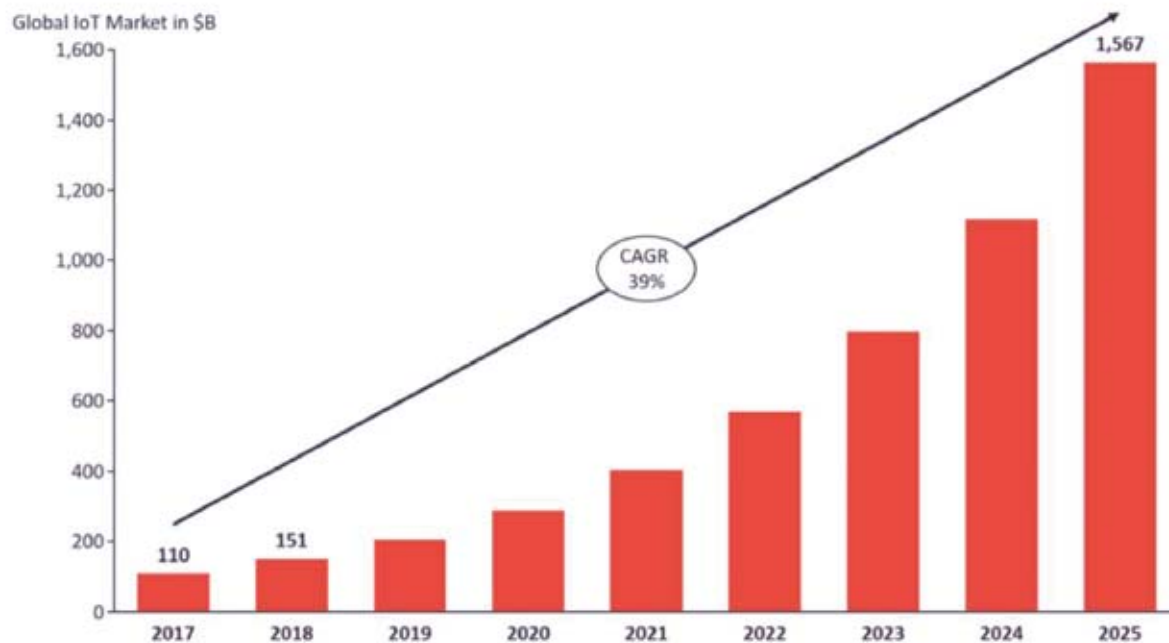


Fig. 6 - Andamento del mercato globale previsto per i dispositivi IoT.

con il Piano Calenda, dal nome del titolare del Ministero dello Sviluppo Economico (MISE). Il piano prevedeva il "superammortamento" per incentivare gli investimenti finalizzati al passaggio alla Digital Industry, il coinvolgimento delle università per la formazione sulle nuove tecnologie e per finire l'abbattimento dei vincoli proprietari sulle piattaforme e ambienti operativi. È evidente che l'Internet of Things sarà in grado di cambiare in modo radicale la vita quotidiana di tutti, con oggetti sempre più smart in grado di prendere da soli molte decisioni. In un futuro non troppo lontano sarà anche possibile controllare se il proprio gatto ha fatto i bisogni o se ha fame.

IoT E PRIVACY

Di fronte allo scenario prospettato, con dispositivi anche indossabili sempre connessi, sorge il problema della tutela delle persone e delle informazioni raccolte da sensori e apparati che presto invaderanno il mondo e con i quali ci troveremo a convivere; un problema che già esiste –sebbene sia sottovalutato dalla gente– con gli smartphone.

Sorge spontaneo chiedersi come sarà gestita la privacy e la tutela dei dati personali e sensibili. Il nuovo Apple Watch 4 è in grado di effettuare un ECG in circa 30 secondi, mentre la stessa Apple ha depositato un brevetto dal quale si può dedurre che le nuove cuffiette AirPods potranno disporre di un sensore capace di rilevare il battito cardiaco e la temperatura

corporea dell'utilizzatore e di registrare questi dati nell'app Salute dell'iPhone. Ma tutti questi dati che fine faranno? Lo stesso garante della privacy italiano ha avviato una consultazione per definire regole e tutele in merito all'Internet delle cose, sul testo si legge: "In particolare, l'Autorità intende acquisire elementi sulle modalità di informazione degli utenti, anche in vista di un eventuale consenso; sulla possibilità che fin dalla fase di progettazione dei servizi e dei prodotti gli operatori coinvolti adottino soluzioni tecnologiche a garanzia della privacy degli utenti (la cosiddetta "privacy by design"); sul ricorso a tecniche di cifratura e anonimizzazione delle informazioni; sulla interoperabilità dei servizi; sulla adozione di strumenti di certificazione."

La capillare diffusione di dispositivi connessi anche in contesti sensibili come nel campo medico e degli accessi pone un problema di sicurezza di grandissima importanza. Un hacker potrebbe attaccare uno di questi dispositivi al fine di bloccare uno stabilimento produttivo o violare accessi e sistemi di sicurezza o nel carpire lo stato di salute di una persona. Qualsiasi dispositivo che disponga di una connessione IP sulla rete dovrà essere dotato di sistemi di crittatura e protezione tali da garantirgli l'invulnerabilità, anche su questo aspetto si giocherà il successo di questa nuova tecnologia. Nelle prossime puntate del corso andremo nel pratico e vedremo come potremmo creare anche noi un oggetto connesso.



EuroHPC: in Italia uno dei tre supercomputer europei

Ci sarà anche l'Italia fra i Paesi che ospiteranno un computer di classe pre-exascale, un "supercomputer" con elevatissime capacità di calcolo, nell'ambito dell'attività che l'Euro-

pa sta mettendo in campo per sostenere la diffusione dell'high performance computing (HPC) come volano di crescita e innovazione. La nomina dell'Italia quale Paese ospitan-

te è avvenuta nell'ultimo Governing Board dell'European High Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC), ente creato dalla Commissione europea per promuovere lo sviluppo di una rete di supercomputer, e che ha avuto il compito di scegliere le sedi di questo progetto internazionale. Il nostro Paese si è proposto lo scorso 21 gennaio, grazie a un Consorzio congiunto con la Slovenia guidato dal Consorzio Interuniversitario CINECA, insieme all'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e alla Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA). La sede prevista è Bologna. EuroHPC ha approvato il finanziamento di tre supercomputer pre-exascale e di 5 modelli petascale. Il valore totale è di 840 milioni di euro, di cui quasi la metà sarà erogata dal bilancio di EuroHPC. L'altra parte sarà pagata dai paesi candidati.

Le 3 macchine pre-exascale saranno in gra-



Airbus celebra i suoi primi 50 anni

Al via le celebrazioni per il 50° anniversario dell'azienda con una spettacolare parata nei cieli di Tolosa di tutti i modelli Airbus attualmente in produzione accompagnati dalla Patrouille de France, la pattuglia acrobatica francese.

La campagna segna i 50 anni da quando il ministro dei Trasporti francese, Jean Chamant e il ministro tedesco degli Affari Economici, Karl Schiller, siglarono un accordo nell'ambito del Salone dell'Aviazione di Parigi del 1969 finalizzato allo

sviluppo congiunto dell'A300, il primo bimotore per il medio raggio a corridoio doppio.

"Quella di Airbus è una storia di ambizione e di progressi, ed è una dimostrazione dell'integrazione europea", ha dichiarato Guillaume Faury, CEO di Airbus. *"Per 50 anni abbiamo riunito le imprese dell'aviazione civile e della difesa da tutto il continente. Per 50 anni siamo stati dei pionieri e abbiamo raggiunto dei primati grazie alla nostra passione e innovazione, trasformando il settore*

e contribuendo a far progredire la società. Airbus è la storia di uomini e donne incredibili, una storia di grandi successi del passato e, soprattutto, del futuro".

Dal 29 maggio al 17 luglio, la campagna per il 50° anniversario darà vita a una serie di "storie" attraverso nuovi e coinvolgenti contenuti pubblicati sui canali Airbus. Con una nuova storia pubblicata ogni giorno, per 50 giorni consecutivi, la campagna metterà in risalto le persone e le innovazioni rivoluzionarie che hanno guidato l'azienda. La campagna metterà inoltre in luce diversi ambiti dell'attività di Airbus, tra cui aeromobili commerciali, elicotteri, spazio e difesa, oltre a una serie di programmi e iniziative.

La campagna dedicata al 50° anniversario



**HIGH PERFORMANCE
COMPUTING**

Si prevede che i sistemi pre-exascale forniranno una potenza di elaborazione 4-5 volte maggiore rispetto agli attuali sistemi di supercalcolo più importanti della Partnership per l'Advanced Computing in Europa (PRACE). Insieme ai sistemi di classe petascale, raddoppieranno le capacità di supercalcolo disponibili per l'utilizzo a livello europeo, il che significa che molti più utenti avranno accesso a tali risorse.



www.airbus.com

**Galileo PRS, inizia
la realizzazione del
segmento utente nazionale**

L'ASI, in collaborazione con l'Autorità Nazionale Galileo PRS

Le attività dureranno rispettivamente due e un anno e porteranno alla realizzazione del Prototipo di ricevitore duale da parte di Leonardo e al disegno preliminare del Centro Nazionale PRS da parte del RTI che include Telespazio, Leonardo e Thales Alenia Space Italia. Queste tecnologie saranno i primi *building block* del segmento utente Italiano che consentiranno agli utenti istituzionali e autorizzati nazionali di beneficiare delle grandi potenzialità del servizio PRS, sia in termini di resilienza e di confidenzialità.

How the PRS works

The diagram illustrates the PRS (Personal Rapid Response) system workflow. It shows the flow of information and data between various components:

- End User** (Incident) triggers a **PRS Request**.
- The **PRS Request** is received by the **Receiver**.
- The **Receiver** sends **PRS Orders** to the **GSM/GPRS** network.
- The **GSM/GPRS** network sends **Responses, Initialization & Keys** to the **PRS Participant Point of Contact**.
- The **PRS Participant Point of Contact** sends **PRS Orders** to the **GSM/GPRS** network.
- The **GSM/GPRS** network sends **PRS Orders** to the **GML**.
- The **GML** sends **PRS Orders** to the **GSM/GPRS** network.
- The **GSM/GPRS** network sends **PRS Orders** to the **Base Station**.
- The **Base Station** sends **PRS Orders** to the **Satellite**.
- The **Satellite** sends **PRS Orders** to the **Receiver**.
- The **Receiver** sends **PRS Orders** to the **GSM/GPRS** network.

Al via Starlink, la rete spaziale Internet di Elon Musk

Con l'intenzione di fornire connettività Internet ad alta velocità e basso costo su scala planetaria, anche nelle zone più remote ed in mezzo agli oceani, ha preso il via un altro progetto visionario di Elon Musk: la rete satellitare Starlink, con la messa in orbita mediante un vettore Falcon 9 di Space X, dei primi 60 satelliti, una piccola parte dei 12mila programmati per la copertura Internet a banda larga su scala planetaria, prevista per il 2027. Il lancio è avvenuto dalla base di lancio SLC-40 (Space Launch Complex 40) di Cape Canaveral, in Florida, e si è conclusa positivamente con la messa in orbita dei satelliti e col recupero del primo stadio del Falcon 9, il vettore a due stadi di Space X utilizzato per questa missione, vettore che era già stato usato per due precedenti missioni. Dopo la separazione, è cor-



rettamente atterrato sulla piattaforma Ocislly nell'Oceano Atlantico. Circa un'ora e due minuti dopo il decollo, i satelliti Starlink sono stati rilasciati a un'altitudine di 440 km e successivamente si sono posizionati nell'orbita di esercizio a 550 km di quota. Questi 60 satelliti rappresentano solo il primo passo per Starlink poiché, per entrare ufficialmente in funzione, i satelliti dovranno essere molti di più. Complessivamente, SpaceX ha in programma di schierare quasi 12mila satelliti entro la metà del 2027: 1600 a 550 km, 2800 a 1.150 km e 7500 a 340 km.

www.spacex.com

Sensori all'avanguardia per l'aviazione civile dal Politecnico di Torino



Un sistema innovativo, modulare e completamente integrato per la misurazione e il calcolo dei parametri di volo: è il risultato del progetto "Modular and Integrated Digital Probe for SAT Aircraft Air Data System" (MIDAS), finanziato nell'ambito del programma Small Air Transport (SAT) di Clean Sky 2 dall'Unione Europea e da Piaggio Aerospace e sviluppato da Manuela Battipede, Piero Gili e Angelo Lerro, docenti del **Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale del Politecnico di Torino**. Partner del progetto INRIM e SELT Aerospace.

Si tratta di un sistema dati aria che permette di ricavare diversi parametri dall'ambiente esterno - come pressione, angoli della direzione del vento relativo al velivolo e temperatura - indispensabili per il pilotaggio, il controllo e la navigazione degli aeromobili. Un'innovazione che poggia le sue basi sui **sensori virtuali** - "System and process for measuring and evaluating air and inertial data", un brevetto precedentemente registrato dallo stesso gruppo di ricerca - che, se impiegato, consente di ridurre il numero dei sensori di bordo, rispetto alle soluzioni tradizionali. La semplificazione deriva dalla "capacità di stima" che il sistema possiede: delle cinque grandezze "aria" necessarie al pilotaggio, tre vengono registrate e due stimate.

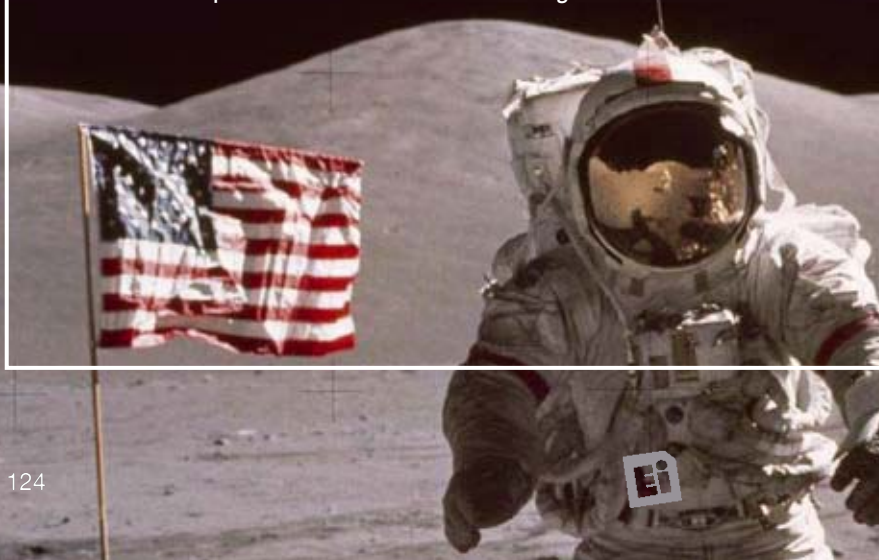
www.polito.it

I cinquant'anni dello sbarco sulla Luna

Sono passati esattamente 50 anni da quando il genere umano ha mosso i primi passi sulla superficie della Luna, un momento che ha cambiato per sempre la storia dell'umanità. Alle ore 02:56 UTC del 21 luglio 1969, Neil Armstrong e Buzz Aldrin diventano i primi uomini a camminare sulla superficie della Luna. La loro passeggiata lunare dura solo due ore e mezza, ma le loro conquiste lasciano un'impronta decisiva nella storia dell'esplorazione spaziale. Una missione che ha dell'incredibile specie se pensiamo allo sviluppo dell'elettronica di 50 anni fa, ancora legata ai transistor e all'assenza di infrastrutture quali il GPS. Se infatti

la tecnologia dei razzi vettori è rimasta simile per decenni, l'elettronica di allora era veramente agli albori: la capacità di calcolo complessiva della navicella Apollo 11 era paragonabile a quella di un odierno lettore MP3. La conquista della Luna ha segnato un lento declino delle attività della NASA; a prendere idealmente l'eredità sono state alcune società private americane, in primis SpaceX di Elon Musk. E proprio Space X ha in programma l'ambizioso progetto di uno sbarco su Marte entro il 2024 e la colonizzazione del pianeta rosso dal 2030 in poi.

www.nasa.gov



Trasformiamo le tue idee in realtà!

Servizio taglio laser e incisione

Futura Elettronica ti offre il servizio di taglio laser ed incisione per realizzare pannelli, parti meccaniche, mascherine, scritte, decori ed altro ancora in plexiglass (o metacrilato).



Servizio stampa 3D

Futura Elettronica mette inoltre a disposizione le proprie stampanti 3D FDM, per chi vuole realizzare un oggetto tridimensionale con dimensioni fino a 40x40x40 cm.

Informazioni dettagliate su
www.futurashop.it

Enel X, Nissan e RSE sperimentano la tecnologia Vehicle to Grid



Enel X, Nissan e RSE avviano la prima sperimentazione in Italia per lo sviluppo e la dimostrazione del Vehicle to Grid, la tecnologia grazie alla quale le auto possono immagazzinare e restituire energia per la stabilizzazione della rete. Il progetto prevede l'utilizzo di due infrastrutture di ricarica bidirezionale di Enel X, installate nella microrete sperimentale di RSE, che attraverso un'apposita piattaforma di controllo consentono di utilizzare le Nissan LEAF per la stabilizzazione della rete. La completezza delle funzioni che verranno sperimentate, che comprendono un'ampia gamma di servizi ancillari, come l'ottimizzazione dei flussi energetici dell'utenza, fa di questo progetto una novità anche in ambito europeo. Oggi i veicoli elettrici sono sempre più integrati nell'ecosiste-

ma dell'energia passando da semplici mezzi di trasporto a vettori energetici, e giocano un ruolo importante nel processo di transizione dai combustibili fossili alle fonti rinnovabili. L'obiettivo del progetto è testare le funzionalità del V2G in base alle abitudini degli utenti privati e di coloro che utilizzano veicoli di flotte aziendali. Durante i periodi di ricarica le batterie saranno impiegate come sistemi di accumulo energetico connessi alla rete, in grado di garantire vantaggi per il sistema elettrico e per i possessori delle auto. In particolare, la tecnologia V2G permetterà di massimizzare l'autoconsumo di energia rinnovabile da impianti domestici, ottimizzare i flussi di energia prodotta e consumata a livello locale e garantire la continuità della fornitura di energia in caso di interruzioni. A questo si aggiunge l'opportunità per i possessori di auto elettriche di ottenere una remunerazione per i servizi forniti al sistema elettrico, massimizzando i benefici ambientali ed economici della mobilità a zero emissioni.

www.enel.com

Eni ed ENEA per la ricerca sulla fusione

Il Presidente dell'ENEA - Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile Federico Testa e l'Amministratore Delegato di Eni, Claudio Descalzi, hanno firmato un protocollo d'intesa che apre la strada alla collaborazione nella ricerca sulla fusione a confinamento magnetico, per ottenere energia pulita, sostenibile e sicura con il meccanismo con cui viene prodotta energia nel Sole. In particolare, il Memorandum of Understanding (MoU) prevede la possibilità di collaborare, attraverso la costituzione di un'apposita società, nella realizzazione e conduzione del progetto Divertor Tokamak Test (DTT), il polo scientifico-tecnologico in realizzazione presso il centro ENEA di Frascati. Il DTT si propone come nuova macchina sperimentale per testare diverse soluzioni e fornire risposte scientifiche e tecnologiche ad alcuni aspetti peculiari del processo di fusione, quale ad esempio la gestione di elevatissime temperature.

L'impianto di stoccaggio di energia più grande del mondo sta per sorgere in Utah

Mitsubishi sta conducendo un ambizioso progetto per sviluppare quello che afferma essere il più grande progetto di stoccaggio di energia al mondo.

L'impresa trarrà vantaggio dalle caverne di sale di proprietà di Magnum Development. Mentre la tecnologia a base di litio domina il mercato delle batterie su larga scala, il progetto Advanced Clean Energy Storage (ACES) cercherà di sviluppare tecnologie alternative senza l'impiego di litio. L'impianto avrà una capacità di accumulo equivalente ad 1 GW contro i 100 MW degli impianti più grandi attualmente in funzione.

Per stoccare l'energia viene utilizzato l'idrogeno che fa parte di una strategia di più ampio respiro di Mitsubishi Hitachi Power Systems (MHPS). L'azienda ha sviluppato una turbina a gas per centrali elettriche in grado di funzionare in modo efficiente con una miscela di gas naturale e idrogeno e ha delineato una roadmap tecnologica che alla fine vedrà la turbina usare esclusivamente idrogeno. Se il processo di elettrolisi utilizzato per produrre l'idrogeno è alimentato da fonti rinnovabili, allora l'idrogeno può essere considerato una fonte di energia rinnovabile.

"In California e in altri stati degli Stati Uni-

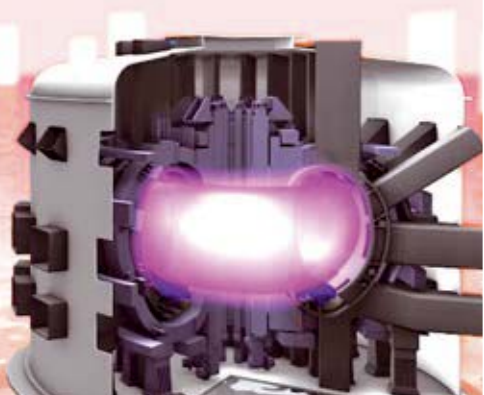
ti occidentali, che presto non avranno più centrali a carbone, abbiamo bisogno di un passo ulteriore verso la decarbonizzazione. Mescolare gas naturale e stoccaggio, e infine utilizzare il 100% di stoccaggio rinnovabile, è il passo giusto", ha dichiarato Paul Browning, presidente e CEO di MHPS Americas. "Quando aggiungiamo turbine a gas alimentate con idrogeno rinnovabile a un sistema di stoccaggio di idrogeno, otteniamo una soluzione che immagazzina e genera elettricità con zero emissioni di carbonio".

www.changeinpower.com/

Il Memorandum prevede, nello specifico, la definizione degli ambiti di azione e degli impegni delle Parti per realizzare e condurre il progetto DTT e la valutazione congiunta delle modalità di costituzione del veicolo societario.

L'accordo sulla fusione fa seguito al Protocollo d'Intesa siglato nel luglio 2018 per individuare aree di comune interesse per lo sviluppo congiunto di soluzioni tecnologiche innovative.

www.eni.com



Online il Rapporto delle Attività 2018 del GSE

Dal Report 2018 del GSE (Gestore dei Servizi Energetici) emerge come il nostro Paese, dopo aver superato gli obiettivi europei al 2020 in materia di consumi energetici coperti da fonti rinnovabili, ha raggiunto, nel 2018, il 18,1% del fabbisogno energetico totale da rinnovabili e il 34,4% di consumi di energia elettrica coperti da impianti di produzione a fonti rinnovabili. Il corposo report può essere scaricato gratuitamente dal sito GSE. In tema di rinnovabili elettriche, a fine 2018, risultavano in esercizio oltre 1 GW

di potenza aggiuntiva rispetto al 2017, per circa metà relativa a impianti, in larga parte eolici, che hanno fatto richiesta di incentivi ai sensi dei DD.MM. 23 giugno 2016 e 6 luglio 2012 (altri 750 MW di nuovi impianti devono ancora entrare in esercizio). A ciò si aggiungono circa 450 MW di impianti fotovoltaici (tra cui spiccano i 46.000 nuovi im-

pianti in Scambio sul Posto). In termini di energia, nel 2018 si registrano quasi 11 TWh in più dell'anno precedente, principalmente per l'incremento della produzione idroelettrica (+ 13 TWh) che ha più che compensato il calo della produzione fotovoltaica (- 1,7 TWh) dovuto al minore irraggiamento.

Anche nel 2018, per il quinto anno consecutivo, l'Italia ha superato la soglia del 17% dei consumi soddisfatti mediante le energie rinnovabili, obiettivo assegnato dalla Direttiva 2009/28/UE per

l'anno 2020: valutazioni preliminari conducono ad un dato intorno al 18,1%, stimato considerando la procedura statistica di normalizzazione della produzione idroelettrica e le prime valutazioni sui consumi totali, sostanzialmente stabili rispetto all'anno precedente.

www.gse.it



Produzione record di idrogeno grazie al solare a concentrazione

I ricercatori del Laboratorio di Scienza ed Ingegneria delle Energie Rinnovabili dell'EPFL (LRESE) hanno avuto l'idea di concentrare l'irradiazione solare per produrre una quantità maggiore di idrogeno su una data area ad un costo inferiore. Hanno sviluppato un sistema fotoelettrochimico potenziato che, se usato in combinazione con l'irradiazione solare concentrata e la

gestione termica intelligente, può trasformare l'energia solare in idrogeno con un tasso di conversione del 17% e una potenza e densità di corrente senza precedenti. Inoltre, la loro tecnologia è stabile e in grado di gestire le dinamiche stocastiche dell'irraggiamento solare quotidiano.

I risultati della loro ricerca sono stati pubblicati su Nature Energy.

"Nel nostro dispositivo, un sottile strato di acqua scorre sopra una cella solare per raffreddarla. La temperatura del sistema rimane relativamente bassa, consentendo alla cella solare di offrire prestazioni migliori", afferma Saurabh Tembhurne, coautore dello studio. "Allo stesso tempo, il calore estratto dall'acqua viene trasferito ai catalizzatori, migliorando così la reazione chimica e aumentando il tasso di produzione dell'idrogeno", aggiunge Fredy Nandjou.

<https://actu.epfl.ch/>



X Shore, la Tesla dei mari

Come la Tesla è una imbarcazione curata nei minimi particolari, di fascia sicuramente alta. E come la Tesla è completamente elettrica.

La serie Eelex è completamente alimentata elettricamente ed è disponibile in due modelli, 6,5m 6500 e 8m 8000.

Il fondatore di X Shore, **Konrad Bergström**, elenca i vantaggi delle sue imbarcazioni a propulsione elettrica: "Le imbarcazioni X Shore sono all'avanguardia in tecnologia, design e sostenibilità. Una volta che hai sperimentato il mare senza rumore e fumi, non

puoi più tornare indietro. È magico. Questo è il motivo per cui siamo così fortemente impegnati a contribuire a un cambiamento nell'industria marittima verso l'eliminazione dei combustibili fossili".

Sviluppati in collaborazione con Rolls-Royce e costruiti sotto l'egida del costruttore

di barche svedese Storebro, entrambi i modelli hanno una velocità massima di 40 nodi e possono viaggiare fino a 100 miglia nautiche con una singola carica alla velocità di crociera.

www.xshore.com



Report Irena: per le rinnovabili costi sempre più bassi

Continua a crescere la competitività delle fonti rinnovabili rispetto ai combustibili fossili. Lo evidenzia il nuovo report dell'Irena, l'Agenzia Internazionale per le rinnovabili (International Renewable Energy Agency).

Lo studio Renewable Power Generation Costs, riferito all'anno 2018, mette in evidenza l'ulteriore riduzione dei costi del fotovoltaico e dell'eolico.

Rilasciato in vista delle discussioni sull'energia e sul clima in corso presso le Nazioni Unite, il report si basa sui costi e sui prezzi delle aste a livello globale e rileva come i costi di tutte le tecnologie di generazione di energia rinnovabile disponibili sul mercato sono diminuiti nel corso del 2018.

Il costo medio ponderato globale dell'elettricità è diminuito del 26% annuo nel caso dei sistemi CSP (energia solare a concentrazione), seguito da bioenergia (-14%), solare fotovoltaico (PV) e eolico (entrambe -13%), idroelettrica (-12%), geotermica e offshore vento (entrambi -1%).

Il report segnala inoltre come l'energia eolica e solare fotovoltaica onshore sono ora, quasi sempre, meno costose di qualsiasi opzione a base di combustibili fossili, senza incentivi governativi.

I costi delle nuove installazioni solari ed

eoliche saranno sempre inferiori a quelli dei soli costi operativi degli attuali impianti a carbone.

I bassi costi della tecnologia rendono le rinnovabili la spina dorsale competitiva della decarbonizzazione, un obiettivo climatico cruciale.

Le previsioni di costo per il solare fotovoltaico e l'energia eolica onshore continuano a essere riviste man mano che emergono nuovi dati, con le energie rinnovabili che battono costantemente le aspettative precedenti.

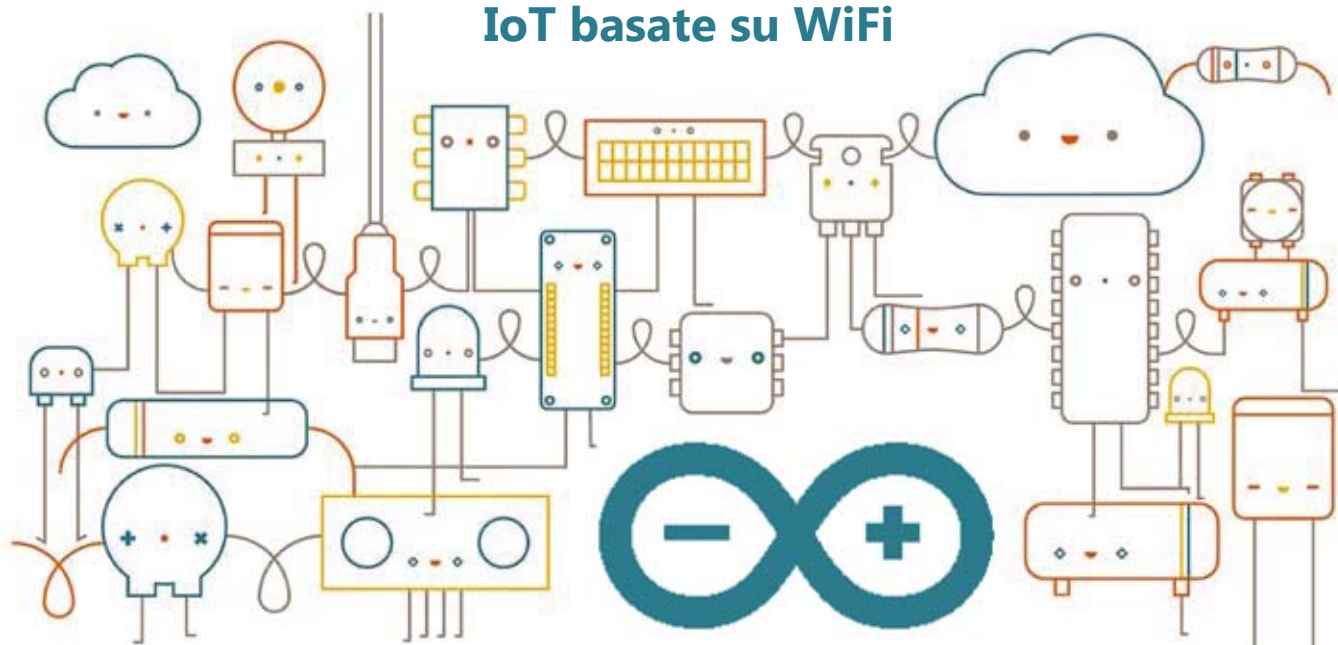
Oltre a rivedere le tendenze dei costi, il report analizza i componenti di costo in dettaglio. Il rapporto si basa sulla banca dati dei costi di IRENA di circa 17.000 progetti di generazione di energia rinnovabile e di 9.000 accordi di acquisto di energia da fonti rinnovabili.

www.irena.org



ARDUINO PROFESSIONAL

Schede Arduino professionali progettate per
velocizzare e semplificare lo sviluppo di applicazioni
IoT basate su WiFi



Prezzi IVA inclusa.



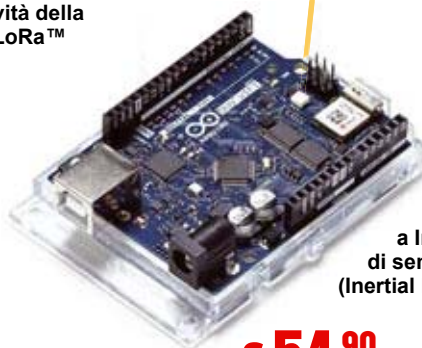
**Arduino
MKR WAN
1300**

Offre le funzionalità di
Arduino Zero
e la connettività della
tecnologia LoRa™

€ 44,00

Cod. MKR WAN1300

**Arduino
UNO
WiFi
REV2**

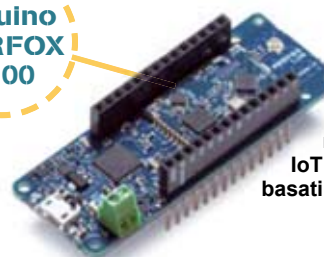


Il WiFi integrato
facilita la connessione
a Internet. Dispone
di sensore IMU
(Inertial Measurement Unit)

€ 54,90

Cod. ARDUINOWIFI

**Arduino
MKR FOX
1200**



Ideale per
realizzare progetti
IoT (Internet of Thing)
basati su Sigfox

€ 43,90

Cod. MKR FOX1200

**Arduino
MKR
1000**



€ 45,00

Cod. MKR1000

**Arduino
MKR
VIDOR
4000**

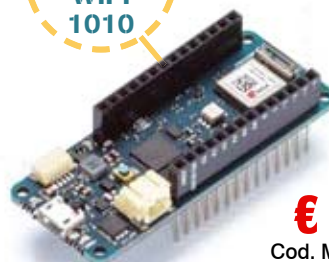


Dotata di modulo Wi-Fi
u-blox, rende la tecnologia
FPGA accessibile
a tutti

€ 78,00

Cod. MKRVIDOR4000

**Arduino
MKR
WiFi
1010**



Progettata per
velocizzare e semplificare
la prototipazione di
applicazioni IoT basate
sulla connettività Wi-Fi

€ 34,00

Cod. MKRWIFI1010

KIT PER RASPBERRY Pi 3 A+

Il kit contiene: board Raspberry Pi 3 modello A+ e relativo contenitore in plexiglass trasparente, SD card da 16GB con applicazione NOOBS, cavo HDMI 2.0 high speed da 0,7 metri, alimentatore switching ultra compatto da 5 V - 2,5 A con connettore micro USB.



€ 59,90

Cod. RASKITV8

STARTER KIT PER RASPBERRY PI ZERO W

Il kit contiene: board Raspberry Pi Zero W e relativo contenitore realizzato in materiale plastico, cavo USB/microUSB con interruttore, cavo HDMI, connettore passo 2 X 2.54 e adattatore HDMI/miniHDMI.



€ 39,90

Cod. RASKITV9

I MIGLIORI KIT PER RASPBERRY Pi LI TROVI SOLO DA NOI!



Prezzi IVA inclusa.

KIT PER RASPBERRY Pi 3 B+

Il kit contiene: board Raspberry pi 3 modello B+, alimentatore switching ultra compatto con uscita 5 V - 2,5 A con connettore micro USB, cavo HDMI 2.0 high speed, contenitore per Raspberry Pi 3 B+, set di dissipatori.



€ 59,90

Cod. RASKITV7

KIT PER RASPBERRY Pi 3 B

Il kit contiene: board Raspberry Pi 3 modello B, alimentatore switching ultra compatto da 5 V - 2,5 A con connettore micro USB, cavo HDMI 2.0 high speed, cavo FTP CAT5E 2xRJ45, SD card HC da 8GB con applicazione NOOBS, contenitore trasparente per Raspberry Pi 3 tipo B.



€ 69,90

Cod. RASKITV6