

Mensile di elettronica applicata, attualità scientifica, novità tecnologiche.

Elettronica In

www.elettronica.in.it

oltre l'elettronica

Anno XV - n. 135
Marzo 2009

€ 5,00



Speciale
**ILLUMINAZIONE
a LED**

Controller per acquari con celle di Peltier



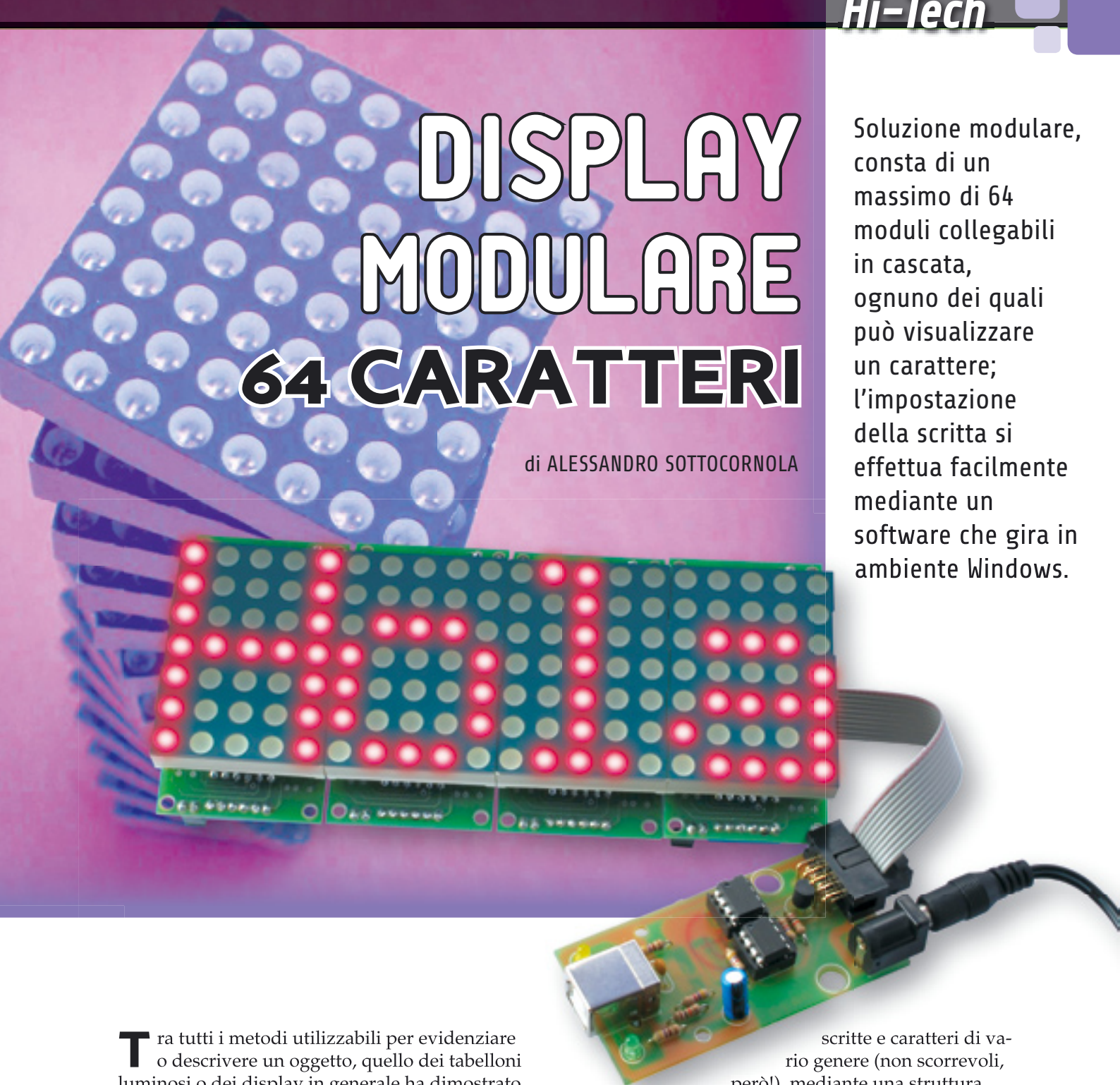
- Interfaccia audio-USB
- Bridge GSM-ETHERNET
- Display modulare
64 caratteri
- Tutto sugli ENCODER
- Ricevitori radio
per EnOcean PTM200

ESCLUSIVO!
Corso ZigBee

DISPLAY MODULARE 64 CARATTERI

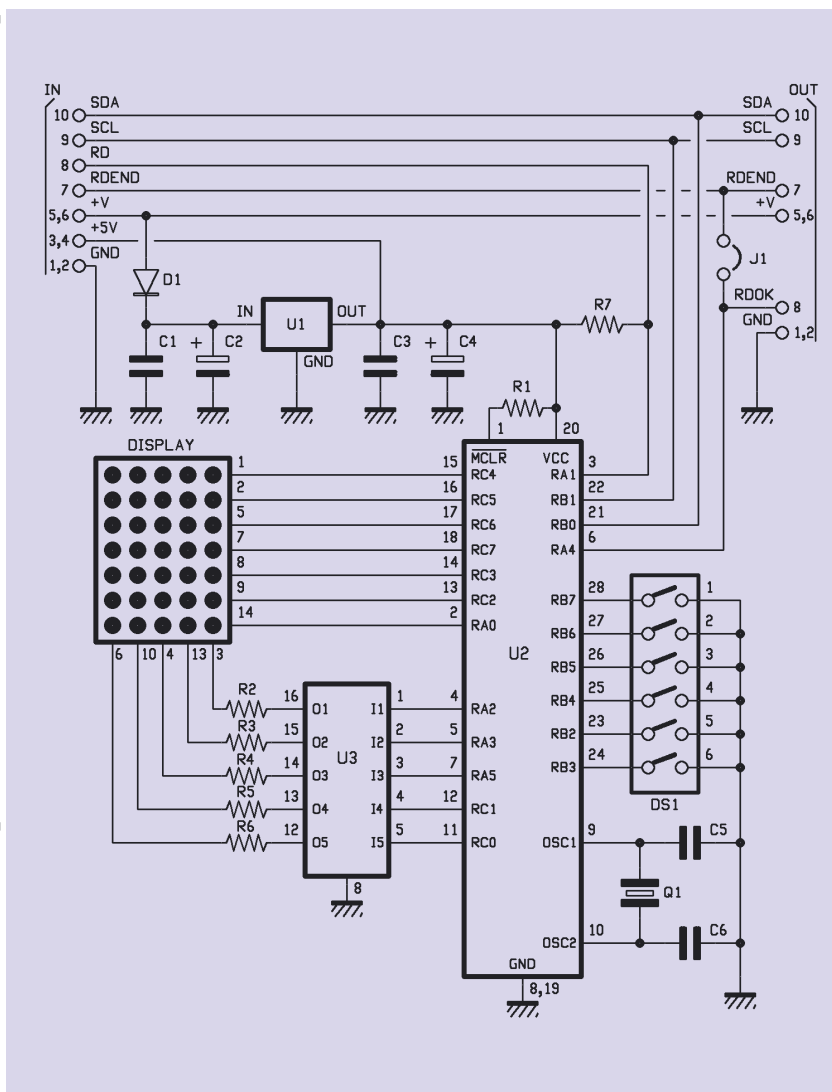
di ALESSANDRO SOTTOCORNOLA

Soluzione modulare, consta di un massimo di 64 moduli collegabili in cascata, ognuno dei quali può visualizzare un carattere; l'impostazione della scritta si effettua facilmente mediante un software che gira in ambiente Windows.



Tra tutti i metodi utilizzabili per evidenziare o descrivere un oggetto, quello dei tabelloni luminosi o dei display in generale ha dimostrato di essere il più efficace e pratico; efficace perché una insegna realizzata con un display elettronico rimarca un oggetto più di quanto possa farne una tradizionale, stampata; e pratico per il fatto di poter riprogrammare le scritte e quindi cambiare in pochi secondi il messaggio o l'indicazione fornita. Il progetto qui descritto riguarda proprio quello di un visualizzatore universale, in grado di visualizzare

scritte e caratteri di vario genere (non scorrevoli, però!), mediante una struttura modulare composta da un massimo di 64 elementi, ognuno dei quali visualizza un carattere; ne deriva che il sistema può comporre messaggi formati da un massimo di 64 caratteri. La cosa più interessante è l'estrema versatilità di visualizzazione, dovuta al fatto che ogni modulo display è composto da una matrice di 7x5 led ma anche all'apposito software per PC con il quale è possibile configurare



il messaggio; il programma permette di definire posizione per posizione quale carattere inserire, ma anche di costruire, disegnandolo su un apposito pattern ed evidenziando i punti componenti, caratteri non previsti, inventati al momento, che possono essere veri e propri disegni o simboli grafici. A ciò va aggiunto il fatto che il sistema è completamente modulare e vive di vita propria, nel senso che potete comporlo con quanti moduli carattere volete, da 1 a 64; il tutto senza fare alcuna modifica o programmare alcunché: l'unica cosa richiesta è chiudere un ponticello

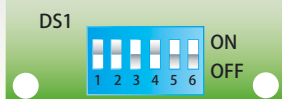
sul modulo che nella catena sta all'estremità opposta di quella cui viene connessa l'interfaccia da PC. A proposito di computer, l'interfaccia è un circuito molto semplice gestito da un piccolo

microcontrollore, che dispone di una porta USB con la quale connettersi al PC nel quale gira il software che serve a comporre il messaggio; dalla finestra principale di tale programma, si fanno le impostazioni del caso, si creano eventuali caratteri o simboli grafici a piacimento, quindi si inviano i dati. La scheda di interfaccia li riceve e memorizza in una EEPROM ad accesso seriale, quindi li invia ai moduli display corrispondenti; da questo momento in poi, volendo si potrebbe anche sconnettere la scheda di interfaccia, perché una volta tenuti in memoria i caratteri, i singoli moduli lavoreranno per conto proprio. Questo è, in sintesi, il funzionamento del visualizzatore modulare; ora andiamo a vedere i dettagli dei moduli che lo compongono.

DISPLAY CARATTERE

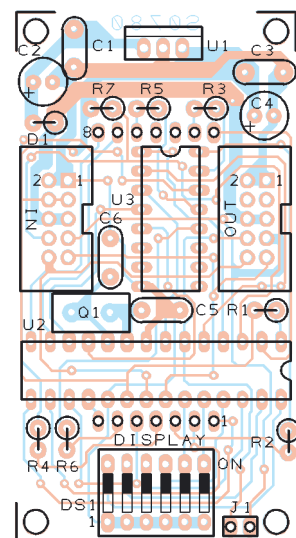
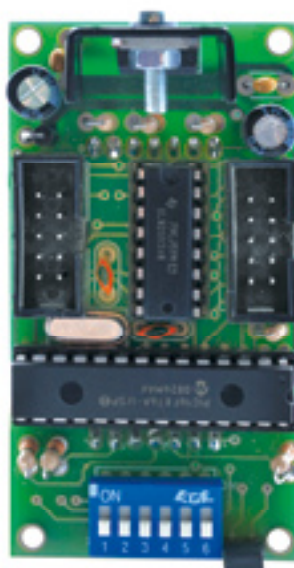
Si tratta del modulo che fisicamente alloggia e pilota il display a matrice di 7x5 diodi luminosi, display che visualizza, come già detto, un singolo carattere; viene gestito da un microcontrollore che carica dall'interfaccia i caratteri e in visualizzazione gestisce in multiplex i 35 led affinché mostrino il simbolo assegnato. Il display che abbiamo utilizzato è un Kingbright (TC20-11SRWA) di dimensioni generose (53 mm di altezza per 37 di larghezza) e forma rettangolare, composto

Per assegnare l'indirizzo a ciascuna scheda è necessario agire sul dip-switch come indicato nella tabella a lato.



Indirizzo scheda	1	2	3	4	5	6
0	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
1	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON
2	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
3	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
64	ON	ON	ON	ON	ON	ON

da sette righe di cinque diodi luminosi tondi ciascuna; lo abbiamo scelto perché ci permette di comporre, oltre ai tradizionali caratteri alfanumerici, altri simboli grafici sia previsti nella tabella ASCII che programmati al momento (tratti, barre, rettangoli, cerchi e ovali luminosi). I led sono internamente connessi a matrice, il che impone l'impiego di una coppia di linee di I/O del microcontrollore per ciascun elemento; dato che il nostro micro non ha un numero sufficiente di I/O, abbiamo dovuto ricorrere al multiplexing, cosa possibile perché i diodi sono organizzati a matrice. Per accendere a quelli collegati ad una riga basta attivare quest'ultima e poi, in sequenza, le cinque linee che corrispondono ad essi. Comprendete la cosa considerando che nella matrice, ad ogni riga sono collegati insieme gli anodi di cinque led, i cui catodi fanno capo ognuno a una colonna; dunque, per accendere un led basta portare a livello alto la linea corrispondente e a zero la colonna su cui si connette il catodo. Per poter accendere tutti i diodi luminosi il comando avviene in sequenza, nel senso che, posta a livello alto una riga, poi si fanno andare a zero logico, una alla volta e in rapida sequenza, le colonne; il "gioco" si ripete per le altre righe. Così facendo, pur essendo necessarie due linee di I/O del micro per accendere ciascun led, in realtà ne usiamo complessivamente solo 12. Nella matrice, le righe vengono alimentate direttamente dalle uscite del microcontrollore, mentre le colonne sono poste a zero logico ciascuna da uno dei Darlington NPN contenuti nel line-driver U3; quest'ultimo consente di ridurre la resistenza in stato di conduzione, ossia quella del dispositivo che pone a livello basso

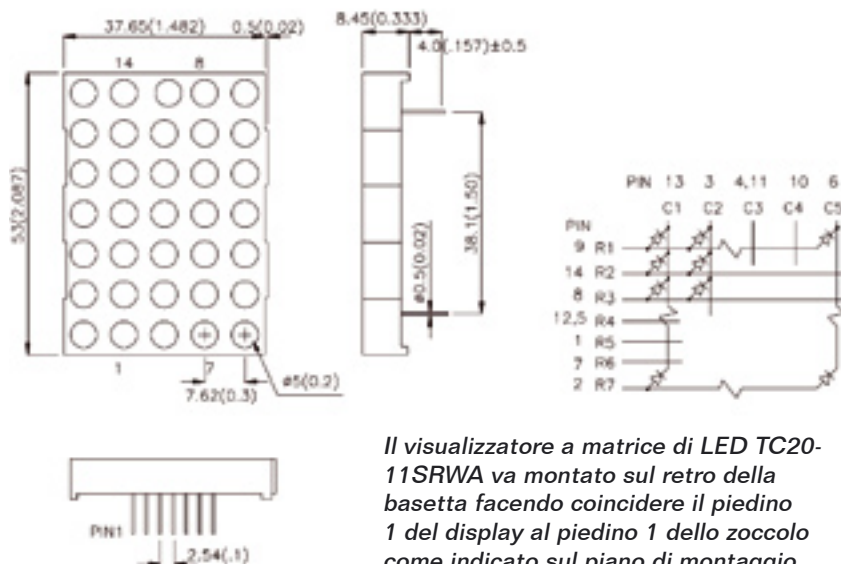


Elenco Componenti:

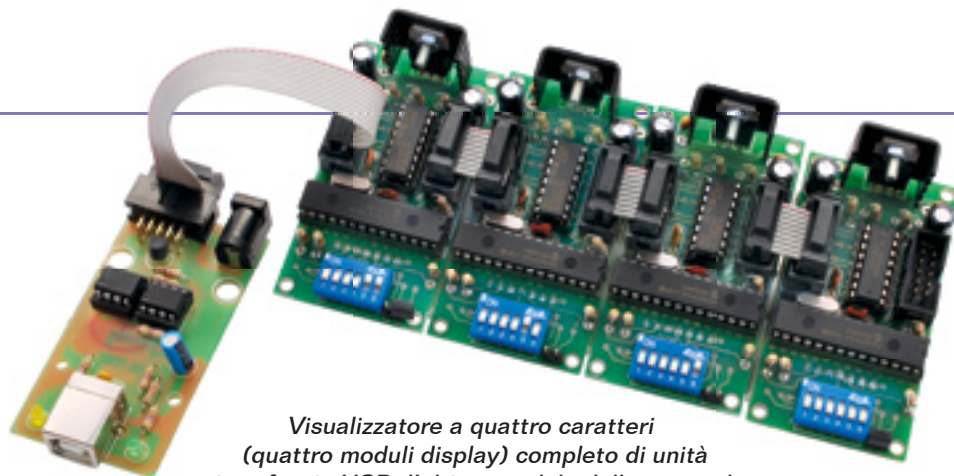
R1: 4,7 kohm
R2÷R6: 33 ohm (vedi testo)
R7: 4,7 kohm
C1, C3: 100 nF multistrato
C2, C4: 470 μ F 16 VL elettrolitico
C5, C6: 15 pF ceramico
D1: 1N4007
Q1: Quarzo 20 MHz
U1: 7805
U2: PIC16F876A (MF780)
U3: ULN2003
DS1: Dip-switch 6 vie
DISPLAY: Display a matrice 7x5 (TC20-11SRWA)

Varie:

- Zoccolo 8+8
- Zoccolo 14+14
- Dissipatore (ML26)
- Vite 10 mm 3 MA
- Dado 3 MA
- Connettore POD10 maschio da CS (2 pz.)
- Connettore POD10 femmina volante (2 pz.)
- Flat cable 10 vie
- Strip maschio 2 poli
- Strip femmina 7 poli (2 pz.)
- Jumper
- Circuito stampato



Il visualizzatore a matrice di LED TC20-11SRWA va montato sul retro della basetta facendo coincidere il piedino 1 del display al piedino 1 dello zoccolo come indicato sul piano di montaggio.



Visualizzatore a quattro caratteri (quattro moduli display) completo di unità interfaccia USB; l'ultimo modulo della catena ha il connettore OUT libero.

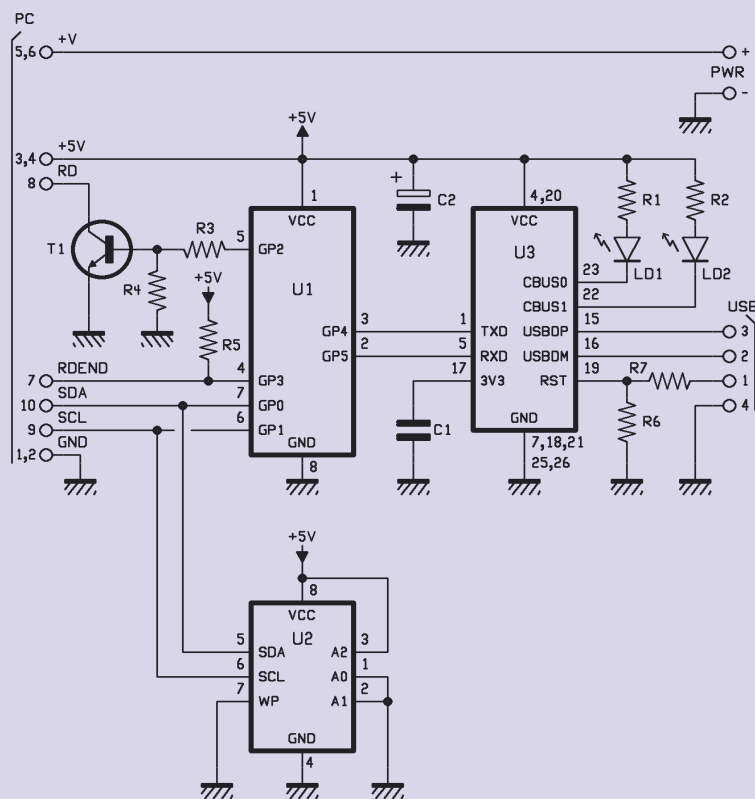
le colonne. Se avessimo cercato di pilotare i led direttamente con le linee del microcontrollore, mandando queste a zero, la caduta su di esse, causata dall'assorbimento della corrente nei diodi, avrebbe innalzato il potenziale corrispondente allo zero logico; ciò avrebbe causato una riduzione della tensione di polarizzazione dei led e quindi un'emissione luminosa poco intensa, insoddisfacente. I Darlington contenuti nell'ULN2003, essendo dimensionati per commutare correnti

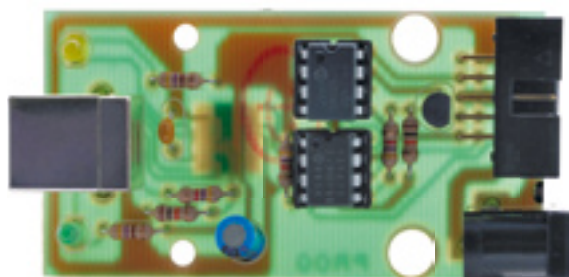
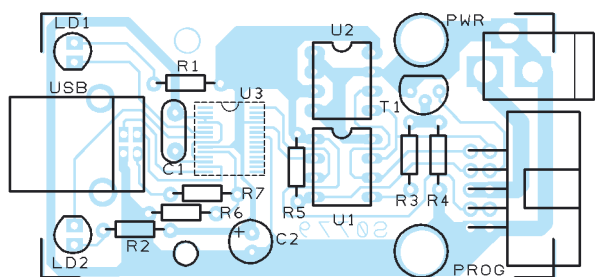
dell'ordine dei 500 mA, quando operano con l'esigua corrente dei led (si parla di circa 25 milliampere) presentano una caduta di tensione di poche centinaia di millivolt, certo nettamente minore dei 1,5 V circa di una linea di I/O del micro.

Bene, chiarito il funzionamento dello stadio di controllo della matrice di led, vediamo cos'altro fa il PIC16F876A: per come è progettato il firmware, al momento dell'inizializzazione il micro attiva un bus I²C mediante il

quale comunica con il bus comune a tutti i moduli, che termina sull'unità di interfaccia; quando quest'ultima (Master dell'I²C-Bus) attiva la comunicazione, il micro si predispone ad eseguire i comandi, che consistono essenzialmente nell'acquisizione dei dati sul carattere da memorizzare (dati che arrivano serialmente sul terminale SDA). Acquisiti i dati, il PIC li colloca nella propria EEPROM e si predispone per visualizzare il relativo simbolo; ciò non avviene, però, fino a quando l'unità di interfaccia non ha configurato tutti i moduli presenti nella catena. I display carattere sono tutti collegati ad un bus, ma in realtà il collegamento è un misto fra parallelo e cascata; in parallelo si affacciano sull'I²C-Bus, sulla linea RDEND e sull'alimentazione (+12 volt riferiti alla massa comune) mentre vanno in cascata per quel che riguarda i segnali RD ed RDOK. Facciamo un po' di chiarezza sulla conduzione del dialogo fra interfaccia PC e moduli carattere, così capirete il perché della connessione mista: quando ha memorizzato i caratteri o simboli grafici in arrivo dal PC, l'interfaccia li trasmette ai moduli e lo fa in sequenza, a partire da quello che è il carattere 1 (il più a sinistra o, se preferite, quello collegato con il connettore IN all'interfaccia); per effettuare la trasmissione prepara un comando che invia sull'I²C-Bus completo di address, indirizzo che è quello del modulo destinatario. Ogni unità display permette di impostare l'address binario (ID) mediante il dip-switch DS1, letto dal micro una volta sola dopo l'inizializzazione (ciò vuol dire che se volete cambiarlo dovete spegnere il circuito e rialimentarlo dopo aver modificato l'impostazione dei dip); notate

[schema ELETTRICO interfaccia USB]





Elenco Componenti:

R1, R2: 470 ohm
 R3, R5, R7: 4,7 kohm
 R3, R6: 10 kohm
 C1: 100 nF multistrato
 C2: 100 µF 16 VL elettrolitico
 U1: PIC12F675 (MF779)

U2: 24LC1025
 U3: FT232RL
 T1: BC547

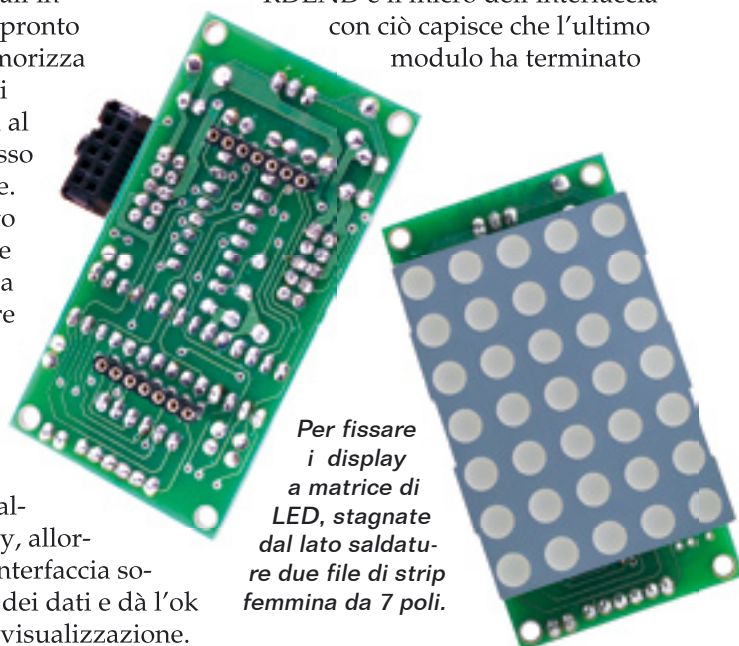
Varie:
 - Zoccolo 4+4 (2 pz.)
 - Connettore USB-B

- Plug alimentazione
 - Connettore POD10 maschio da CS 90°
 - Connettore POD10 femmina volante (2 pz.)
 - Flat cable 10 vie
 - Circuito stampato

che, essendo possibile l'uso di un massimo di 64 moduli, i bit sono, appunto, 6 (2 alla sesta dà 64). Il dip-switch 1 indica il bit meno significativo dell'indirizzo al display; inoltre, sui pin del micro vale la logica invertita, nel senso che per uno logico si intende dip chiuso e quindi zero sulla corrispondente linea del PIC16F876A. Per fare un esempio, l'address 24 si imposta con 011000, che nel circuito equivale a dip 1, 2, 3, 4, 5, 6, rispettivamente aperto, aperto, aperto, chiuso, chiuso, aperto. Prima di impartire un comando di invio del carattere a un certo display, l'interfaccia porta a livello alto la propria linea RD, la quale mette nella stessa condizione logica il piedino 3 (RA1) del microcontrollore del modulo posto per primo dopo di essa; quando quest'ultimo completa il ciclo di acquisizione e memorizzazione del carattere, comunica al seguente, ossia a quello che gli si trova subito dopo in cascata, che deve prepararsi a ricevere i suoi dati. Ciò viene ottenuto facendo commutare la linea RDOK (RA4 del micro U2); in altre parole, completata

la memorizzazione del carattere, il micro ripete verso il modulo che si trova in cascata il segnale RD che è stato originariamente prodotto dall'unità di interfaccia. Notate, infatti, che l'RDOK di un modulo va a connettersi all'RD di quello che lo segue. Il modulo display che viene per secondo, ora si prepara a leggere i dati sull'IC-Bus, che l'interfaccia ha già pronti; ricevuto l'impulso su RD, comunica all'interfaccia che è pronto e scarica e memorizza le informazioni corrispondenti al carattere che esso dovrà mostrare. Anche in questo caso, al termine della procedura farà commutare RDOK per triggerare il modulo che lo segue. Il procedimento prosegue fino all'ultimo display, allorché l'unità di interfaccia sospende l'invio dei dati e dà l'ok perché inizi la visualizzazione.

Chi avvisa che i dati sono stati caricati in tutti i moduli è la linea RDEND, che deve essere attivata solamente sull'ultimo della catena. E' previsto infatti un jumper (J1) da chiudere solo sul modulo display che sta alla fine della serie, ossia quello con ID address 0 (quello connesso solo con il connettore IN); attraverso il ponticello, la commutazione di RDOK viene riportata sulla linea RDEND e il micro dell'interfaccia con ciò capisce che l'ultimo modulo ha terminato



Per fissare i display a matrice di LED, stagnare dal lato saldatore due file di strip femmina da 7 poli.



La parola più lunga

compagnia tranviaria: ovvero il direttore del magazzino approvvigionamento uniformi per il personale degli addetti della pulizia dei binari di una compagnia tranviaria. In realtà la parola più lunga del mondo dovrebbe essere Tetaumatawhakatangihangakoauauotamatearehaeturipukapihimaungahoronukupokaiwhenuaakitanarahu, ma non è

Sparvagnsaktiebolagsskenskmutsskjutarefackforreningspersonalbeklandnadsmagasinsforradsforvaltaren: questa parola svedese è riconosciuta come la più lunga al mondo. Altrettanto lungo è il suo significato, perché **Sparvagnsaktiebolagsskenskmutsskjutarefackforreningspersonalbeklandnadsmagasinsforradsforvaltaren** sarebbe il responsabile dei binari della

considerata tale poiché è il nome di un luogo in Nuova Zelanda; infatti si considera parola quella che si trova nel dizionario, e solitamente i nomi geografici non vi sono. Le parole italiane più lunghe sono *Nonilfenossipolietilenossietanolo* e *Pentagonododecaedrotetraedrico*. Se non basta per la parola più lunga del mondo, il nostro display può almeno visualizzare queste...

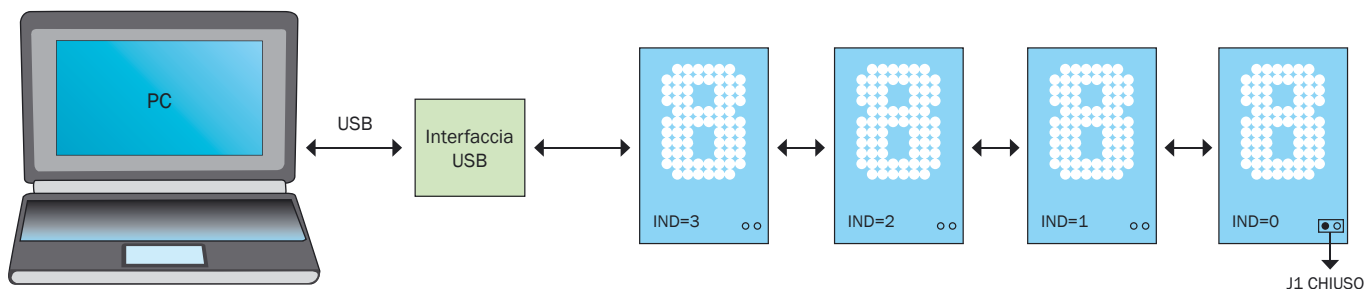
positivamente la procedura di memorizzazione del proprio carattere. Bene, spiegato anche questo non ci resta che analizzare l'ultimo pezzo del circuito, che è l'alimentatore stabilizzato: ogni modulo provvede da sé a ricavare i 5 volt ben regolati che occorrono al micro per funzionare e accendere i led; la tensione si ottiene con un comune regolatore 7805 operante nella classica configurazione, protetto dall'inversione di polarità all'ingresso dal diodo D1.

L'INTERFACCIA PC

Andiamo adesso a descrivere la scheda che connette al compu-

ter la catena di display: si tratta di un circuito compatto e reso semplice dall'adozione di componenti ad elevata integrazione; consta di un micro PIC12F675, di una EEPROM I²C-Bus 24LC1025 (da 1 Mbit) e un converter da seriale TTL a USB tipo FT232RL della FTDI, che certo già conoscerete per averlo visto impiegato in altri nostri progetti. Il chip è un adattatore da RS232 (o TTL con dati in formato RS232) a USB 2.0, funzionante a 5 volt e provvisto di oscillatore di clock ed EEPROM interni. Per quanto riguarda il connettore USB, il circuito si collega alle seguenti linee: dato positivo (D+), dato negativo

(D-) e - (massa di riferimento); resta escluso il positivo dei 5 volt, dato che l'FT232RL viene alimentato dall'unità. Nello specifico, va detto che l'integrato prende alimentazione dai piedini 3 e 4 del connettore flat, che ricevono i 5 volt dal modulo cui l'interfaccia viene collegato; questo permette di risparmiare un integrato regolatore di tensione e i relativi componenti di contorno. Concludiamo la panoramica sull'FT232RL, dicendo che piedini CBUS0 e CBUS1 vengono programmati in fabbrica dal costruttore per gestire i due led di stato, ma è possibile, con un apposito software fornito



L'indirizzo da assegnare alle schede dipende dalla loro posizione; l'ultima scheda della catena deve avere J1 chiuso.

La sintassi dei messaggi

dalla FTDI, impostarli in modo differente; in questa applicazione non vengono, comunque, utilizzati. Il micro che governa l'intera unità implementa un I²C-Bus per dialogare con i moduli display e una porta seriale per ricevere i dati dal computer, ovvero dall'FT232RL; con lo stesso canale I²C dialoga con la memoria, dove scrive i dati in arrivo dal PC e dalla quale legge le informazioni che trasferirà ai singoli moduli. Sebbene funzioni con i 5 V provenienti dal computer via USB, l'unità di interfaccia ha un connettore plug per ricevere eventualmente la tensione di un alimentatore esterno; in realtà questa alimentazione non serve al circuito, ma passa semplicemente dallo stampato per raggiungere il connettore che permette il collegamento al primo modulo della cascata e attraverso il quale va ad alimentare la catena dei moduli display. Per quel che riguarda il funzionamento, come già accennato, il microcontrollore resta normalmente in attesa di dati in arrivo dal computer; quando questo inizia una sessione di configurazione (richiesta dall'utente con un clic sull'apposito pulsante della finestra principale del programma di gestione) riceve i byte corrispondenti ai caratteri ASCII o ai simboli grafici creati dall'utente e li stiva nella 24LC1025. Terminato l'invio, inizia a caricare i caratteri nei singoli moduli, con la procedura già descritta; una volta ricevuta la commutazione sulla linea RDEND, se non c'è un'altra richiesta di invio dal computer il micro si pone a riposo. A questo punto è possibile sconnettere il cavo USB e lasciare che il visualizzatore funzioni in maniera autonoma; per vedere le scritte, bisogna spegnerlo e, dopo una decina di secondi, riac-

Una volta ricevuti i dati, il microcontrollore PIC12F675 utilizzato nell'interfaccia provvede ad inviare a ciascun modulo display i propri dati affinché vengano memorizzati. Di seguito diamo uno sguardo ai comandi usati dal computer per dialogare col micro dell'interfaccia, comandi che iniziano sempre con i caratteri */. La stringa */V: consente l'aggiornamento dell'intero display (ricordate che i moduli display leggono in cascata il contenuto della memoria dell'interfaccia); c'è poi il comando */M, che permette la memorizzazione nel chip 24LC1025 dello stato del singolo display; un tipico esempio di tale comando è:

```
*/M add d1 d2 d3 d4 d5 d6 d7
```

dove add è l'indirizzo del display, mentre d1...d7 rappresentano lo stato delle righe riga1...riga7. Notate che 1 indica led acceso; ad esempio, xxx11111. La stringa */A? comunica che l'unità è in attesa di un comando. Ai comandi impartiti, fanno seguito delle risposte specifiche: vediamole insieme. Impartendo il comando */V, sono possibili due risposte:

- */OK_V, che significa lettura avviata da parte delle unità display;
- */OK_F, che vuol dire completamento del ciclo di lettura da parte delle unità display.

Per il comando */M, la risposta che si ottiene è */OK_M, che indica che è terminata la memorizzazione dello stato di un singolo display.

cenderlo. A questo punto ogni modulo visualizzerà il proprio carattere o simbolo grafico.

IL SOFTWARE DA PC

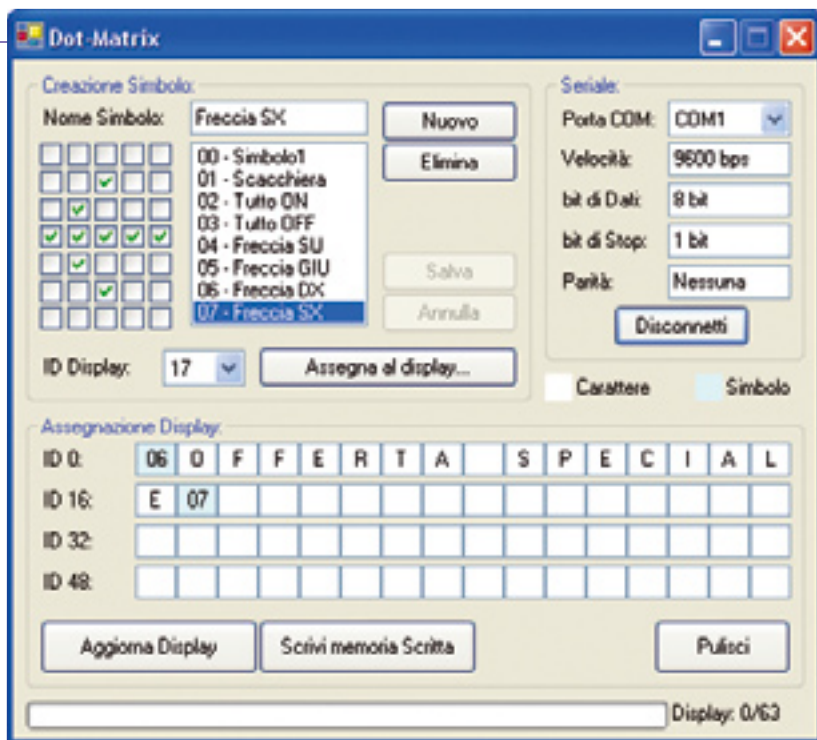
Per configurare il display modulare abbiamo sviluppato un programma per ambiente Windows 2000/XP, che si installa facilmente dopo aver scaricato e scompattato il file dal nostro sito Internet; installato il software, lanciandolo dal menu *Programmi* si entra nella finestra di comando, nella quale si trovano tante caselle quanti sono i moduli display e, in alto a sinistra, una sorta di tavolletta da disegno che rappresenta la matrice di 7x5 led.

Per assegnare un carattere a un modulo, bisogna fare clic nella casella corrispondente alla sua posizione (1÷64) e poi nella casella di testo soprastante, quindi scrivere in essa con la tastiera (o componendo l'equivalente ASCII con Alt + numero del tastierino numerico) il carattere desiderato; a riguardo, notate che il programma accetta tutti i caratteri

alfanumerici (lettere dell'alfabeto e numeri) oltre ai simboli +, - e via di seguito; i caratteri ammessi sono quelli compresi tra lo 032 e lo 0126 ASCII. Oltre a questi, il software da PC consente di costruire e memorizzare, oltre che inviare ai moduli display, 99 simboli grafici a piacimento; ognuno di questi può essere creato facendo clic nei punti della matrice in alto a sinistra nella finestra principale del programma, per selezionare i punti da cui deve essere composto. Una volta disegnato con il mouse il nuovo carattere, dovete dargli un nome scrivendolo nell'apposita casella di testo; infine agite sul comando per il salvataggio.

REALIZZAZIONE PRATICA

Giunti a questo punto, riteniamo non vi sia altro da aggiungere, almeno per la teoria; passiamo dunque alla pratica, vedendo i dettagli costruttivi dell'insieme. Dovrete realizzare un solo circuito stampato per l'unità di



Interfaccia grafica del programma di gestione del display modulare.

interfaccia PC e tanti c.s. quanti sono i moduli display da cui volete sia formato il visualizzatore; per entrambe le tipologie di basetta, potete ricavare le pellicole per la fotoincisione scaricando le tracce lato rame dal nostro sito www.elettronica.in.it. Dopo l'incisione e la foratura, disponente i pochi componenti discreti in ordine di altezza, seguendo, per quelli polarizzati, l'orientamento illustrato nei piani di montaggio pubblicati in queste pagine; per le saldature, impiegate un saldatore da 25 W a punta molto sottile e del filo di lega saldante da 0,5 mm di diametro o meno. L'FT232RL va montato dal lato saldature, prestando molta attenzione perché i suoi piedini sono decisamente fitti; iniziate disponendolo ben centrato sulle rispettive piazzole, quindi stagnate prima i quattro piedini esterni, proseguendo verso l'interno, saldando ora un piedino di un lato ora uno di un altro. Quanto al resto degli integrati, potete montarli su zoccolo come al solito. Per quel che riguarda i moduli, i display a matrice di led

vanno disposti dal lato opposto a quello dove si trovano tutti gli altri componenti; potete saldarne i piedini direttamente o, meglio, prevedere il montaggio su appositi connettori strip femmina a passo 2,54 mm. (da sette contatti ciascuno) che salderete nelle piazzole destinate agli elettrodi dei display. Fate attenzione al verso d'inserimento dei display: per l'esatta collocazione, fate riferimento ai disegni pubblicati. Completati i moduli e l'interfaccia da PC, preparate i flat-cable che uniranno i singoli elementi: tutti sono composti da un pezzo di piattina da 10 fili e da un connettore femmina volante da 10 contatti su due file a passo 2,54 millimetri. Il flat-cable per connettere l'interfaccia al primo modulo può anche essere più lungo: tutto dipende da dove desiderate posizionare l'interfaccia, cioè se accostata al primo modulo o lontano da essa. Concludiamo con l'alimentazione: l'insieme richiede una tensione continua, non necessariamente stabilizzata, dell'ordine dei 9÷10 volt; oltre è sconsigliabile andare,

perché il regolatore integrato U1, che funziona senza dissipatore, potrebbe riscaldare eccessivamente (ricordate che la potenza dissipata e quindi il calore da smaltire dipendono dalla differenza tra la tensione d'ingresso e quella di uscita del 7805). La corrente dell'alimentatore dipende strettamente da quanti moduli si montano; in linea di massima, fate conto che servono 60 mA per ogni carattere (l'assorbimento dell'unità di interfaccia potete trascurarlo, almeno se usate più di due o tre moduli).

Prima di mettere in funzione l'insieme, ricordate che dovete assegnare a ciascun display l'indirizzo corretto, che deve essere diverso da quello di ogni altro; il modulo più lontano (quello su cui dovete anche chiudere il jumper J1) deve avere l'indirizzo minore (0) mentre il più vicino all'interfaccia va predisposto con l'indirizzo più alto, che dipende dal numero di moduli usati: ad esempio, se montate otto display carattere, il più lontano avrà l'address 0 (tutti i dip-switch aperti) ed il più vicino il 7.



per il MATERIALE

Tutti i componenti utilizzati in questo progetto sono facilmente reperibili in commercio. I master dei circuito stampati possono essere scaricati dal sito della rivista così come il software ed il firmware col quale programmare i due micro. Questi ultimi sono anche disponibili già programmati a 10,00 Euro (MF799) e 12,00 Euro (MF780). I display giganti a matrice di LED TC20-11SRWA costano 7,00 Euro cadauno. Tutti i prezzi si intendono IVA compresa.

Il materiale va richiesto a:
Futura Elettronica, Via Adige 11,
21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 • Fax: 0331-792287
<http://www.futurashop.it>

CONTROLLO DI TEMPERATURA PER ACQUARI con CELLE di PELTIER

di BORIS LANDONI





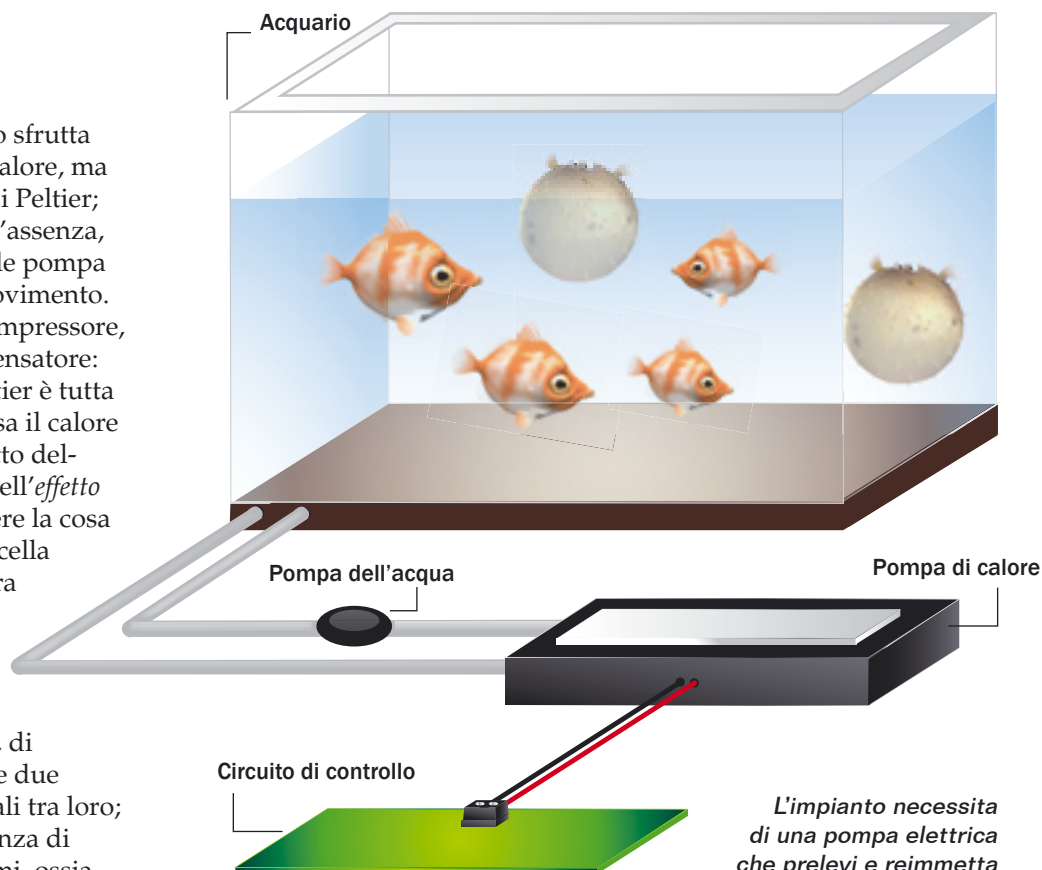
Consente di mantenere l'acqua degli acquari domestici alla temperatura ottimale, riscaldandola se troppo fredda o raffreddandola se tende ad essere troppo calda; il controllo viene effettuato mediante una piccola pompa di calore a celle di Peltier.



Un acquario e in special modo i pesci che lo abitano, non vive di solo mangime, ossigenazione e di periodica pulizia del fondo: sovente, e lo sa bene chi ha comperato dei costosi e talvolta inquietanti pesci esotici, la temperatura dell'acqua gioca un ruolo fondamentale nel mantenimento della vita di quel piccolo habitat che teniamo su uno scaffale o in bella mostra su un piedistallo al centro del salotto. Se è vero che i pesci del nostro continente vivono abbastanza bene con le temperature di casa, sia d'estate che d'inverno (anche se teniamo il riscaldamento al minimo), esistono razze tropicali che sono abituate ad acque la cui temperatura è abbastanza stabile. Quando si decide di realizzare un acquario con pesci, preservare la loro salute è un dovere dettato, oltre che dal senso di responsabilità (se portiamo a casa dei pesci dobbiamo curarci che non manchi loro nulla), dal portafogli, perché i pesci tropicali spesso costano cifre ragguardevoli e perderne qualcuno rappresenta anche un danno economico non indifferente.

Chi ha dimestichezza con gli acquari sa bene che nei negozi specializzati esistono riscaldatori elettrici (composti da una resistenza contenuta in un tubo di vetro) da immergere nell'acqua per riscaldarla quando il clima esterno tende a divenire particolarmente rigido come, ad esempio, quando ci si assenta per qualche giorno e si spegne il riscaldamento di casa. Ma anche d'estate, quando la temperatura esterna sale molto e alcune specie (soprattutto quelli che vivono in zone dove l'acqua, per profondità o condizioni climatiche, non è proprio calda) potrebbero "boccheggiare", che si può fare? La soluzione ideale, peraltro adottata negli acquari di grandi dimensioni, è quella di usare una sorta di climatizzatore: una pompa di calore che riscaldi l'acqua se è troppo fredda e la raffreddi se tende a divenire troppo calda. La pompa di calore dispone di uno scambiatore di calore nel quale viene fatta passare l'acqua che circola nel depuratore e ossigenatore, così da portare la temperatura al livello voluto.

Il progetto qui descritto sfrutta ancora una pompa di calore, ma realizzata con le celle di Peltier; il vantaggio è dato dall'assenza, rispetto alla tradizionale pompa di calore, di parti in movimento. Infatti non c'è alcun compressore, né evaporatore o condensatore: la pompa a celle di Peltier è tutta allo stato solido e in essa il calore viene spostato per effetto dell'elettricità o, meglio, dell'effetto Seebeck. Per comprendere la cosa dovete sapere che una cella di Peltier è una struttura elettronica composta, nella sua forma elementare, da una giunzione fra tre pezzi di metallo, di due diversi tipi, dove le due parti esterne sono uguali tra loro; applicando una differenza di potenziale tra gli estremi, ossia tra i materiali uguali, fluisce nell'insieme una corrente elettrica che causa il riscaldamento di un elettrodo e il raffreddamento dell'altro. La differenza di temperatura tra i due lati diviene tanto più alta quanto maggiore è la corrente, anche se non può crescere a dismisura in quanto a un certo punto la conducibilità termica fa sì che parte del calore portato sul lato caldo torni al lato freddo. Inoltre, la cosa più interessante è che invertendo il verso della corrente il lato caldo diventa freddo e viceversa. Insomma, sebbene presenti un rendimento nettamente più basso di quello di una tradizionale pompa a gas, la cella di Peltier è semplicissima e si può impiegare in situazioni dove un tradizionale sistema refrigerante o riscaldatore non è praticamente applicabile. Le celle di Peltier reperibili in commercio sono in realtà agglomerati di celle tutte orientate alla stessa maniera e collegate in serie e parallelo, così da avere tensio-



L'impianto necessita di una pompa elettrica che prelevi e reimmetta l'acqua nell'acquario.

ni di lavoro dell'ordine di 8÷20 V circa; quelle da noi utilizzate sono da 12 volt, 51 watt ciascuna. Nel nostro progetto impieghiamo quattro celle di Peltier opportunamente connesse a un circuito di gestione che svolge la funzione di controllo della temperatura e di attuatore per mantenere un certo valore che l'utente può impostare mediante pulsanti tramite una procedura assistita da un display LCD; le celle sono montate ed elettricamente collegate in modo che tutti i lati che diverranno caldi stiano da un lato e tutti quelli freddi si trovino dall'altro, cosa peraltro logica, perché altrimenti una cella contrasterebbe l'altra e il tutto si risolverebbe in un nulla di fatto. Le celle sono montate da un lato su un grande radiatore alettato in alluminio provvisto di ventole e dall'altro a una struttura cava nella quale cirolerà, spinta da una pompa, l'acqua prelevata

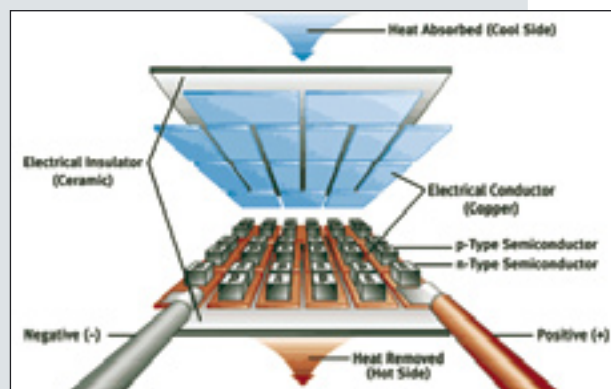
(mediante un tubo "pescante") dall'acquario per essere riscaldata o raffreddata. Da un capo del profilato scatolare in alluminio entra l'acqua da trattare e dall'altro esce quella trattata, che viene immessa nell'acquario con un apposito tubo.

COME FUNZIONA

Il circuito di controllo legge la temperatura dell'acqua, quella ambiente, nonché le temperature del lato caldo e di quello freddo del sistema di celle di Peltier; nello specifico, il microcontrollore verifica ciclicamente la temperatura dell'acqua mediante una sonda termica Dallas DS18B20 (il circuito ne impiega quattro uguali) opportunamente impermeabilizzata e se essa differisce da quella impostata più del limite ammesso (isteresi) comanda, mediante un driver a ponte basato su MOSFET, la pompa di calore a celle di Peltier. Per l'esattezza, se

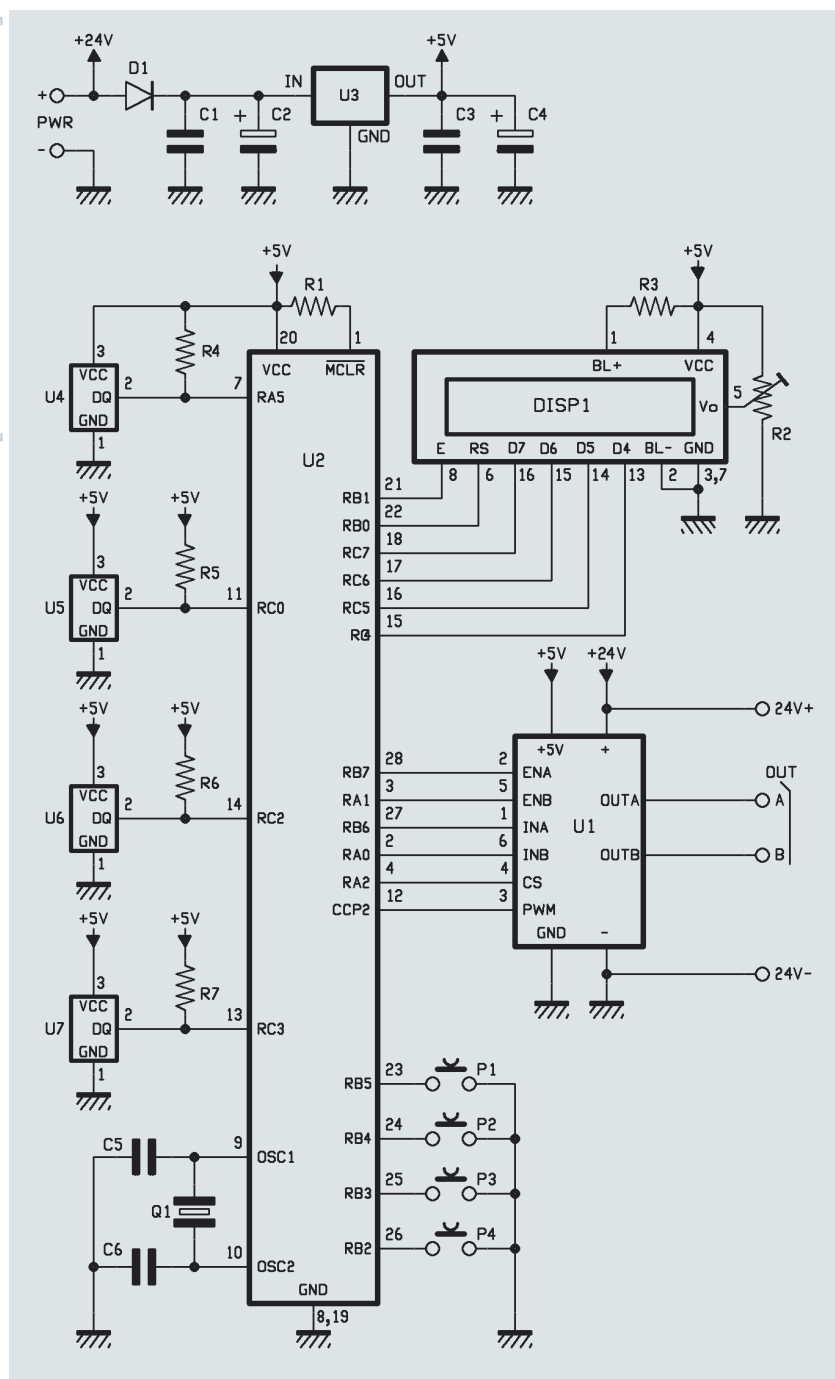
la temperatura è troppo alta e bisogna quindi abbassare, alimenta il blocco di celle in modo che il lato appoggiato alla struttura scapolare divenga freddo; viceversa, se la temperatura è troppo bassa il circuito comanda la pompa di calore perché il lato sulla struttura diventi caldo. Il dissipatore serve per ottenere la massima resa in refrigerazione, ossia per far diventare il più freddo possibile il lato freddo; infatti sappiamo che le celle hanno una certa differenza di temperatura specificata a una determinata corrente di lavoro, quindi per abbassare il più possibile la temperatura del lato freddo bisogna abbassare anche quella del lato caldo. Ad esempio, se una cella garantisce un salto termico di 60 °C, per avere a 5 °C il lato freddo occorre che il lato caldo non superi i 65 °C. Nessun problema, invece, per il riscaldamento, perché il lato caldo sarà sempre facilmente ad alta temperatura, in quanto stabilito il salto termico nominale della cella e considerato che in un acquario difficilmente l'acqua dovrà trovarsi a più di 40 °C, basterebbe che nell'ambiente ci fossero anche solo -10 °C. Nella nostra pompa di calore il dissipatore disperde il calore che le celle di Peltier sottraggono dal lato freddo all'acqua dell'acquario; il microcontrollore che governa il circuito di gestione, mediante due sensori di temperatura posti uno sul lato caldo e uno su quello freddo, verifica le temperature, appunto, ai lati delle celle di Peltier. Quando il circuito alimenta il gruppo di celle, e una volta impostato il verso della corrente, mediante il ponte ad H applica inizialmente un valore di corrente intermedio; se la temperatura dell'acqua fatica a raggiungere il valore di regime, spinge aumen-

Le celle di Peltier



Questi speciali componenti elettronici nascono dall'esperienza del Fisico T. J. Seebeck, che scoprì l'effetto termoelettrico applicato alle giunzioni tra metalli; più esattamente, egli si accorse che ai lati di una struttura composta da due metalli si creava una piccolissima differenza di potenziale che chimicamente si spiega con la diversa struttura elettronica periferica (orbitali esterni o di valenza) degli elementi e quindi anche dei diversi metalli. Tale tensione diveniva più accentuata con l'aumentare della temperatura. Questo effetto termoelettrico è tutt'oggi usato nelle termocoppie, che sono speciali sensori di temperatura impiegati ad esempio per rilevare lo spegnimento della fiamma nei sistemi di sicurezza delle moderne cucine e caldaie a gas, ma anche per misurare temperature nei metalli fusi e quindi nella metallurgia (termocoppie di platino-platino/rodio). Accostando due giunzioni, ovvero realizzando una struttura composta da tre pezzi di metallo, i cui due esterni siano diversi (come valenza) da quello interno, si crea quella struttura chiamata pila termoelettrica: insomma, un generatore di elettricità che sfrutta il calore. Il suo funzionamento si basa su una considerazione: quando le due giunture sono ad uguale temperatura, essendo disposte una al contrario dell'altra, la differenza di potenziale dell'una neutralizza quella dell'altra; se una giuntura si scalda e l'altra si raffredda, nella struttura si crea uno scompenso e ai capi si registra una differenza di potenziale tanto più alta quanto maggiore è il salto termico. Dato che è formata da metalli, la pila termoelettrica ha una bassissima resistenza elettrica, quindi se è vero che genera pochissima tensione, è vero altresì che può

erogare una corrente grandissima. La sua scoperta fu però relegata nei laboratori, perché l'energia ottenibile era limitata da un fatto: i metalli hanno una conducibilità termica particolarmente elevata, quindi è difficile tenere un lato della pila a una temperatura significativamente diversa da quella del lato opposto. Lo stesso limite impedì l'uso pratico delle celle di Peltier, scoperte dallo studioso e strutturate esattamente come le pile termoelettriche; anzi, sono pile termoelettriche, usate però alla rovescia: Peltier notò che l'effetto scoperto da Seebeck era reversibile, nel senso che facendo fluire corrente nella pila termoelettrica una giuntura si scaldava e l'altra si raffreddava, dato che in una la corrente circolava nel verso opposto all'altra. L'avvento dei semiconduttori e le tecniche di drogaggio hanno permesso di realizzare strutture formate da giunture di semiconduttori (ad esempio di silicio) drogate P ed N; siccome il drogaggio ha l'effetto di aumentare gli elettroni liberi nelle parti drogate N e causare povertà di cariche in quelle drogate P, accostando un pezzo di semiconduttore P ad un pezzo di N si realizza la stessa giunzione di Seebeck che si creerebbe con due metalli diversi. Realizzando una struttura PNP o NPN, si ottiene la pila termoelettrica o cella di Peltier. Il vantaggio del semiconduttore sta nel fatto che ha una maggior resistenza termica del metallo e quindi permette di mantenere i lati caldo e freddo a temperature anche molto diverse (si arriva anche a 300 °C di salto termico, anche se quelle più comuni non superano i 55+65 °C); ecco perché è stato possibile realizzare celle di Peltier per applicazioni pratiche solo dopo l'avvento dei semiconduttori.



tando al massimo la corrente, ma, mediante i due sensori appena descritti, controlla che il salto termico non raggiunga valori pericolosi, tali da danneggiare le celle di Peltier.

Quando si lavora in raffreddamento, può capitare che anche così non si riesca ad abbassare al livello voluto la temperatura dell'acqua in quanto perché magari la temperatura ambiente

è troppo alta e non permette al dissipatore di portare via tutto il calore assorbito dalla pompa di calore. In questo caso il sistema termico viene aiutato dalle ventole, che entrano in funzione sempre insieme alle celle e girano a una velocità direttamente proporzionale alla potenza erogata alle celle, potenza tanto più alta quanto maggiore è la differenza tra la temperatura impostata

(desiderata nell'acquario) e quella ambiente, rilevata mediante l'apposita sonda (U6).

Come già accennato, quando la pompa deve riscaldare l'acqua le ventole non servono.

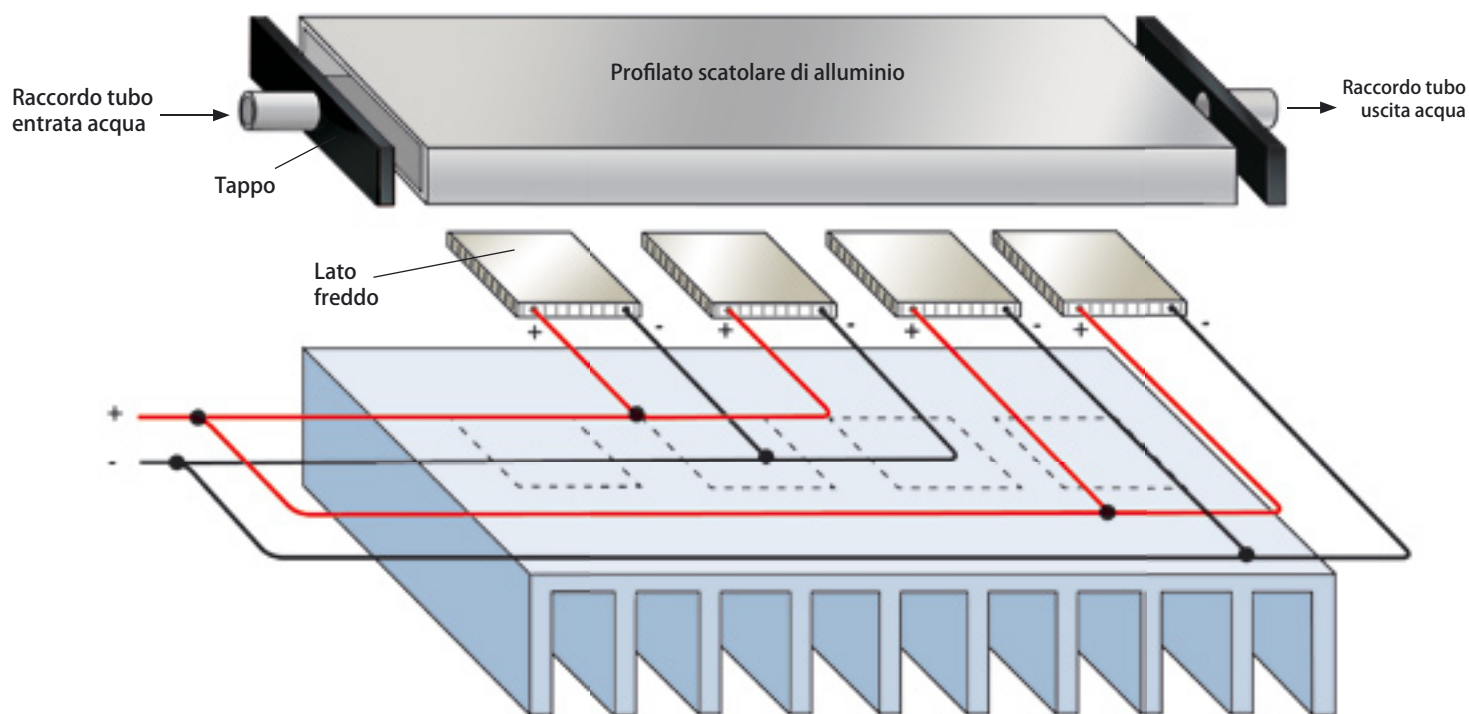
Prima di vedere nel dettaglio lo schema elettrico del circuito di controllo, va detto che questo comanda le celle di Peltier applicando loro una tensione non continua ma pulsante, in PWM: in pratica con un'onda rettangolare della quale il microcontrollore controlla il duty-cycle. Ciò permette di variare a piacimento la tensione e la corrente nelle celle utilizzando proprio un ponte i cui transistor MOS lavorano in modo on-off, cosa apprezzabile perché minimizza le perdite di potenza e il conseguente riscaldamento dei dispositivi di commutazione. Adottando la modalità PWM, quando bisogna aumentare la corrente nelle celle il micro aumenta la larghezza degli impulsi a parità di frequenza, quindi incrementa il valore medio dell'energia trasferita; viceversa, quando deve ridurre la potenza riduce il duty-cycle.

SCHEMA ELETTRICO

Il nostro controllo di temperatura è formato da due parti: una scheda elettronica di gestione e la pompa di calore vera e propria. Il circuito che realizza la scheda di gestione e quindi le funzioni descritte è illustrato in questa pagina: oltre al microcontrollore e al display a cristalli liquidi troviamo i quattro sensori di temperatura, il modulo driver a ponte, quattro pulsanti e il regolatore di tensione a 5 volt.

Il micro è un PIC16F876A opportunamente programmato perché all'inizializzazione imposti RA5, RC0, RC2, RC3 come ingressi destinati alla lettura dei dati forniti serialmente dai quattro sensori di

ASSEMBLAGGIO DELLA POMPA DI CALORE



La pompa di calore si realizza appoggiando tutti i lati caldi delle celle di Peltier a un dissipatore di alluminio ben alettato, quindi applicando ai lati freddi la struttura metallica nella quale cirolerà l'acqua; quest'ultima può essere un profilato scatolare di alluminio o una piastra di rame o alluminio piatta da un lato (quello cui applicare le celle di Peltier) e contenente tubi o scanalature da quello opposto. Il tutto andrà bloccato con delle viti. Alle alette del dissipatore converrà applicare una o due ventole da alimentare in parallelo alle celle dopo aver interposto un diodo che le faccia funzionare solo quando il verso della corrente è tale da far raffreddare il lato freddo. Le celle da utilizzare possono essere quattro da 12 V (poste a due a due in serie/parallelo) o sei da 8÷9 V (connesse in serie/parallelo a tre a tre).



temperatura (il pull-up non può essere interno, quindi abbiamo provveduto con R4, R5, R6 ed R7) ed RB2, RB3, RB4, RB5 ancora come input (stavolta con pull-up interno) dedicati alla lettura dei pulsanti. Le linee RB0, RB1, RC4, RC5, RC6 ed RC7 vengono inizializzate tutte come uscite e servono a gestire il display LCD; quest'ultimo è del tipo standard a 2 righe / 16 caratteri

(CDL4162 Clover). Le linee sono tutte output perché il protocollo di comunicazione con il display adottato in questa applicazione prevede che la comunicazione sia unidirezionale, ossia che l'LCD debba solo ricevere e non trasmettere dati (il piedino R/W è fisso a massa, quindi DISP1 riceve soltanto); nel dettaglio, le prime quattro linee inviano i dati corrispondenti ora ai caratteri da

visualizzare, ora alle posizioni dove comporli, mentre E ed RS sono usati rispettivamente per abilitare il buffer del visualizzatore e definire se i dati sul bus RA0, RA1, RA2, RA3 sono riferiti ai caratteri o alla loro posizione. Il display è provvisto di retroilluminatore a led, che fa capo ai piedini BL+ e BL-. Terminiamo la panoramica sugli I/O del micro parlando del bloc-



Né caldo, né freddo

La temperatura dell'acqua è molto importante per la salute della fauna dell'acquario perché rappresenta per i pesci quello che per noi è il clima dove viviamo; chi realizza un acquario sovente presta più attenzione all'aspetto dei pesci che alle loro esigenze vitali e talvolta è indotto a mettere nella stessa vasca razze provenienti da acque con condizioni (temperatura e pH, ossia acidità o basicità) fortemente diverse. Il risultato è che i pesci, non trovando il loro habitat naturale, vivono male o muoiono. Il nostro controllo di temperatura nasce proprio per garantire a pesci particolarmente "esigenti" le condizioni di vita più adatte ed è utile quando in un acquario vivono razze che mal tollerano il freddo dell'inverno o il caldo dell'estate. Di seguito elenchiamo alcune specie di pesci tropicali d'acqua dolce in base alla temperatura e al pH dell'acqua in cui devono vivere. Il *Carassius Auratus* (pesce rosso) vive in acque con temperature tra 0 e 20 °C con pH di 7÷7,5; sue varianti e il *Barbus Conchoni* (pesce rosso con pinne a velo) vivono in temperature di 15÷25 °C e con pH di 6,5÷7,5, le stesse richieste dall'*Hoplosternum Thoracatum*, che però è adatto a temperature tra 18-27 °C. Tra i 20 e i 25 °C vivono l'*Hemichromis Bimaculatus* (Pesce gioiello Africano) e il *Platy Xiphidium*, che necessitano pH di 7,3÷8 e il *Barbus Tetrazona*, che richiede un pH di 6,5÷7,5. Pesci per temperature più alte sono il *Macropodus Concolor* e il *Corydoras Treitlii*, che vivono tra 20 e 27 °C e richiedendo lo stesso pH dell'acqua. Razze abituate ad acque più calde sono *Betta Splendens*, *Colisa Chuna*, *Colisa Lalia*, *Ctenopoma Ansorgei*, *Helostoma Temminckii*, *Gurami Perlaceo*, *Corydoras Adolfoi*, *Brochis Coeruleus*, che si adattano a temperature fra 23 e 28 °C con pH di 6,5÷8. Nello stesso campo di temperature ma con pH più basici (7,5÷8,2) vive l'*Aulonocara Hueseri*. Il *Corydoras Panda* e il *Labeo Bicolor* (*Epalzeorhynchus Bicolor*) vivono in acque alla temperatura di 22÷27 °C e pH compreso tra 6 e 7,8. Pesci come il *Gurami azzurro* amano acque più calde (24÷30 °C) e con pH di 6÷7,5, mentre altri come il *Tropheus Moorii* e il *Pelvicachromis Pulcher* tollerano campi di temperatura più ristretti (24÷27 °C) e pH di 7÷8,5. Tra 24 e 26 °C e con un pH dell'acqua più basico (6,5÷7,5) vivono l'*Aequidens Rivulatus*, il *Thorichtys Meeki* e il *Barbus squalo* - *Squaletto*.

co dedicato alla gestione del driver a ponte U1: RA0, RA1, RA2, RB6 e RB7 sono tutte impostate come uscite e pilotano le linee di abilitazione e di impostazione della polarità d'uscita del driver; anche CCP2 è un'uscita, ma viene assegnata alla funzione PWM. Quanto al modulo, è un ponte di MOSFET configurato ad H che contiene due coppie complementari canale P/canale N pilotate ognuna con segnali in opposizione di fase tra loro (come è necessario avvenga in un ponte) in modo che quando in una coppia conduce il MOS P nell'altra è l'N a condurre; i segnali di pilotaggio vengono ricavati a partire da quello ricevuto sul contatto PWM, che viene inviato direttamente a una coppia complementare ed ovviamente in opposizione di fase all'altra. Un minimo di logica gestisce l'inversione in modo da impostare il verso della corrente; per l'esattezza, quale coppia riceve il segnale diretto e quale quello invertito dipende dalla combinazione logica delle linee INA ed INB: quando entrambe sono a livello alto il ponte fornisce su entrambe le uscite la tensione di alimentazione, mentre se le stesse sono a zero, le uscite del ponte sono fisse a massa. Quando la prima è ad 1 e la seconda a zero il ponte presenta in uscita una polarità, che viene invertita se INA viene portata a zero ed INB ad 1 logico. Nel caso del controllo dei motori ciò permette di invertire il verso di rotazione dell'albero; nella nostra applicazione, invece, il micro gestisce la combinazione di INA e INB in modo da invertire la corrente nelle celle di Peltier e ottenere ora il riscaldamento dell'acqua, ora il suo raffreddamento. Il blocco di celle si collega ai punti OUT A e B, che sono le uscite degli stadi

complementari a MOSFET; per come è strutturato il firmware del microcontrollore, è necessario collegare il positivo delle celle al contatto B.

Il ponte può lavorare con una tensione non superiore a 30 V ed è in grado di erogare 30 A; ciò a dispetto delle piccole dimensioni e dell'assenza di dissipatore. La bassissima dissipazione di calore è dovuto alla commutazione mediante MOSFET i quali, in stato di ON, presentano una impedenza talmente bassa da limitare a poche centinaia di milliwatt la potenza dissipata sotto forma di calore. Potendo erogare non più di 30 A, dobbiamo mantenere l'assorbimento delle celle di Peltier della pompa di calore ad un valore di corrente non superiore ai 22÷25 A.

Sempre alle uscite del ponte (A e B) si collegano le ventole da applicare al dissipatore di calore, ventole che vanno connesse con il filo positivo (il rosso) al contatto B e il nero (negativo) sull'A. Dato che l'uscita OUT inverte la polarità quando la pompa di calore deve scaldare l'acqua (e in questo caso le ventole non servono), le escludiamo con un semplice accorgimento: basta collegare in serie al filo positivo di ciascuna un diodo 1N4007. Quindi tra B e il positivo delle ventole va inserito un diodo. In questo modo quando la pompa lavora in raffreddamento le ventole girano, mentre in riscaldamento restano ferme. E il tutto senza usare specifiche uscite del micro, ma in maniera del tutto automatica. Passiamo ora alla sezione di rilevamento della temperatura: il sensore termico utilizzato è il DS18B20, un circuito integrato che permette di rilevare la temperatura in un range che va da -55 a +125 °C con una risoluzione di ben 12 bit. In particolare,

nell'intervallo da -10 °C a +85 °C l'accuratezza della misura arriva al mezzo grado. Il collegamento avviene con tre pin: due per la tensione d'alimentazione ed uno per i dati (la comunicazione segue il protocollo seriale one-wire). In realtà questo componente ha altre possibilità: ad esempio, può essere programmato per inviare un apposito segnale d'allarme al superamento di una data temperatura. Può, inoltre, essere utilizzato in una particolare modalità (Parasite Power) che permette di utilizzare un unico filo per veicolare sia la tensione di alimentazione che i dati: ciò rende possibile realizzare delle vere e proprie catene di sonde, nelle quali ognuna può essere interrogata singolarmente perché identificata da un numero seriale di 64 bit, unico per ciascun integrato. Il microcontrollore è programmato in modo da leggere i segnali delle quattro sonde in maniera ciclica; nello specifico, il firmware assegna le seguenti linee alla lettura dei sensori: RC3 riguarda la sonda della temperatura dell'acqua nell'acquario, RC2 quella della temperatura ambiente, RC0 quella della temperatura del lato caldo del blocco di celle di Peltier e, infine, RA5 viene usata per leggere la sonda che rileva la temperatura sul lato freddo delle celle. Completa il circuito il blocco di alimentazione, che poi altro non è se non un regolatore integrato L7805 che, alimentato con i 24 V dell'intero circuito, ricava i 5 V necessari al microcontrollore, al display a cristalli liquidi, alle sonde di temperatura e alla logica interna al ponte a MOSFET; per evitare danni in caso l'alimentazione venga applicata erroneamente al contrario, abbiamo posto un diodo al silicio in serie all'input dell'U3. I 24 V applicati all'in-

Il circuito impiega 4 sonde per misurare la temperatura ambiente, quelle dei lati caldo e freddo delle celle di Peltier e quella dell'acqua.

gresso raggiungono direttamente lo stadio di potenza del ponte, senza passare da alcun diodo, che oltre a non servire (U1 se la cava bene da solo) dovrebbe essere scelto di grande potenza, visto che gli toccherebbe sopportare tutta la corrente che circola nelle celle di Peltier.

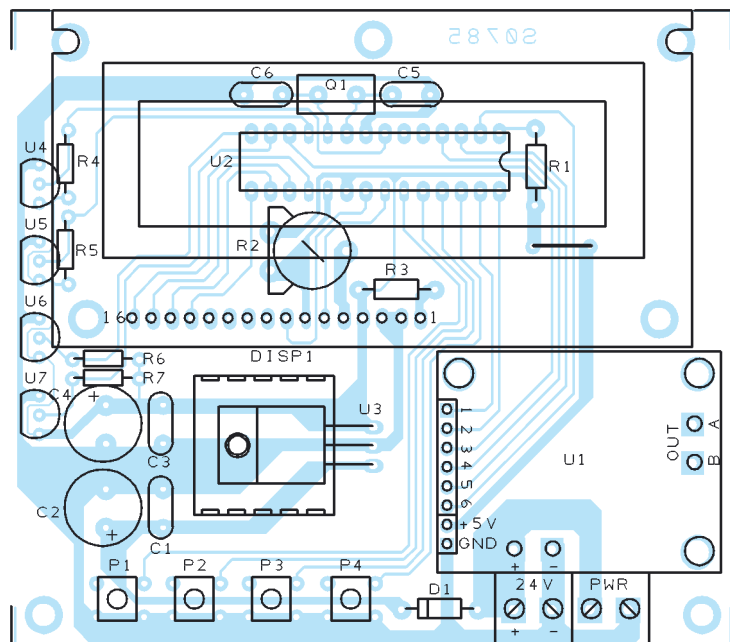
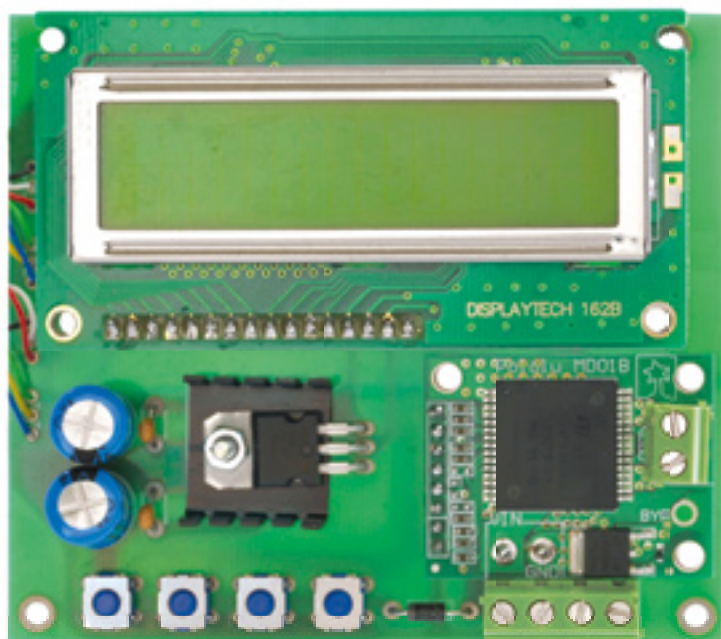
COME SI USA

Il circuito di gestione esegue il suo programma in base all'impostazione che l'utente dà servendosi dei quattro pulsanti e del display LCD; dopo l'accensione, quest'ultimo presenta prima la versione del firmware, poi una schermata che riepiloga a sinistra la temperatura attualmente desiderata nell'acquario (Temp) e a destra la temperatura ambiente (Tamb). P1 e P2 servono per spostarsi da una voce di menu all'altra, mentre P3 e P4 servono per modificare i dati (nei menu dove è previsto); ogni modifica impostata viene salvata automaticamente all'uscita dal menu. Muovendosi con P1, le voci che si incontrano sono, nell'ordine:

- Forza Riscaldamento;
- Forza Raffreddamento;
- Imposta Temp;
- TCellaF/TCellaC.

Forza riscaldamento decide come gestire il riscaldamento: scegliendo il valore 0 il riscaldamento avviene solo in automatico





Elenco Componenti:

R1: 4,7 kohm	U1: Modulo DRIVER30A	Varie:
R2: Trimmer 4,7 kohm MO	U2: PIC16F876A (MF785)	- Morsettiera 2 poli (3 pz.)
R3: 82 ohm	U3: 7805	- Strip maschio 16 vie
R4÷R7: 4,7 kohm	U4÷U7: DS18B20	- Strip femmina 16 vie
C1, C3: 100 nF multistrato	D1: 1N4007	- Dissipatore (TE19)
C2: 470 µF 25 VL	Q1: Quarzo 20 MHz	- Vite 10 mm 3 MA
elettrolitico	basso profilo	- Dado 3 MA
C4: 470 µF 16 VL	P1÷P4: Microswitch	- Circuito stampato
elettrolitico	DISP1: Display LCD 16x2	- Cella Peltier 51W-12V
C5, C6: 15 pF ceramici	(CDL4162)	(4 pz)

quando richiesto dalla temperatura impostata; impostando (con P4) il valore 1, la pompa di calore viene attivata in riscaldamento e si ferma solo quando con P3 si torna a 0, ovvero fin quando non interviene la limitazione termica. *Forza raffreddamento* è simile alla precedente, ma forza il funzionamento della pompa di calore in raffreddamento; nello specifico, impostando 1 si attiva il raffreddamento e con 0 si disattiva la modalità e si lascia che la pompa venga gestita dal firmware in base alla temperatura impostata. Le due modalità permettono il comando manuale della pompa di calore e sono, evidentemente, una alternativa all'altra, nel senso che attivando *Forza Raffreddamento* quando è attiva *Forza Riscaldamento*, si disattiva il riscaldamento e parte il raffreddamento e viceversa.

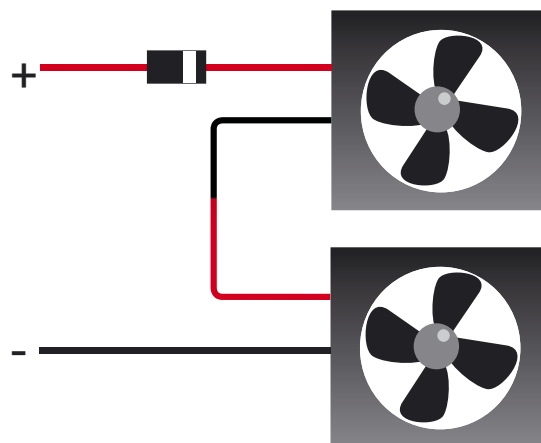
Imposta Temp è la voce di menu che permette di impostare la temperatura desiderata, da mantenere nell'acquario: con P3 si incrementa e con P4 si decrementa il valore impostato.

In ultimo, *TCellaF/TCellaC* riepilogano semplicemente le temperature rilevate dalle sonde montate sul lato freddo e caldo del gruppo di celle di Peltier; non prevede alcuna impostazione.

LA COSTRUZIONE

La realizzazione pratica del sistema si articola in due fasi: la preparazione del circuito di controllo e l'assemblaggio della pompa di calore con circolo d'acqua. Per quanto riguarda il circuito, scaricate dal nostro sito Internet la traccia lato rame dello stampato e create da essa la pella necessaria alla fotoincisione, dopodiché provvedete a incidere il circuito stampato; dopo l'incisione, foratelo e iniziate a disporvi i componenti partendo dal

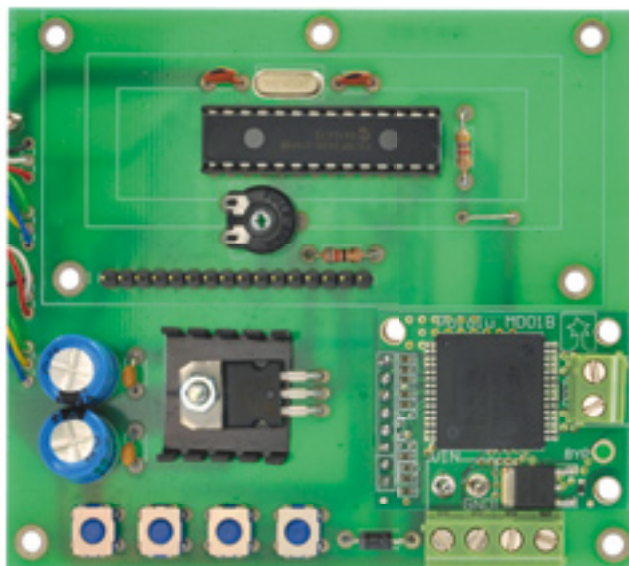
Per fare in modo che le ventole girino solamente quando serve, bisogna collegare il + all'OUT A con in serie un diodo al silicio, che blocchi la corrente quando la celle di Peltier ricevono la polarità opposta.



modulo ponte, che va collocato come mostrato nelle foto del prototipo e del piano di montaggio, stagnando nelle sue piazzole e in quelle sottostanti dello stampato degli spezzoni di filo in rame del diametro di 0,8 mm per quel che riguarda la fila di contatti degli input di comando e da 1,5 o 2 mm per le piazzole di ingresso dell'alimentazione. Tenete il modulo più vicino possibile alla superficie dello stampato, così da mantenere i collegamenti siffatti i più corti possibile. Prima di montare il modulo, disponete una morsettiera bipolare in corrispondenza delle piazzole OUT A e B. Proseguite il montaggio con le resistenze e il diodo al silicio, senza dimenticare il ponticello da realizzare sotto la zona del display; sistemate i pulsanti da c.s., lo zoccolo per il microcontrollore, il quarzo e i condensatori, iniziando da quelli non polarizzati, poi passate al regolatore integrato 7805, che va montato sdraiandolo su un dissipatore di calore ad "U" da circa 18 °C/W di resistenza termica e fissato ad esso mediante un bullone con dado da 3 MA. Per il montaggio del display prevedete uno strip maschio da 16 punte a passo 2,54 mm; sul display sistemate un analogo strip femmina. Fissate poi l'LCD con delle colonnine esagonali alte 10÷12 mm. Potete collegare le sonde termiche all'esterno dello stampato tramite cavetti a

tre fili di piccolo diametro (3x0,2 mm vanno benissimo); quella della temperatura ambiente potrebbe stare sul c.s., visto che lì la temperatura è pressoché quella dell'ambiente. La sonda da mettere nell'acqua deve essere impermeabilizzata, almeno per quel che riguarda i contatti; allo scopo vi suggeriamo di introdurla in un sottile tubo di metallo, spingendola in fondo e immergendola in pasta di silicone, così da farle sentire perfettamente ogni variazione termica. In alternativa, potete applicarla nella vasca dell'acquario (immersa a qualche centimetro di profondità) ma prima annegate nel silicone sigillante (quello che si usa per le vetrate e i sanitari...) in modo da impermeabilizzare

le saldature e attendete un paio d'ore che questo si asciughi bene. Quanto alle sonde applicate ai lati caldo e freddo della sonda, vanno appoggiate con la parte piatta (e interponendo un po' di pasta al silicone per migliorare il trasferimento del calore) rispettivamente sul metallo appoggiato al lato caldo e al dissipatore del lato freddo. Entrambe devono avere saldature e piedini ben isolati con guaina termorestringente, ad evitare cortocircuiti e per proteggerle dalla condensa: infatti entrambi i lati, a seconda del funzionamento della pompa di calore, possono diventare freddi e condensare umidità. Questo è quanto riguarda la parte elettrica; ora vediamo la pompa di calore, che consigliamo di realizzare su una struttura tubolare larga almeno 6 cm e lunga circa 40 cm, che può essere un profilato scatolare di alluminio da 60x40x15 mm chiuso alle estremità aperte da due tappi che abbiano ognuno un foro cui applicare, tramite un adeguato raccordo per acqua, due tubicini. I tubi, di gomma e del diametro interno di almeno 6 mm, devono andare uno alla pompa e l'altro



Il regolatore 7805 va fissato al suo dissipatore. Il modulo a ponte deve essere saldato mediante spezzoni di filo introdotti nei suoi fori di interconnessione e nei corrispondenti sullo stampato base.



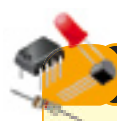
*Se volete sapere qualcosa di più sulle celle di Peltier, potete leggere il libro **CONOSCERE LE CELLE DI PELTIER**, edizioni SANDIT LIBRI (si può ordinare online sul sito www.sanditlibri.it o anche su www.futurashop.it).*

alla vasca dell'acquario; un altro spezzone di tubo deve portare l'acqua dalla vasca alla pompa. I raccordi e il materiale del caso potete trovarlo presso un centro di bricolage o presso un rivenditore di acquari e accessori. La pompa dell'acqua richiama per il sistema è del tipo da acquario o di quelle usate nelle fontanelle a ciclo continuo: è sufficiente una portata di soli 100 litri/ora; se l'acquario dispone già di una pompa per far circolare l'acqua in un depuratore, meglio ancora. Diversamente, dovete alimentarla a parte con un suo interruttore. Nel nostro prototipo abbiamo impiegato una EURO-FLUX alimentata a 220 V, con portata fino a 420 litri/ora. Le celle di Peltier vanno disposte tutte orientate alla stessa maniera; ciò significa che tutti i lati caldi vanno da una parte (ad esempio contro lo scatolare di alluminio) e tutti i freddi da quella opposta (cioè sul dissipatore). Diversamente, una contrasterà l'azione dell'altra e la pompa di calore, pur assorbendo molta corrente, non funzionerà. Per lato caldo intendiamo quello che, dando l'alimentazione con polarità positiva sul filo positivo

(di solito è il rosso) diventa caldo e per freddo quello che diventa freddo. Per non sbagliare, disponete uniformemente e dalla stessa parte tutte le celle (ad esempio in modo che tenendo i fili in basso tutti i positivi stiano a sinistra), senza dimenticare che il calore viaggerà meglio se ogni cella avrà i lati ben spalmati di pasta al silicone. Se le celle hanno i fili dello stesso colore, riferitevi alla sigla oppure fate una prova pratica per identificare i lati: date tensione con un alimentatore capace di erogare qualche ampere di corrente e verificate, dopo alcuni secondi, quale lato diventa caldo e quale freddo; segnatevi quindi il filo alimentato dal positivo. Ricordate che l'importante è mettere tutte le celle nello stesso verso e collegarle correttamente; poi, se quando il circuito è in funzione e il display dice "raffreddamento" l'acqua viene scaldata, basta semplicemente invertire la posizione dei fili su A e B dell'OUT. Il dissipatore cui appoggiare i lati caldi deve essere abbastanza grande ed avere, perciò, bassissima resistenza termica: diciamo $0,2 \div 0,4 \text{ } ^\circ\text{C/W}$; ad esso applicate un paio di ventole da 24 V collegate tra loro in parallelo o due da 12 V in serie. Quanto alle celle di Peltier, dovete collegarle a serie di due, quindi tra loro in parallelo: due celle le mettete in serie e poi le ponete in parallelo ad un'altra serie di due; nell'effettuare il collegamento ricordate che per le serie il positivo di una va sul negativo della seguente; nel parallelo dovete unire i positivi liberi e portarli ad OUT A e poi unire i negativi liberi e connetterli a OUT B. Volendo, potete comporre due serie di tre anziché due celle: in questo caso ognuna riceverà circa 8 volt; la cosa va bene se trovate celle di Peltier funzionanti a $8 \div 9$

volt. In parallelo al blocco di celle, ossia ad OUT del modulo a ponte, collegate i fili in arrivo dalle ventole, ricordando di mettere in serie il diodo di blocco; se usate due ventole a 12 V in serie, usate un unico diodo connesso con l'anodo al filo che collegherete al punto B dell'OUT e il catodo sul filo positivo della prima ventola. Connettete il negativo di questa al positivo della seconda e il negativo di quest'ultima al punto A dell'OUT del modulo a ponte. Se, invece, optate per la connessione parallela di due ventole a 24 V, mettete un diodo per ciascuna con le stesse modalità.

Per l'alimentazione dell'insieme, dovete utilizzare un alimentatore capace di erogare $24 \div 26 \text{ V}$ con una corrente di 20 A o più a seconda delle celle usate; dato che un simile alimentatore lineare difficilmente si trova, è praticamente indispensabile ricorrere a uno switching. Un valido esempio è il PSIN30024 commercializzato dalla ditta Futura Elettronica (www.futurashop.it).



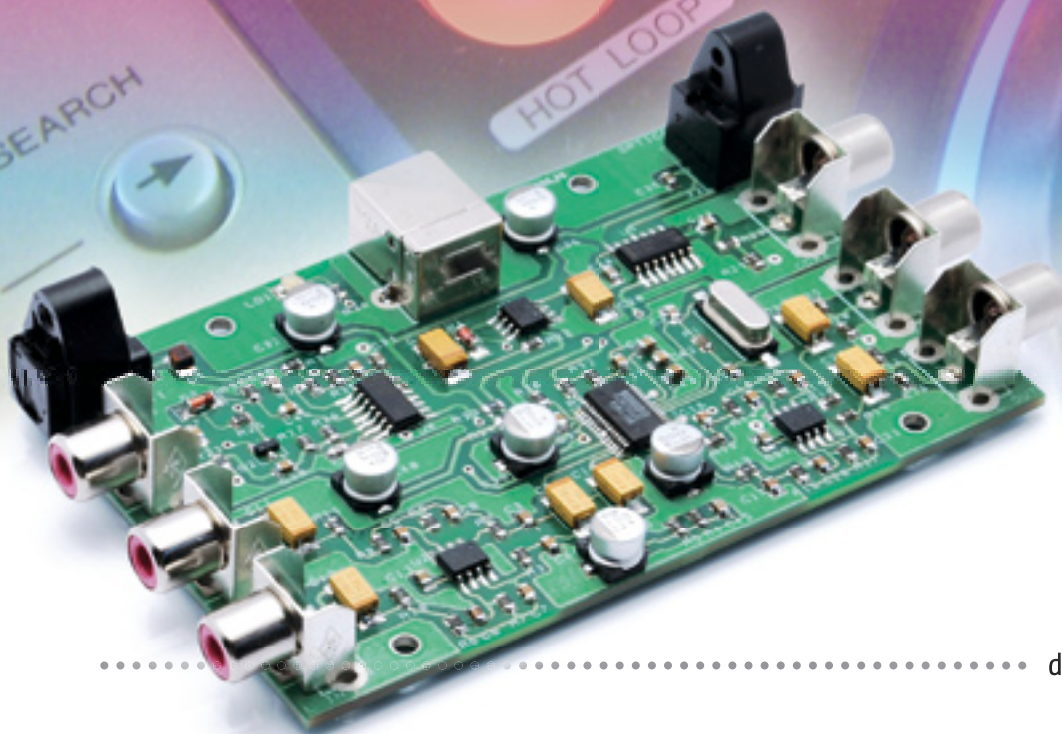
per il MATERIALE

Tutti i componenti utilizzati in questo progetto sono facilmente reperibili in commercio. Il master del circuito stampato può essere scaricato dal sito della rivista così come il firmware col quale programmare il micro. Quest'ultimo è anche disponibile già programmato (cod. MF785, Euro 12,00). Le celle di Peltier (cod. 1560-5112) costano 19,00 Euro cadauna mentre il modulo di potenza (7300-DRIVER30A) costa 36,50 Euro. Tutti i prezzi si intendono comprensivi d'IVA.

Il materiale va richiesto a:
Futura Elettronica, Via Adige 11,
21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 • Fax: 0331-792287
<http://www.futurashop.it>

INTERFACCIA AUDIO-USB

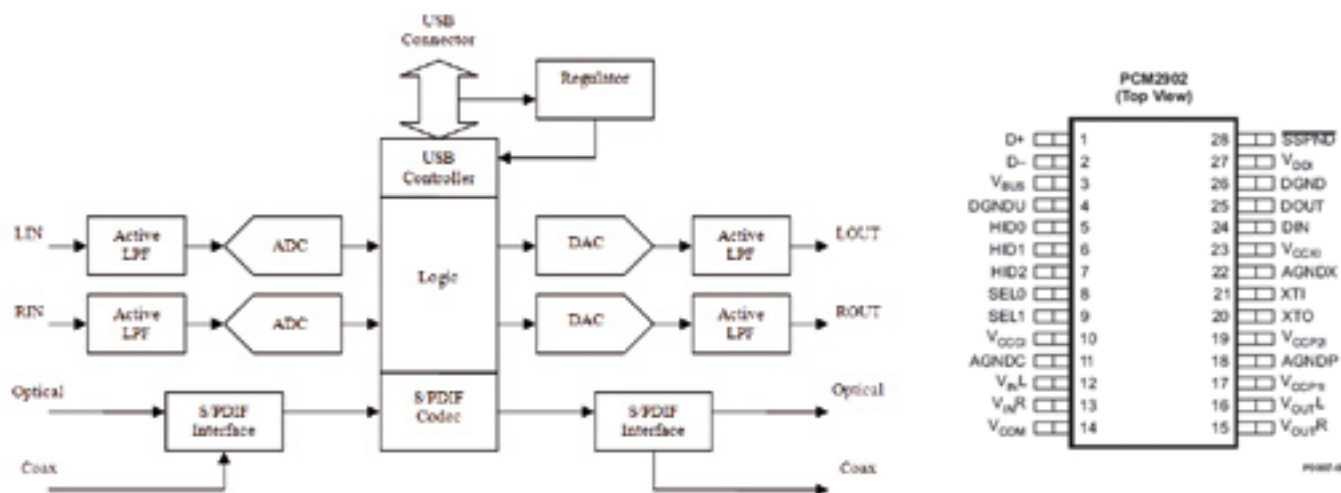
Schede audio esterne per PC ce ne sono tante; quelle hi-fi sono poche e costano. Vi proponiamo di realizzarne una provvista anche di link ottico e collegamento S-PDIF.



dell'ing. MARCO LANDONI

Vi è mai passata per la testa l'idea di trasferire tutta la vostra discografia in vinile su dei più moderni e versatili CD? Questo vi consentirebbe di ascoltare la vostra musica preferita anche in macchina, oppure durante un viaggio in autobus con un lettore CD portatile, oppure ancora salvare il tutto in formato compresso e, tramite un lettore MP3, fruirne anche mentre fate jogging... Il progetto che presentiamo in queste pagine consente di fare questo e molto altro: infatti, detto in parole semplici, il tutto è sostanzialmente una completa scheda audio

HI-FI esterna per PC da collegare alla porta USB. L'idea di intraprendere questo progetto ci è venuta quando un nostro collaboratore si è trovato in difficoltà tentando di registrare su un PC portatile un LP in vinile: la registrazione avveniva chiaramente in maniera corretta, ma la qualità era decisamente scadente, poiché, oltre ad una scarsa dinamica sonora, nell'audio si notava un marcato rumore di fondo ed era persino possibile sentire nella traccia registrata il rumore della testina dell'hard-disk. Questa problematica è comune a tutti i PC, ossia tanto ai porta-



Schema a blocchi e pin-out dell'audio controller per PC.

tili, quanto ai desktop, tower ecc. Il rumore si introduce nell'audio a causa della stretta vicinanza tra sorgenti di rumore (hard-disk, bus, CPU, alimentatori switching ecc.) e circuiti analogici della scheda sonora. Pertanto la scheda audio interna ai PC, che va benissimo per essere usata come comune ma versatile ingresso e uscita audio, difficilmente sarà in

grado di soddisfare le esigenze di chi intende utilizzare il proprio Personal Computer per registrare e riprodurre musica che possa considerarsi ad alta fedeltà. La soluzione che vi proponiamo, che si collega al PC solamente tramite una porta USB, utilizza un codec audio di altissima qualità prodotto da Texas Instruments (PCM2902E) ed essendo esterna risulta decisamente meno suscettibile ai rumori generati all'interno del computer, garantendo prestazioni spiccatamente Hi-Fi anche e soprattutto in fatto di rapporto S/N (segnale/rumore). Inoltre, per non proporre un clone di quanto potreste comprare in un grande magazzino, abbiamo deciso di dotare la nostra periferica di ingresso e uscita digitale in fibra ottica e su cavo coassiale (S/PDIF), dotazione questa sicuramente inusuale per un prodotto di fascia media. Questi ingressi e uscite consentiranno di collegare, per esempio, un lettore CD o DVD dotato anch'esso di uscita S/PDIF: così facendo potrete registrare su PC direttamente i dati digitali che il lettore leggerà dal disco senza effettuare alcuna conversione D/A o A/D, preservando la qualità della registrazione. Analogamente, se disponete di un sistema

Home-Theatre con ingresso S/PDIF potrete collegare ad esso l'uscita della nostra scheda ed utilizzare il suo convertitore D/A.

L'ingresso digitale è utile quando si deve registrare da un lettore CD che ha un convertitore D/A di qualità non molto elevata; il caso non è infrequente perché soprattutto i vecchi lettori CD hanno il convertitore D/A a singola frequenza di campionamento (44,1 kHz). Solo i lettori più performanti e gran parte di quelli realizzati nell'ultimo decennio sono adatti alla decodifica del sovracampionamento quadruplo (4-time oversampling). La possibilità di registrare direttamente il



SCHEDA TECNICA

- Alimentazione: + 5V (USB)
- Assorbimento: max 70mA
- Ingressi: stereo analogico, S/PDIF (coax & optical)
- Uscite: stereo analogico, S/PDIF (coax & optical)

AD Converter

- Frequenza di campionamento: 8, 11,025; 16; 22,05; 32; 44,1; 48 kHz
- Risoluzione: 8/16 bit
- THD+N: < 0,01% @ Vin = - 0,5dB
- SNR: 89dB
- Gamma dinamica: 89dB

DA Converter

- Frequenza di campionamento: 32; 44,1; 48 kHz
- Risoluzione: 8/16 bit
- THD+N: 0.005% @ Vout = 0dB
- SNR: 96dB
- Gamma dinamica: 93dB

segnale digitale risparmia anche il deprezzamento del segnale nella conversione A/D del segnale preso dall'uscita analogica del lettore. In riproduzione, l'uscita digitale permetterà a chi ha un amplificatore o sistema Home Theater provvisto di link digitale e convertitore D/A di qualità superiore a quello della nostra scheda, di usare quest'ultimo. Per un hardware così prestante, non potevamo esimerci dal mettervi a disposizione un buon software di gestione; in queste pagine descriveremo un programma per sistema operativo Windows, scaricabile gratuitamente dal Web, che vi consentirà di registrare, editare e riprodurre svariati formati di file audio.

SCHEMA ELETTRICO

Procediamo con ordine e osserviamo il circuito elettrico, il quale si collega direttamente ad una presa USB del vostro PC mediante l'apposito cavetto; l'altra estremità andrà inserita nel connettore USB tipo B presente sul circuito stampato. Da questo connettore la scheda preleverà l'alimentazione necessaria per il proprio funzionamento, sfruttando la corrente (tipicamente 500 mA con 5 V di tensione) che ogni porta USB mette a disposizione per alimentare l'eventuale dispositivo ad essa collegato. La tensione d'alimentazione viene inviata a tutto il circuito dopo essere passata per il filtro formato da R33, R34 e C30, che serve per eliminare il rumore digitale presente sull'alimentazione stessa. Il regolatore U6 serve invece per alimentare la sezione analogica dell'integrato U1 con una tensione stabilizzata di 3,8V; lo stesso regolatore è attivato o disattivato in maniera autonoma dal codec tramite il livello logico presente sul suo pin 8. L'utilizzo

di un regolatore esterno consente di ottenere dal codec le massime performance in termini di rumore di fondo e distorsione.

Dallo stesso connettore USB preleveremo anche il bus dati differenziale D+ e D- e lo invieremo ai rispettivi pin dell'integrato U1. La resistenza di pull-up R32, posta sulla linea D+, serve per comunicare all'host USB che il dispositivo ad esso connesso è di tipo full-speed.

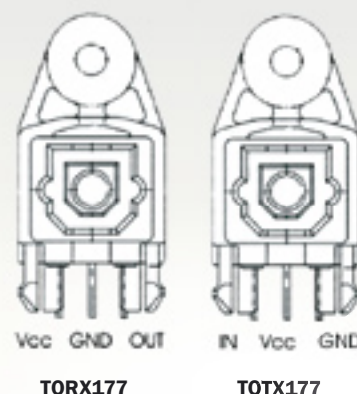
L'integrato U2 è utilizzato come buffer d'ingresso e filtro passa-basso del secondo ordine: infatti, nonostante all'interno di U1 sia presente un front-end analogico completo, è sempre buona norma filtrare il più possibile il segnale che viene inviato ad un convertitore A/D oltre la frequenza di Nyquist (metà della frequenza di campionamento) per contenere l'effetto *aliasing*. Notiamo che i convertitori A/D sono del tipo $\Sigma\Delta$ (sigma-delta) e lavorano sovracampionando il segnale analogico, pertanto in questi casi è necessario non tanto filtrare oltre la banda audio come verrebbe spontaneo fare (infatti di questo se ne occupa il filtro digitale integrato nel codec), quanto tagliare anche la zona spettrale ad alta frequenza (centinaia di kHz e oltre) per evitare che alla reale frequenza di campionamento sia sovrapposto del rumore che finirebbe poi in banda audio sotto forma di *aliasing*.

Di questo si occupa U2, che è un LME49721: si tratta di un integrato recentemente introdotto nel mercato da National Semiconductors e appositamente concepito per applicazioni audio ad alta fedeltà. L'integrato è del tipo *rail-to-rail* e vanta una bassissima distorsione armonica ed un bassissimo rumore termico intrinseco.

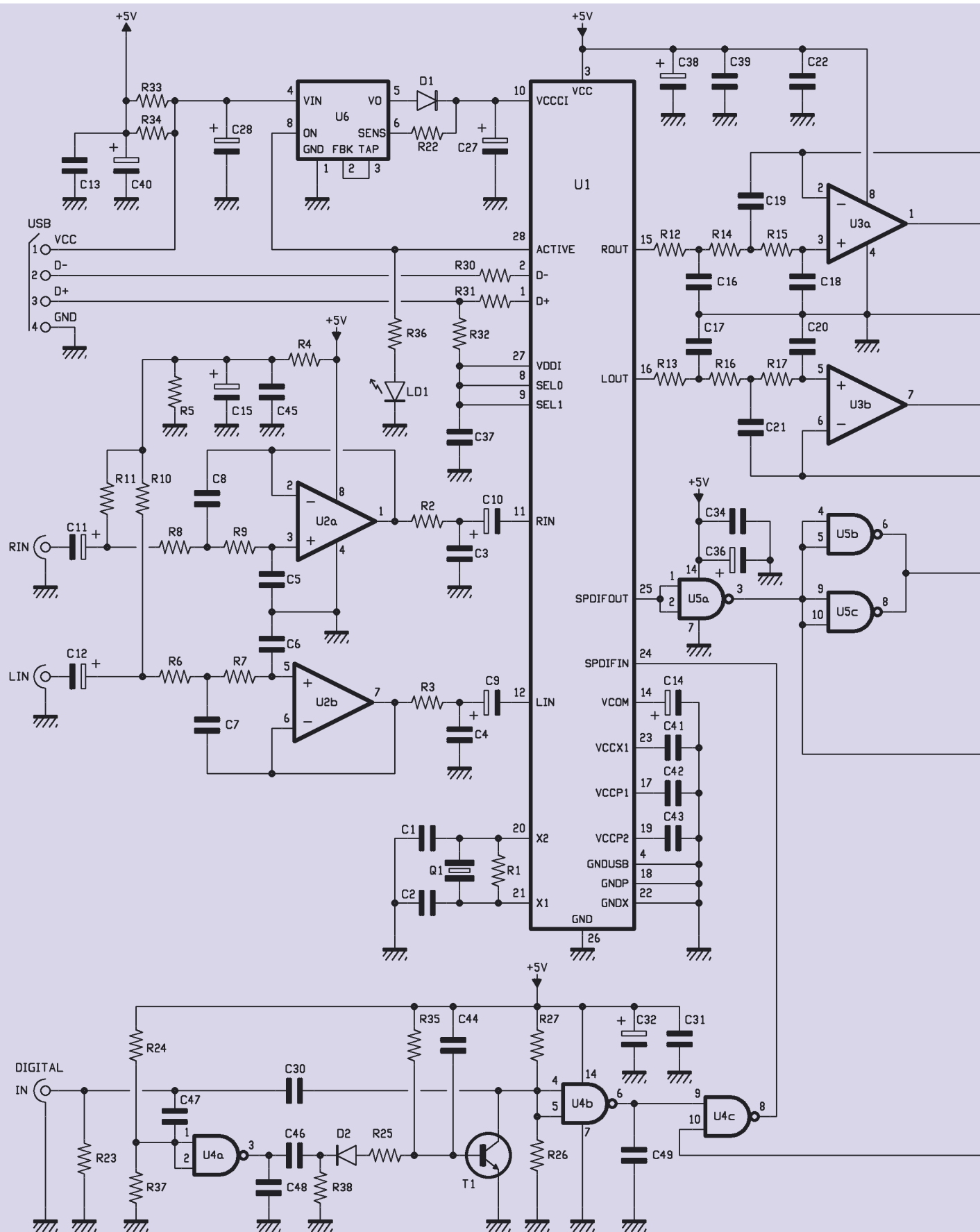
Lo stesso integrato è stato utiliz-

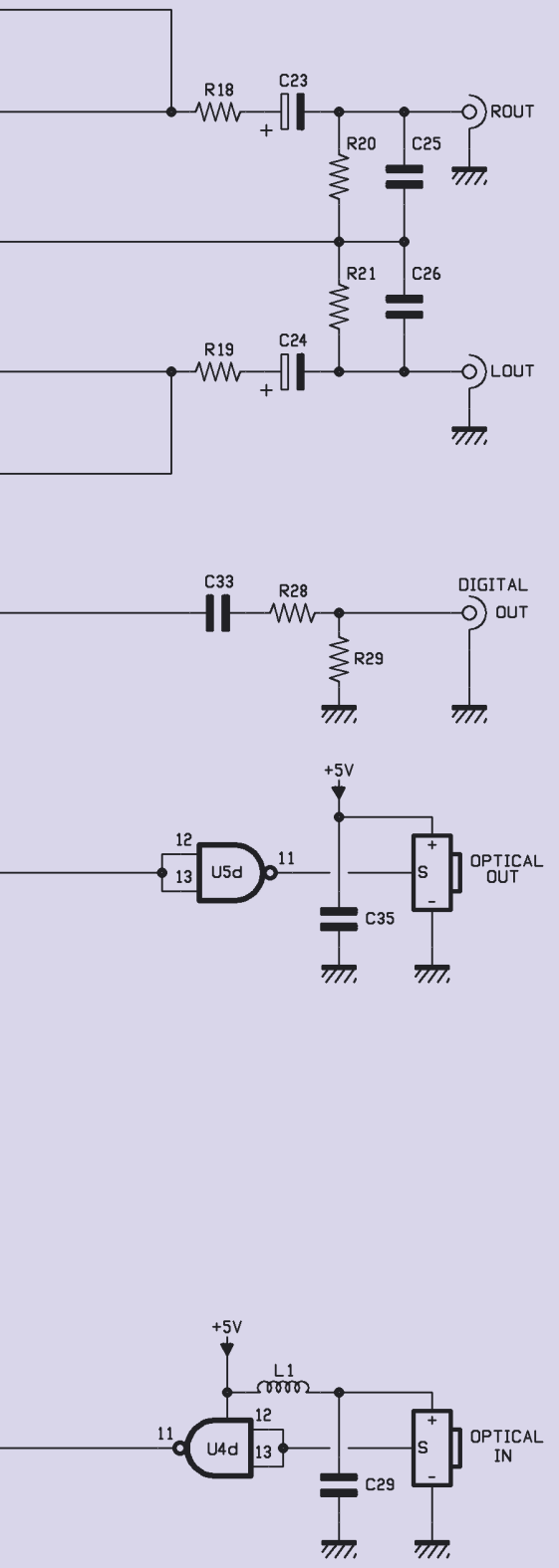
L'INTERFACCIA OTTICA

Il link ottico viene realizzato con piccolissimi moduli che contengono sia il connettore, sia un LED nel TX e un fotodiodo nell'RX, oltre all'elettronica necessaria ad interfacciare tali componenti con i segnali TTL usati nel circuito.



zato come buffer per il segnale d'uscita (U3) che viene prelevato dai convertitori D/A del codec: anche in questo caso abbiamo adottato una configurazione a filtro passa-basso con lo scopo di "pulire" tutta la banda al di fuori delle frequenze audio (> 20kHz). Lo stesso codec PCM2902E è in grado di gestire un link S/PDIF (Sony – Philips Digital Interface)





sia in ingresso che in uscita rispettivamente sui pin 24 e 25.

Per offrire un sistema completo e flessibile, abbiamo previsto la possibilità di utilizzare un link digitale sia ottico che su cavo coassiale: nel primo caso è stato utilizzato il ricevitore TOSLINK U7, nel quale andrà inserito direttamente il connettore che termina il cavo in fibra ottica (ad esempio può essere quello identificato dal codice AVB046/2.5 del catalogo Futura Elettronica). Il segnale digitale presente sul pin 1 del ricevitore ottico è squadrato dalla porta NAND U4b e inviato ad uno dei due ingressi di U4c. Nel secondo caso, invece, il segnale proveniente dal cavo coassiale connesso alla presa RCA J3 è disaccoppiato dalla capacità C30 ed inviato alla porta U4d che è utilizzata come squadratore per piccolo segnale; il segnale così rigenerato è inviato all'altro ingresso della porta U4c che ha la funzione di selezionare il segnale proveniente da U4d in alternativa a quello proveniente dalla sorgente ottica. A tale scopo, il circuito costituito da U4b, D2 e Q1 è utilizzato come squelch per tacitare l'ingresso digitale su cavo coassiale quando non vi sia collegato alcun apparecchio; ciò serve per scongiurare il rischio che nella U4d si verifichino commutazioni di livello logico casuali dovute a disturbi all'ingresso. Non è invece necessario bloccare il funzionamento del ricevitore U7, poiché in assenza di sorgente il pin 1 d'uscita è normalmente a livello logico alto. Facciamo presente che l'ingresso digitale

su cavo coassiale è da usarsi in alternativa a quello su fibra ottica; non è possibile utilizzare entrambi contemporaneamente. Anche la sezione d'uscita digitale prevede il doppio supporto fisico ottico e coassiale: il primo si basa su un trasmettitore TOSLINK U8 mentre il secondo utilizza due porte logiche NAND connesse in parallelo (per fornire un'adeguata corrente) ed una rete passiva d'adattamento; in questo caso le due uscite possono essere utilizzate contemporaneamente, perché nulla vieta di inviare lo stesso segnale a due apparecchi distinti.

Il led LED1 è utilizzato come



Fig. 2



Fig. 3

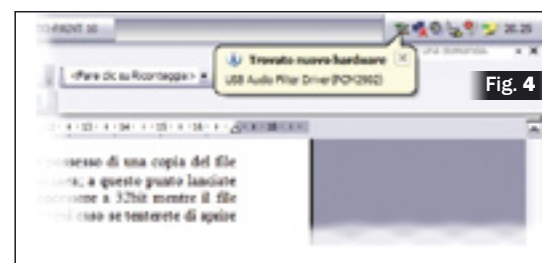
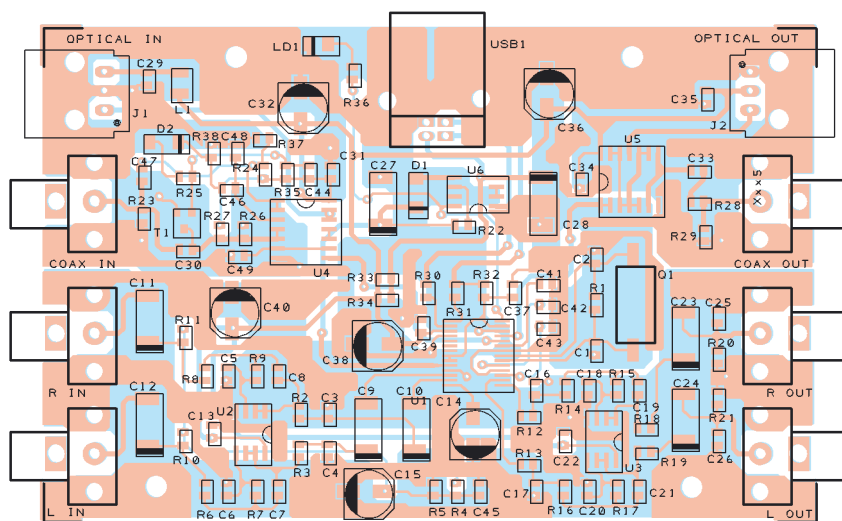


Fig. 4

Elenco Componenti:

R1: 1 Mohm (0805)
 R2, R3: 680 ohm (0805)
 R4, R5: 22 kohm (0805)
 R6÷R9: 1,8 kohm (0805)
 R10, R11: 100 kohm (0805)
 R12, R13: 680 ohm (0805)
 R14÷R17: 1,8 kohm (0805)
 R18, R19: 2,2 kohm (0805)
 R20, R21: 100 kohm (0805)
 R22: 15 kohm (0805)
 R23: 75 ohm (0805)
 R24, R26, R27: 22 kohm (0805)
 R25: 1 kohm (0805)
 R28: 390 ohm (0805)
 R29: 100 ohm (0805)
 R30, R31: 22 ohm (0805)
 R32, R36: 1,5 kohm (0805)
 R33, R34: 4,7 ohm (0805)
 R35: 100 kohm (0805)
 R37: 22 kohm (0805)
 R38: 10 kohm (0805)
 C1, C2: 15 pF ceramico (0805)
 C3÷C8: 1 nF ceramico (0805)
 C9÷C12: 10 µF 20V tantalio (case D)
 C13: 100 nF ceramico (0805)
 C14: 10 µF 16V elettrolitico (case D)
 C15: 100 µF 6,3V elettrolitico (case D)
 C16÷C21: 1 nF ceramico (0805)
 C22: 100 nF ceramico (0805)
 C23, C24: 10 µF 20V tantalio (case D)
 C25, C26: 220 pF ceramico (0805)
 C27, C28: 10 µF 20V tantalio (case D)
 C29, C31: 100 nF ceramico (0805)
 C30: 10 nF ceramico (0805)
 C32: 10 µF 16V elettrolitico (case D)
 C33÷C35: 100 nF ceramico (0805)
 C36: 10 µF 16V elettrolitico (case D)
 C37: 1 µF ceramico (0805)
 C38: 10 µF 16V elettrolitico (case D)
 C39: 100 nF ceramico (0805)
 C40: 100 µF 6,3V elettrolitico (case D)
 C41÷C43: 1 µF ceramico (0805)
 C44: 10 nF ceramico (0805)
 C45: 100 nF ceramico (0805)
 C46: 1 nF ceramico (0805)
 C47: 10 nF ceramico (0805)



C48: 100 pF ceramico (0805)
 C49: 100 pF ceramico (0805)
 L1: 47 µH SMD
 D1: LL4148
 D2: LL4148
 LD1: Led verde (0805)
 T1: BC857
 U1: PCM2902E Texas Instruments
 U2: LME49721MA National
 U3: LME49721MA National
 U4: 74HC00

U5: 74HC00
 U6: LP2986 National
 U7: TORX177 Toshiba
 U8: TOTX177 Toshiba
 Q1: Quarzo 12 MHz (HC49)

Varie:
 - Connettore USB-B
 - Connettore RCA 90° da CS (6 pz)
 - Connettore ottico (2 pz)
 - Circuito stampato

monitor per indicare l'attività della scheda.

REALIZZAZIONE PRATICA

Per la nostra scheda audio USB abbiamo progettato un circuito

stampato a doppia faccia su cui montare tutti i componenti; come per altri progetti, anche per questo abbiamo previsto l'uso di componentistica di tipo SMD. Ciò non dovrebbe presentare

particolari complicazioni rispetto un montaggio tradizionale e anzi, a chi ha un po' di dimestichezza con la tecnica SMD, la realizzazione potrà anche risultare più veloce, dato che non ci sono

terminali da piegare e reofori da tagliare. In ogni caso ci si deve misurare con terminali tra loro molto vicini e componenti dalle dimensioni minuscole, quindi negli integrati è molto facile (spesso inevitabile...) cortocircuitare tra loro dei pin adiacenti con una goccia di stagno. In questo caso è utile disporre di una treccia dissaldante, da usare così: alzate temporaneamente la temperatura del saldatore ed appoggiate la treccia sopra l'eccesso di stagno che volete rimuovere, quindi mettetevi sopra la punta del saldatore alla calza e sciogliete lo stagno sotto di essa; per il fenomeno della capillarità, vedrete che l'eccesso di stagno sarà assorbito dalle maglie della treccia. A questo punto potrete ripassare le saldature precedentemente in cortocircuito.

Speriamo comunque che non abbiate bisogno di dover intervenire troppe volte per rimuovere eccessi di stagno.

A parte ciò, consigliamo di iniziare il montaggio del circuito partendo dall'integrato U1, che è

anche quello più ostico da saldare, visto che i suoi 28 pin distano tra loro solamente 1mm. Procedendo con pazienza ed attenzione, ad operazione ultimata controllate che non ci siano sbavature, quindi provvedete al montaggio degli altri integrati: i due operazionali U2 e U3, le due logiche HC-MOS U4 ed U5 ed il regolatore U6; sistemate quindi tutti i componenti passivi, i diodi, il transistor Q1 ed infine il quarzo da 12 MHz siglato XTAL1.

Inserite quindi tutti i connettori RCA, il connettore USB, il ricevitore ed il trasmettitore ottico: fate attenzione a questi ultimi, perché, pur essendo meccanicamente identici, non è assolutamente possibile invertirli e, nel caso lo facciate inavvertitamente, l'interfaccia ottica non funzionerebbe. L'unico modo per distinguere il trasmettitore dal ricevitore è quello di leggere la sigla impressa sull'involucro in plastica di ciascuno (il TX si chiama TOTX177 e l'RX TORX177).

Terminate anche queste operazioni, il circuito sarà subito funzionante e potrete procedere installando i driver e collegando il tutto al vostro PC.

INSTALLAZIONE DEI DRIVER

Per poter utilizzare la scheda audio su un Personal Computer, è necessario installare innanzitutto i driver del caso in modo che lo stesso sia in grado di riconoscere la

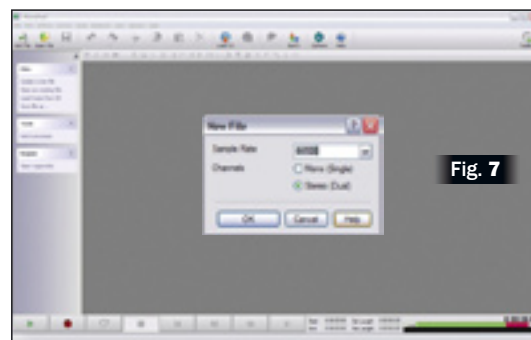


Fig. 7

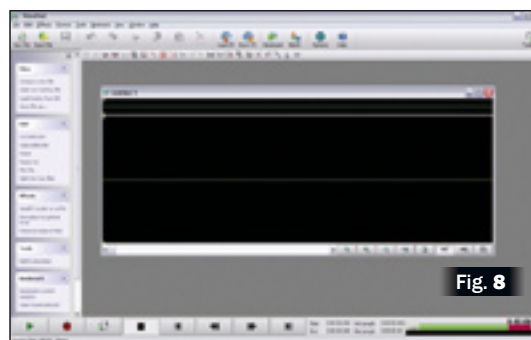


Fig. 8

periferica USB e comunicare con essa. I driver sono gratuitamente scaricabili dal sito di Texas Instruments (www.ti.com) oppure potrete scaricarli dal nostro sito (www.elettronica.in). In entrambi i casi entrerete in possesso di una copia del file *driver_usb_pcm2902.zip* che andrà scompattato in una cartella temporanea; a questo punto lanciate uno dei due eseguibili: il file *Setup.exe* è da utilizzare su PC con processore a 32bit mentre il file *Setup64.exe* è eseguibile solo su macchine con processore a 64bit. In ogni caso se tenterete di aprire il file sbagliato vi comparirà un messaggio di errore.

Nella prima finestra di setup che comparirà dovrete scegliere la lingua inglese, dopodiché dovrete cliccare sul pulsante *Next* ed accettare le condizioni di licenza (Fig. 2); cliccate nuovamente su *Next*, quindi su *Install*. Dopo pochi istanti, una finestra confermerà la buona riuscita dell'installazione; cliccate quindi su *Finish*

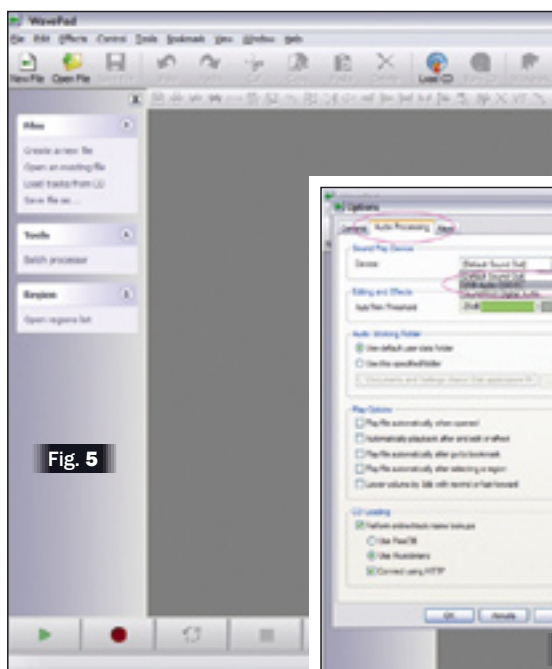


Fig. 5

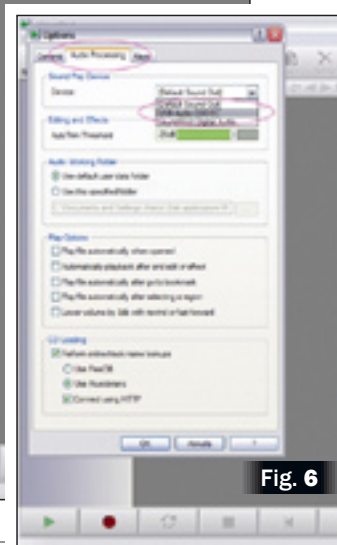


Fig. 6

L'interfaccia S/PDIF

L'interfaccia S/PDIF nasce negli anni '80, subito dopo l'avvento dei primi lettori CD, con lo scopo di trasferire senza alcuna degrado il segnale digitale proveniente dalla sorgente ad una seconda apparecchiatura. In particolare, se questa seconda apparecchiatura opera nel dominio digitale (per esempio un equalizzatore ambientale, un DSP oppure anche un registratore DAT o Mini-Disc ecc...) poter trasferire un se-

gnale già quantizzato risparmia la duplice conversione D/A e A/D con evidenti vantaggi in termini qualitativi. Ad oggi lo standard S/PDIF è parecchio impiegato nel settore audio professionale ma è presente anche su gran parte di lettori CD, amplificatori integrati destinati al mercato consumer. Lo standard (IEC958) specifica il formato dati, il bit-rate, i campi di controllo ed anche il tipo di connessione fisica.

Il tipo di codifica utilizzato è detta *biphase marking code* (BMC) ed è una sorta di modulazione di fase: in questo senso un segnale di clock a frequenza fissa è combinato con il pattern dati da trasferire; una transizione per lo zero indicherà un bit 0 viceversa due transizioni per lo zero indicheranno un bit 1.

La frequenza di clock è determinata dalla velocità di campionamento utilizzata e dalla risoluzione in bit (tipicamente 16 bit), in particolare, sono supportate le frequenze di 32kHz, 44.1kHz e 48kHz per dei bitrate rispettivamente di 2.048Mbps, 2.8224Mbps e 3.072Mbps.

Ogni campione audio di 16bit è inserito in una stringa di 32bit detta subframe: i primi 3bit costituiscono un preambolo di sincronizzazione necessario al ricevitore per poter effettuare

correttamente la decodifica dei dati ricevuti. Seguono 4bit ausiliari e il campione vero e proprio. Infine ci sono altri 4bit per segnalare la validità del campione, la parità ed una copia di bit detti *Subcode data* e *Channel status information*.

Le stringhe di 32bit sono concatenate a coppie per formare un frame: in ogni frame saranno presenti quindi due subframe, ciascuno lungo 32bit e contenente un campione audio (uno il canale #1 l'altro il canale #2).

I frame sono quindi raggruppati a blocchi di 192 unità. In ogni blocco sono quindi presenti 384 bit di *Subcode Data* e 384 bit di *Channel status Information* che sono utilizzati per trasmettere vari tipi di informazioni. L'interfaccia fisica di comunicazione può invece essere un cavo coassiale di impedenza tipica pari a 75

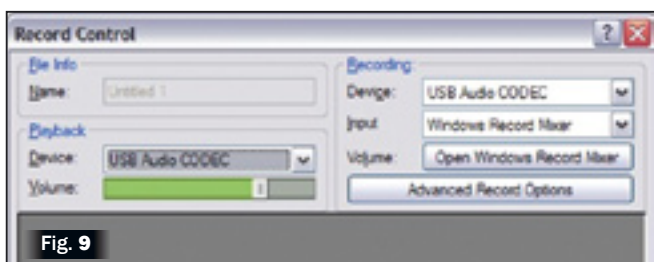
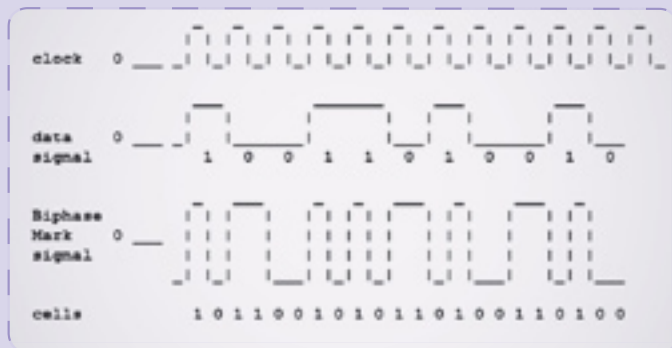


Fig. 9

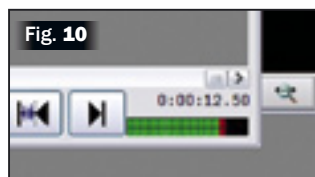


Fig. 10



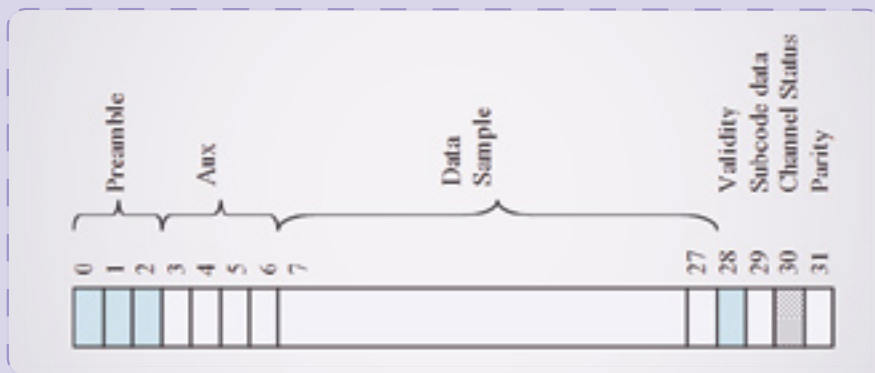
Fig. 11

(Fig. 3). A questo punto potrete collegare al PC, tramite un cavo USB, la nostra scheda audio e dopo pochi istanti nella barra di start di Windows comparirà un pop-up che indicherà il tipo di dispositivo individuato (Fig. 4). Al termine della registrazione del device sulla porta USB, la stessa finestra vi indicherà che il nuovo hardware è pronto per l'uso.

SOFTWARE DI EDITING AUDIO

Il programma che vi proponiamo per l'editing di files audio (in alternativa al registratore di suoni di Windows) si chiama *WavePad Sound Editor* ed è distribuito gratuitamente nella versione base da NCH Software (www.nch.com.au/wavepad).

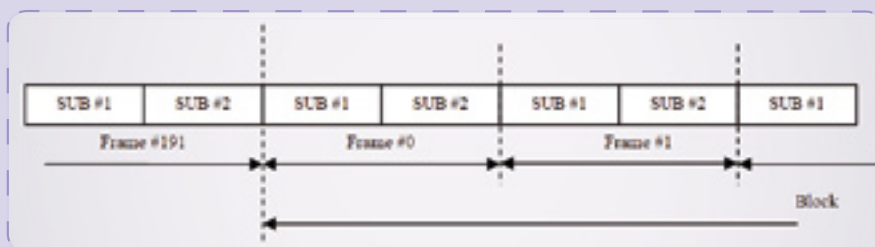
A nostro parere il programma è decisamente più potente del registratore di suoni di Windows, poiché permette di aprire e salvare file audio in una gran varietà di formati (.wav, .ogg, .wma, .mp3, .aac, etc.) inoltre dispone di un completo set di effetti (amplificazione, equalizzazione, echo, riverbero, speed e pitch change etc.), un generatore di suoni ed un tool di analisi spettrale. Non è questa la sede per illustrare il funzionamento di tutte queste



Struttura del subframe.

ohm terminato solitamente con dei jack tipo RCA, oppure un'interfaccia ottica (comunemente denominata Toslink) che tipicamente equipaggia le apparecchiature

professionali o semi-professionali. Nel caso di interfaccia su cavo coassiale il segnale nominale presenta un'ampiezza di 500 mVpicco/picco.



Struttura del blocco dati: ciascun blocco dati è composto da 192 frame ossia, 384 subframe.

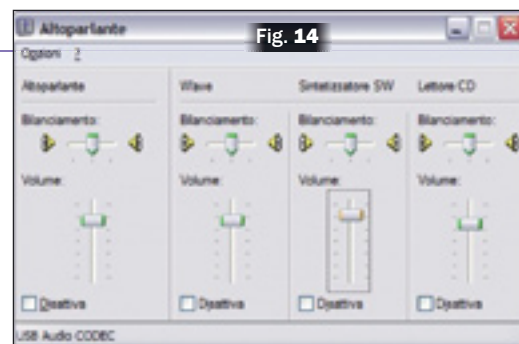


Fig. 14

funzioni, quindi ci limiteremo a indicare solamente le principali operazioni. Per poter utilizzare il programma è necessario innanzitutto installarlo seguendo le istruzioni che man mano compariranno a schermo (sono molto simili a quelle riportate per l'installazione dei driver); al termine dell'installazione, comparirà automaticamente una finestra come quella illustrata nella Fig. 5.

Dal menù *File* selezionate la voce *WavePad Options*, quindi la scheda *Audio Processing*. Dal menu a tendina *Device* selezionate tra i disponibili *USB Audio CODEC* per utilizzare la nostra scheda audio USB come periferica (Fig.

6); quindi cliccate su *OK*. Per registrare un file audio cliccate sul pulsante *New File*: comparirà una finestra da cui potrete scegliere la frequenza di campionamento e il numero di canali (Fig. 7); cliccando su *OK* comparirà un file vuoto. Premete ora il pulsante rosso *REC* in basso a sinistra e vi comparirà una finestra di dialogo per la registrazione (Fig. 8): nei due menu a tendina contrassegnati con la dicitura *Device* sotto le sezioni *Playback* e *Recording* dovrete selezionare *USB Audio CODEC*: in tal modo il programma utilizzerà la scheda USB come periferica audio (Fig. 9). Per iniziare la registrazione dovrete premere il pulsante *REC* all'interno della finestra attiva (Fig. 10): immediatamente vedrete scorrere il contatore dei secondi ed anche i due VU-meter segneranno il livello sonoro d'ingresso. Per terminare la registrazione è sufficiente premere il pulsante *STOP*: così facendo vedrete un'anteprima del segnale registrato (Fig. 11). Utilizzando l'ingresso digitale, sia ottico che coassiale, la registrazione partirà con il solito pulsante *REC*, ma terminerà automaticamente perché in tal caso verrà sincronizzata dallo stesso segnale digitale.

Chiudete quindi la finestra di registrazione e

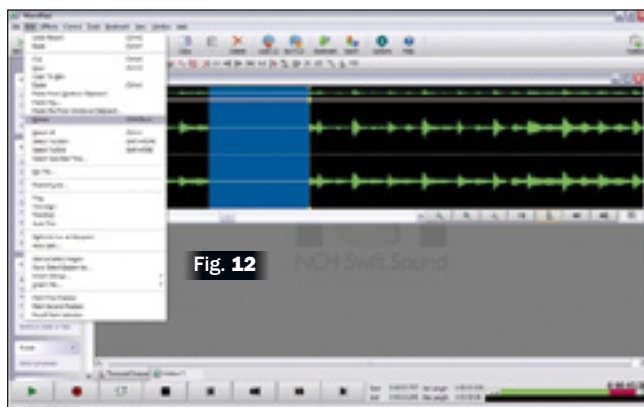


Fig. 12

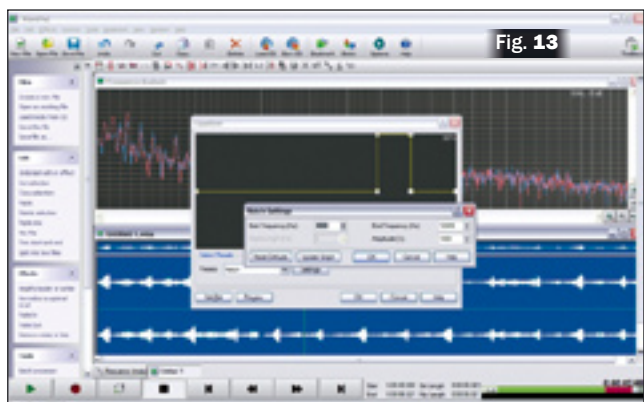


Fig. 13

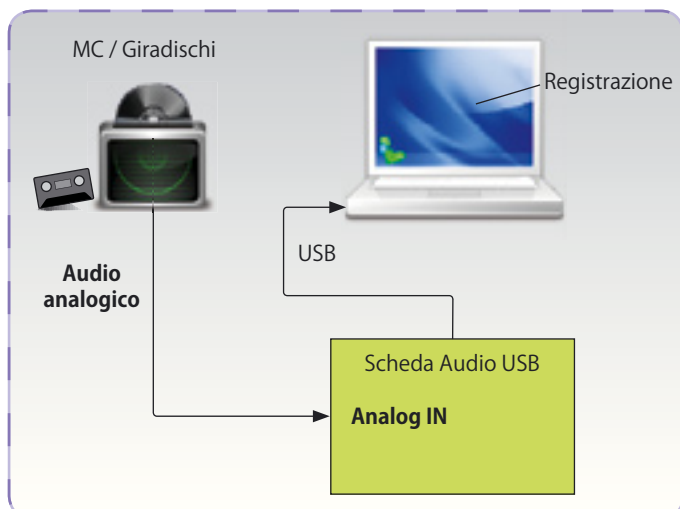


Fig. 15 - Registrazione del segnale audio proveniente da una sorgente analogica.

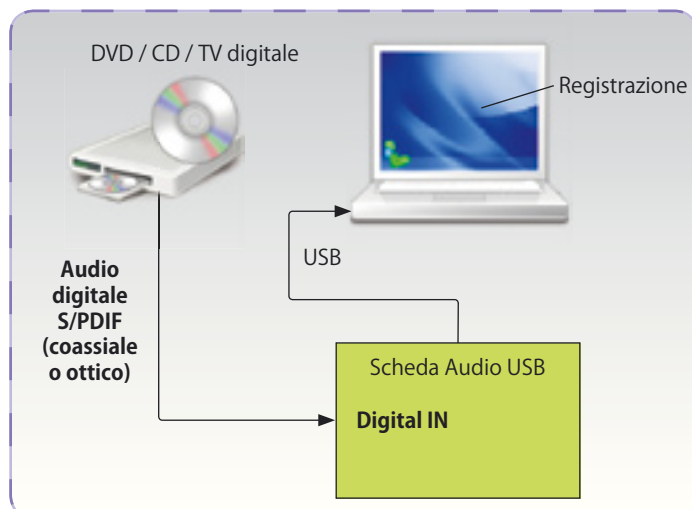


Fig. 16 - Registrazione diretta da una sorgente digitale, usando l'ingresso ottico o l'S/PDIF.

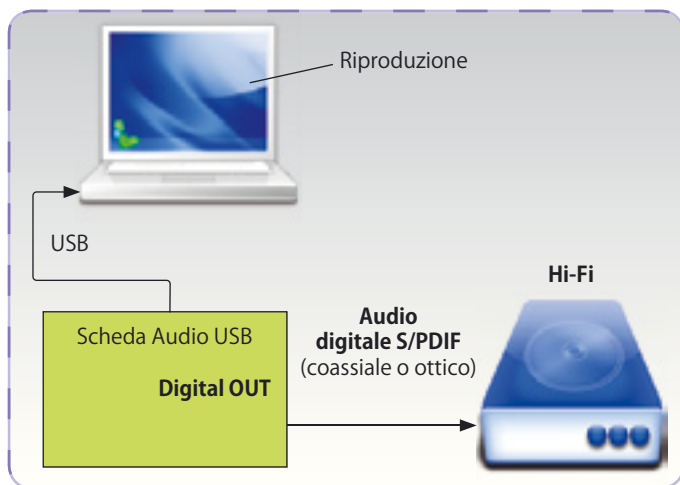


Fig. 17 - Riproduzione collegando la scheda audio all'impianto Hi-Fi tramite link digitale.

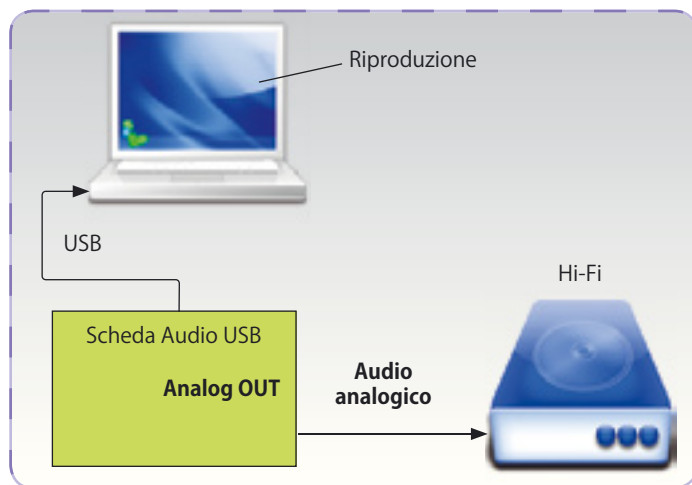


Fig. 18 - Riproduzione collegando l'uscita analogica della scheda audio all'impianto Hi-Fi.

il programma ritornerà alla finestra principale, nella quale vedrete ora riportata la vostra traccia audio appena acquisita. A questo punto potrete utilizzare tutti gli strumenti forniti dal programma per editare la vostra traccia audio (le Fig. 13 e 14 mostrano, rispettivamente, la cancellazione di una porzione di traccia e l'equalizzazione del segnale): è inutile stare a spiegare qui come utilizzare il software poiché sarebbe praticamente una ripetizione del manuale. Se premerete il pulsante PLAY in basso sulla sinistra della finestra, la traccia audio verrà riprodotta dalla scheda audio USB ed il segnale sarà presente contemporaneamente su tutte le uscite della scheda: analogiche e digitali.

Tenete presente che in riproduzione il mixer di Windows continuerà a funzionare e potrete variare i livelli del segnale d'uscita della scheda utilizzan-

do i suoi slider (Fig. 14). Le Figg. 15÷18 mostrano alcuni esempi d'uso della scheda audio.



per il MATERIALE

Tutti i componenti utilizzati in questo progetto sono facilmente reperibili in commercio. Il master del circuito stampato può essere scaricato dal sito della rivista così come il software di gestione della scheda. Il circuito integrato Texas Instruments che svolge le funzioni di codec (PCM2902E) è disponibile al prezzo di 11,50 Euro, IVA compresa.

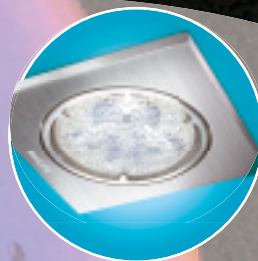
Il materiale va richiesto a:

Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 - Fax: 0331-792287 - www.futurashop.it

ATTENTI A QUEI LED!

di ARSENIO SPADONI

Nati poco più di 40 anni fa per sostituire le ingombranti lampadine spia, i diodi luminosi vedono aprirsi innanzi a loro un futuro nell'illuminazione, soprattutto da quando sono disponibili i modelli ad alta efficienza a luce bianca. È ormai certo che nel giro di pochi anni le lampadine saranno tutte a LED, quindi prepariamoci ad aprire loro le porte di casa...



Quando la mise a punto per la prima volta, nel 1962, Nick Holonyak Jr. (ricercatore della General Electric) sicuramente non immaginava che la sua piccola creatura - quel diodo che non serviva a rettificare la corrente né a rivelare le trasmissioni radio - avrebbe fatto tanta strada. Ma il LED, creato per essere il sostituto delle lampadine spia, aveva ambizioni da protagonista e non certo da comparsa ed oggi si propone nientemeno di diventare esso stesso una lampadina; anzi, la lampadina per eccellenza. Se fino a qualche anno fa era insieme scommessa e

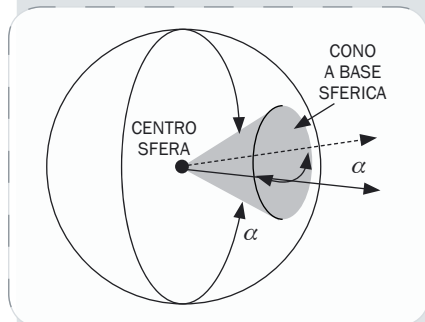
promessa, oggi è una certezza: di qui a poco, le lampade tradizionali lasceranno il posto ai LED, essi stessi lampade o elementi di lampade che presto troveremo in tutte le case e che già vediamo all'opera in molti luoghi pubblici o in locali aperti al pubblico, quali disco-bar e discoteche, a colorare l'atmosfera con giochi di luce un tempo riservati a fari e proiettori con lampade alogene. I motivi di questo successo sono essenzialmente due: tutela dell'ambiente e risparmio energetico, ragioni che si intersecano perché risparmiare energia significa anche risparmiare il denaro

che serve, ad esempio, a smaltire i prodotti elettronici esausti, ma anche ridurre l'emissione in atmosfera delle sostanze inquinanti dovute alla produzione di energia mediante l'impiego di combustibili fossili. Rispetto a tutti i sistemi di illuminazione realizzati dalla scoperta dell'elettricità ad oggi, la lampada allo stato solido è quella che sopravviverà a tutto: crisi energetica, crisi economica, esigenze tecniche e di mercato, sollecitazioni ambientali; infatti ha tutte le carte in regola e anno dopo anno vede migliorare le proprie potenzialità. I moderni LED presenta-

no efficienze luminose (luminosità a parità di consumo di corrente elettrica) tali da poter fornire la stessa luce di lampadine a incandescenza, tubi a neon e anche lampade fluorescenti a risparmio energetico, consumando però molta meno elettricità; sono quindi designati a prendere il posto dei tradizionali sistemi d'illuminazione, anche per il basso impatto ambientale che comportano e che si concretizza non solo nella riduzione delle emissioni inquinanti dovute alle centrali elettriche tradizionali, ma anche nel minor pericolo che rappresentano una volta

Candele, lumen e lux: cosa guardare?

Quando vogliamo confrontare le caratteristiche di due lampade, spesso siamo in difficoltà perché non sappiamo come confrontare i dati forniti: qualcuno, infatti, indica le candele, qualcun altro i lumen. Proviamo a fare un po' di chiarezza. Tutte le sorgenti luminose e quindi anche le lampadine sono caratterizzate da un'intensità luminosa (I), che viene espressa in candele (cd) o in millicandele (mcd), pari a 1 millesimo di candela; nel Sistema Internazionale di misura, la *candela* è l'intensità di una sorgente di dimensioni infinitesime non assorbente la luce che genera (*corpo nero*) avente superficie di $1/6 \times 10^{-5} m^2$ e posta alla temperatura di solidificazione del platino, rilevata in una direzione perpendicolare alla superficie stessa e in un ambiente alla pressione di 101,325 pascal. Quando si parla di candele, si intende perciò l'intensità luminosa, che è la luce propria emessa dalla lampada. Un altro parametro che indica quanta luce genera una sorgente è il flusso luminoso (Φ), che si esprime in *lumen* (lm). Queste due grandezze sono legati dal fatto che il flusso luminoso è la den-



sità raggiunta dall'intensità luminosa in uno spazio solido; per l'esattezza, un lumen è il flusso luminoso prodotto da una fonte dell'intensità di una candela in un angolo solido ampio 1 steradiano. Lo steradiano è l'angolo solido ampio $360/6,28^\circ$ (rapporto tra la circonferenza e il raggio di un cerchio) in tutte le direzioni, ossia $57,32$ gradi. Dunque, il flusso luminoso (lumen) è dato dal prodotto:

$$\Phi = I \times \alpha$$

dove α è l'angolo di emissione della luce o di irraggiamento, espresso in steradiani, che si suppone sia uguale in tutte le direzioni (si ipotizza che la lampada emetta un cono di luce). Dunque, per confrontare due lampadine conoscendo di una le candele e dell'altra i lumen, deve essere noto l'angolo di emissione della luce. Noto questo in gradi sessagesimali, si ricava α in steradiani dividendolo per $57,32$; ad esempio una lampada che ha come angolo di emissione 45° ha un angolo di $0,785$ steradiani. Confrontiamo, ad esempio, una lampada da $10.000 mcd$ che emette su un angolo di 45 gradi ed una della quale sappiamo che ha un flusso luminoso di 10 lumen; dato che 45° è pari a $0,785$ steradiani, la prima determina un flusso luminoso di:

$$\Phi = 10 cd \times 0,785 sr = 7,85 lm$$

Quindi la prima è meno valida della seconda. Con le stesse formule si possono ricavare le grandezze non indicate dai costruttori; per esempio, se di una lampadina sappiamo che genera 8 lumen ed emette su un angolo di 60° ($1,047$ steradiani) possiamo ricavare l'intensità luminosa (I) in candele:

$$I = \Phi / \alpha = 8 / 1,047 = 7,64 cd$$

Ora confrontiamo una lampadina dell'intensità di 12 candele e un'altra che ha un flusso luminoso di 11 lumen e un angolo di emissione di 60° ($1,047 sr$); determiniamo l'intensità in candele della seconda lampada:

$$I = \Phi / \alpha = 11 / 1,047 = 10,5 cd$$

Stavolta la seconda lampada è meno performante della prima. Dei LED i costruttori definiscono l'intensità luminosa e l'angolo di irraggiamento o apertura, espresso in gradi sessagesimali. Dato che la lente dei diodi normalmente determina un'emissione luminosa conica, è facile ricavare il flusso luminoso. Ad esempio, un LED che emette $2.000 mcd$ su un angolo di 50° ($0,872 sr$), presenta un flusso luminoso di $1,744$ lumen.

ta nel mondo ($20.000 TWh$) viene utilizzata per l'illuminazione artificiale; è stato calcolato che, se per tutti i tipi di illuminazione venissero utilizzate sorgenti a LED, questo valore scenderebbe al 5% , con un risparmio, dunque, di $1.000 TWh$. Per avere un'idea di cosa significa tutto ciò, basti considerare che una centrale nucleare di nuova generazione è in grado di produrre circa $10 TWh$ all'anno. In pratica potremmo fare a meno di 100 centrali nucleari, evitando di costruirne di nuove o smantellando quelle vecchie!

Sebbene costi ancora più di una lampada convenzionale, il LED a parità di luce prodotta presenta una durata maggiore, dimensioni più ridotte, sicurezza nell'uso (funziona a bassa tensione e scalda pochissimo) robustezza e alta efficienza.

Se a ciò aggiungiamo il fatto che, diversamente dalle lampade a incandescenza e a vapori, i diodi luminosi possono produrre luce colorata senza bisogno di usare filtri colorati, responsabili di una consistente perdita di luminosità e quindi di un calo dell'efficienza, non dobbiamo più dire altro.

La reale possibilità di sostituire con i LED le comuni lampadine è stata ben compresa dall'industria elettronica, tanto che nel giro di pochi anni a quelli storici (HP, Fairchild, Temic) si sono affiancati nuovi fabbricanti di LED, prevalentemente cinesi e taiwanesi, pronti a sopperire alla fortissima richiesta del mercato.

UN PO' DI STORIA

L'idea di usare un diodo come lampadina spia nacque quando venne scoperta l'attitudine dei diodi a semiconduttore di emettere una radiazione luminosa, sebbene si dovette attendere di trovare il materiale giusto in

inservibili e diventati rifiuti (i LED si riciclano facilmente: le resine degli involucri si sciolgono, i chip si fondono per ottenere

nuovo semiconduttore e il metallo dei terminali si fonde e si riusa anch'esso). Attualmente circa il 10% dell'energia elettrica prodot-

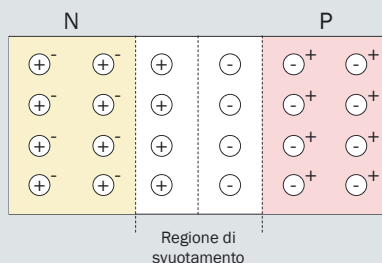
La giunzione PN

quanto non tutte le giunzioni emettono luce visibile. Risolto il problema, in un primo tempo ci si accontentò di produrre una luce rossa; ma quando fu possibile realizzare diodi capaci di emettere luce di altri colori e, più specificatamente, bianca oppure rossa, verde e blu, si avviò la vera rivoluzione: i ricercatori intravidero la reale possibilità di realizzare, con quelle piccole lampadine, l'illuminazione del futuro. Infatti miscelando le luci rossa, verde e blu, si poteva ottenere non solo luce bianca (della tonalità voluta), ma anche qualsiasi altro colore; nacquero così i primi proiettori a LED per lo spettacolo. Arrivarono, infine, i diodi a luce bianca, concepiti per realizzare l'illuminazione tradizionale.

Inoltre, l'aumento dell'efficienza luminosa (già dieci anni dopo la messa a punto del primo LED, i diodi a luce rossa avevano un'efficienza dieci volte maggiore) ha permesso di realizzare diodi capaci di emettere luce sempre più intensa a parità di consumo e quindi di intravedere l'impiego nell'illuminotecnica, cosa impensabile con i primi LED, che oltre ad essere colorati emettevano luce di debole intensità.

LA TECNICA

Ma come funziona il diodo luminoso? Tutto nasce nella giunzione PN, una struttura formata da materiale semiconduttore "drogato" che costituisce il diodo. I semiconduttori (silicio, germanio e selenio) sono gli elementi che hanno permesso lo sviluppo dell'elettronica allo stato solido, del diodo e del transistor, quindi dei circuiti integrati e dei microprocessori e, indirettamente, di tutte quelle apparecchiature elettroniche che hanno cambiato il modo di vivere dell'umanità e che sono



Per rendere elettricamente conduttivo il semiconduttore bisogna "drogarlo", introducendo nella sua struttura cristallina impurezze che abbiano valenza diversa da quattro (che, chimicamente parlando, è la valenza dei semiconduttori): tipicamente sostanze trivalenti (gallio, boro, alluminio) e pentavalenti (fosforo, arsenico, antimonio). Nel primo caso si parla di drogaggio di tipo P, perché nel semiconduttore si crea una carenza di elettroni, in quanto gli atomi droganti hanno un elettrone di valenza in meno del silicio e scoprono una carica elettrica positiva (si chiamano *accettori* perché possono accettare elettroni); nel secondo il drogaggio è di tipo N, perché gli atomi del drogante pentavalente hanno cinque elettroni di valenza (si chiamano *donatori*, perché possono dare ciascuno un elettrone) e quindi nel semiconduttore per ogni atomo di drogante c'è un elettrone che non sa dove collocarsi. Applicando al semiconduttore drogato una tensione di valore modesto, se si tratta di materiale drogato P gli elettroni vengono spinti da un atomo di drogante all'altro

perché attratti dalle cariche positive scoperte, mentre se il materiale è drogato N il generatore spinge in circolo gli elettroni in eccesso; in entrambi i casi si registra una corrente rilevante, di valore proporzionale alla densità del drogante.

Se si prende un pezzo di semiconduttore e lo si droga con impurezze trivalenti da un lato e pentavalenti da quello opposto, si ottiene la giunzione PN, ovvero il diodo a semiconduttore. Poco dopo l'immissione delle sostanze droganti, nel punto di incontro delle zone P ed N gli elettroni in eccesso del drogante pentavalente vanno a colmare le lacune nel drogante trivalente; si crea così una zona detta *regione di svuotamento* perché priva di cariche elettriche libere e così la struttura PN diventa isolante. Per far circolare corrente occorre applicare ai capi P ed N una tensione elettrica (positiva sulla zona P): partendo da zero e aumentando l'ampiezza, a un certo punto si supera la barriera di potenziale che consiste nell'energia da fornire agli elettroni della zona N per farli passare nella regione P; la giunzione diventa quindi sede di una corrente considerevole. La tensione necessaria ad avviare la conduzione si chiama tensione di soglia. Se invece la tensione applicata è di verso opposto (positiva sulla zona N) il campo elettrico non fa altro che richiamare gli elettroni verso l'esterno ed aumentare lo spessore della regione di svuotamento; in questo caso la giunzione non conduce, almeno in teoria.

alla base della comunicazione globale e di Internet. Attualmente il semiconduttore più usato in elettronica è il silicio.

Quando la giunzione PN conduce, per far spostare un elettrone dalla zona N in una lacuna lasciata dalla carenza di un elettrone di un atomo di drogante nella zona P, occorre fornirgli una certa energia, che poi è quella necessaria a estrarre un elettrone dalla sua posizione naturale; tale ener-

gia si chiama lavoro di estrazione (W_0) e vale:

$$W_0 = e \times V$$

dove e corrisponde alla carica elettrica di un elettrone ($1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb) e V al potenziale di estrazione, il quale varia da un elemento chimico all'altro.

La Fisica insegna che un elettrone sta bene al suo posto e che se gli viene somministrata energia

Tabella 1

Tipica tensione di soglia dei led in funzione del colore della luce emessa.

COLORE DELLA LUCE	TENSIONE DI SOGLIA
Rosso	1,8
Arancione	1,9
Giallo	2
Verde	2,2
Blu	3,5
Bianco	3,5

per farlo saltare da una posizione all'altra all'interno dell'atomo cui appartiene o per uscire da esso, tende a tornare indietro; ma il ritorno avviene solo a condizione che l'energia ricevuta venga ceduta.

Nel diodo a giunzione, gli elettroni spostati dalla regione N alla P quando entrano in una lacuna del drogante trivalente devono cedere l'energia somministrata dal campo elettrico che ha prodotto la polarizzazione; l'energia viene ceduta sotto forma di radiazione elettromagnetica, la cui frequenza è legata al potenziale di estrazione dalla formula:

$$W_o = h \times f$$

dove h è la costante di Planck e vale $6,624 \times 10^{-34}$ Joule al secondo mentre f è la frequenza.

La frequenza è a sua volta legata alla lunghezza d'onda (λ) dalla relazione:

$$f = c/\lambda$$

dove c è la velocità della luce nel vuoto, che vale 300.000 km/s. Ora accade che quando la giunzione è formata da un materiale in cui sia facile asportare gli elettroni (elementi a bassi potenziale e lavoro di estrazione W_o) ovvero quando la giunzione stessa ha

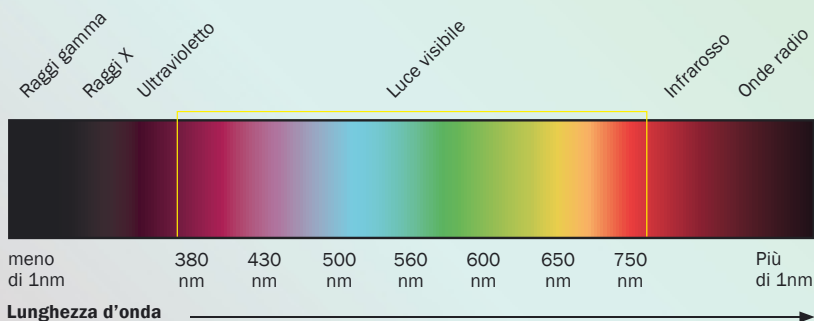
una tensione di soglia particolarmente bassa, la frequenza dell'onda prodotta dal rientro degli elettroni è relativamente bassa e quindi determina radiazioni con lunghezza d'onda maggiore di 700 nanometri, che cadono nel lontano infrarosso e nell'infrarosso. È questo il caso dei diodi in silicio e germanio, che emettono luce invisibile all'occhio umano. Per riuscire ad ottenere lunghezze d'onda tali che la radiazione elettromagnetica diventi luce visibile, è necessario realizzare giunzioni fatte di semiconduttori a potenziale di estrazione maggiore di quello del silicio: infatti le formule ci dicono che ad alti valori di V e quindi di W_o corrispondono alte frequenze e basse lunghezze d'onda. Purtroppo in natura non ne esistono ed è per questo che i ricercatori dovettero inventarne di nuovi; nacque così l'arseniuro di gallio, il primo semiconduttore sintetico usato per realizzare i LED capostipite: quelli a luce rossa. Tale semiconduttore è un composto ottenuto da arsenico e gallio (rispettivamente pentavalente e trivalente) che viene poi drogato da un lato con impurezze trivalenti per realizzare la regione P e dall'altro con elementi pentavalenti per ricavare la zona N. Si ottiene così

un diodo con tensione di soglia e lavoro di estrazione più alti di quelli di silicio e germanio, tali da emettere, in conduzione, una radiazione luminosa visibile rossa, poco sotto i 680 nanometri. Dopo la realizzazione dei primi diodi a luce rossa, i ricercatori non si fermarono e concentrarono i loro sforzi in due direzioni: cercare di produrre luce di vari colori e aumentare l'intensità della luce emessa; ciò, sia per comporre con i LED display giganti a matrice di punti, sia per aprire la strada all'impiego dei diodi luminosi nel campo dell'illuminazione.

Sul piano della differenziazione della luce, si è lavorato alla costruzione di vari tipi di semiconduttore sintetico caratterizzati da potenziali di estrazione in grado di dare una luce di lunghezza d'onda sempre più bassa: solo così è stato possibile ottenere LED a luce, nell'ordine, arancione, gialla, verde e blu e, solo da pochi anni, anche bianca.

La difficoltà pratica consisteva nel produrre semiconduttori caratterizzati da alti potenziali di estrazione; è stata risolta realizzando svariate miscele di elementi trivalenti e pentavalenti in proporzioni capaci di determinare ognuna un certo colore. I

Lo spettro della luce



composti usati sono sostanzialmente i seguenti.

Arseniuro di gallio (GaAs); è stato la base e permette la realizzazione di LED emittenti luce rosso scuro.

Arseniuro di gallio e alluminio (GaAlAs); dà il rosso in varie tonalità, dal più scuro al più vivo.

Fosforo e arseniuro di gallio (GaAsP); permette di ottenere i LED a luce arancione e gialla.

Fosforo di gallio e alluminio (GaAlP); si impiega per costruire i LED che emettono luce verde.

Nitrato di gallio (GaN); con esso si realizzano i LED a luce verde scuro e blu.

Nitrato di gallio e indio (In-GaN); è il semiconduttore con cui si producono i LED a luce blu e bianca.

Seleniuro di zinco (ZnSe); è un composto molto recente usato nella preparazione dei LED blu.

Carburo di silicio (SiC); anche questo viene usato per produrre LED a luce blu e bianca.

Particolare attenzione la meritano i LED bianchi, che sono ottenuti usando come base i diodi a luce blu e inserendo nella struttura che li compone uno strato di materiale (fosfori) in grado di convertire l'emissione blu in luce bianca; infatti è praticamente impensabile produrre luce bianca con una semplice giunzione, in quanto essa è la somma di tutti i colori. Quindi il bianco si può ottenere con LED tricolori (RGB) che contengono tre giunzioni (una che fa il rosso, una che fa il verde e l'altra che emette luce blu) oppure sfruttando un'emissione ad alta energia come quella blu e convertendola mediante un apposito materiale.

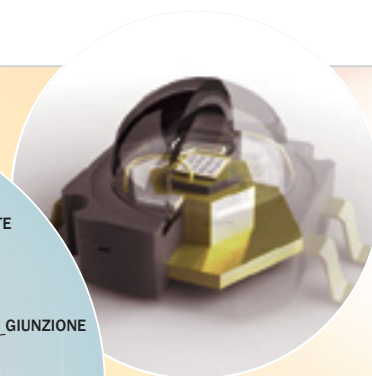
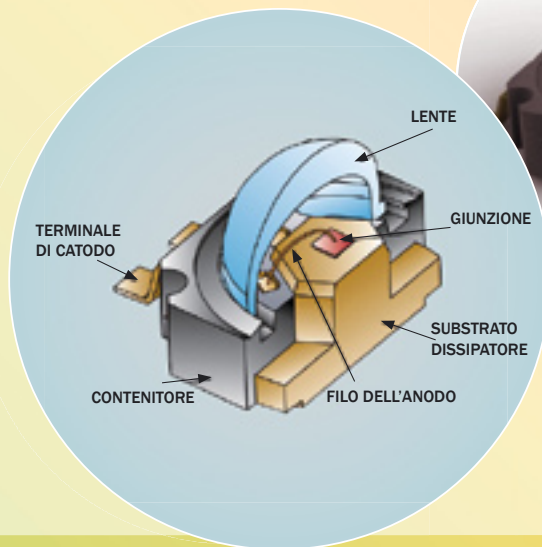
LUMINOSITÀ DEL LED

Risolto il problema del colore, prima di pensare al LED come sostituto della lampadina o ele-

mento di base per la realizzazione di faretti, i ricercatori hanno dovuto fare i conti con l'emissione luminosa, cioè lavorare su due dettagli: incrementare l'intensità luminosa e dirigere opportunamente la luce. L'intensità luminosa dipende da molti fattori, quali il livello di drogaggio, la struttura della giunzione e dell'insieme del LED, il rendimento quantico e soprattutto la corrente diretta. Il primo fattore che determina l'intensità della luce è certamente il rapporto tra i fotoni emessi e gli elettroni che tornano al loro posto durante la polarizzazione diretta e che prende il nome di rendimento quantico interno; più importante è il rendimento quantico esterno, cioè il rapporto tra i fotoni usciti dalla giunzione (la luce che vediamo...) e quelli liberati. Ebbene, seppure per ogni elettrone ricombinato si produce un fotone, va detto che pochissimi dei fotoni rilasciati escono dalla giunzione. Di solito il rendimento quantico esterno (η_e) è inferiore al 10 %. La luminanza o brillantezza di un LED (candele/m²) è definita dalla seguente formula:

$$L = \frac{3.940 \times \eta_e \times \eta_o \times J}{\lambda} \times \frac{A_j}{A_s}$$

dove η_o è l'efficienza luminosa



Vista in sezione di un LED Philips Luxeon 2: il chip è appoggiato all'elettrodo di catodo, che fa anche da dissipatore di calore.

dell'occhio umano (espressa in lumen/watt) J_a la densità di corrente nella giunzione (A/cm²) A_i/A_s il rapporto tra l'area di giunzione e quella emittente la luce e λ la lunghezza d'onda dell'emissione espressa in micron (milionesimi di metro).

La massima densità di corrente ammissibile e il rendimento quantico esterno limitato dalla struttura della giunzione, impongono un limite massimo teorico dell'efficienza luminosa di 630 lumen/watt. La corrente, o meglio, la densità di corrente, è un parametro determinante per ottimizzare l'intensità dell'emissione luminosa; gli sforzi fatti negli anni dai ricercatori sono stati mirati anche e soprattutto a realizzare giunzioni capaci di sopportare grandi flussi di corrente, tant'è che i moderni LED, in special modo gli high-power, sono in grado di reggere anche più di 1 ampere. Ciò, se da un lato consente di ottenere elevati valori di intensità luminosa, dall'altro comporta una riduzione del tempo di vita rispetto ai primi LED realizzati: infatti, se per i diodi di una trentina di anni fa si poteva definire una durata teorica di 400.000 ore (intesa come periodo dopo il quale l'intensità luminosa emessa si riduce del 50% rispetto al valore a inizio vita), per i diodi

Tabella 2

Le varie fonti di illuminazione artificiale. Per i LED bianchi, la durata si riferisce ai soli diodi; diventa inferiore per le lampade a LED, perché bisogna tenere conto del tempo di vita medio del circuito di controllo. Quanto alla resa, è quella tipica della sola lampada o del solo LED: non si considerano le perdite nei circuiti alimentatori, che affliggono le lampade a neon, quelle a vapori e i LED.

Tipo di lampada	Intensità luminosa max (cd)	Resa (lumen/watt)	Durata (ore)
A incandescenza tradizionale	40÷240	8÷15	1.000÷1.500
Alogena	28.000	18÷25	2.000÷3.000
A neon	20÷900	40÷100	5.000÷8.000
A vapori di mercurio	30.000	80÷100	10.000÷12.000
A vapori di sodio	50.000	120÷200	5.000÷6.000
LED bianchi	5÷200	70÷150	60.000÷120.000

moderni e in special modo quelli ad alta luminosità, non si va oltre le 100.000 ore. Ciò perché i LED, più sopportano alte densità di corrente, più raggiungono alte temperature, che aumentano la velocità di deterioramento della giunzione.

TECNOLOGIA COSTRUTTIVA

Dato che la luce esce dalla regione P, la giunzione dei LED si costruisce in verticale e si appoggia sull'elettrodo di catodo (regione N); inoltre la stessa regione P, proprio perché deve far uscire la luce, è la più sottile e trasparente possibile. Per minimizzare la copertura del lato P, l'elettrodo

di anodo è piccolissimo (è un filo saldato sulla superficie del semiconduttore). Una delle cause del calo di efficienza quantica esterna, ovvero della ritenzione dei fotoni dal parte della giunzione del diodo, è l'indice di rifrazione del semiconduttore: questo dipende sia dalla struttura cristallina che dalla tecnologia con la quale il semiconduttore stesso viene prodotto, oltre che dallo spessore della giunzione e dal drogante usato. Tenete presente che in un LED comune la percentuale di fotoni che escono può scendere fino al 3÷5 %.

Per aumentare il rendimento si lavora sul procedimento costruttivo della giunzione e si ricorre a un accorgimento: la stessa resina sintetica che riveste il semiconduttore per proteggerlo dagli agenti esterni fa da lente e migliora l'indice di

rifrazione; si tratta di un composto plastico trasparente o colorato, che sagoma il fascio luminoso emesso (è una lente convergente) e adatta otticamente la giunzione, elevando l'efficienza esterna anche di tre volte.

Tipicamente nei LED la luminosità percepita all'esterno risulta inversamente proporzionale all'angolo di emissione; quindi nel valutare l'efficienza di un LED occorre fare un rapporto tra l'intensità luminosa (mcd) e l'angolo di irradiazione, ovvero confrontare l'intensità a parità di angolo di irradiazione.

DIODI HIGH-POWER E MULTIGIUNZIONE

Uno dei modi per realizzare lampadine allo stato solido consiste nell'usare singoli LED capaci di fornire elevati valori di flusso luminoso e per lavorare con alte correnti: si tratta dei cosiddetti diodi high-power, tipicamente fatti per emettere luce bianca (ma esistono anche versioni colorate per i faretto da usare nello spettacolo e per le luci degli autoveicoli). Le giunzioni che li compongono sono abbastanza estese e fissate su supporti di alluminio che permettono di appoggiare poi i componenti su superfici capaci di dissipare il calore prodotto, superfici che a volte coincidono con lo stesso involucro della lampada: è il caso di alcuni faretto o torce elettriche, il cui contenitore è d'alluminio. Superiormente (dal lato P) la giunzione si affaccia all'esterno mediante resine sintetiche che a volte fanno anche da lente e concentrano la luce emessa; più esattamente, la produzione prevede diodi sia provvisti di lente (esistono diversi modelli ognuno fatto per determinare un certo angolo di emissione della luce) sia dotati della semplice coper-



Led ad altissima efficienza sono già pronti per essere usati nell'illuminazione delle strade e degli autoveicoli.

tura trasparente che è comunque una lente usata per adattare l'indice di rifrazione della giunzione. In quest'ultimo caso l'emissione è abbastanza uniforme ed avviene in un angolo molto ampio; invece nei LED high-power destinati a realizzare da soli delle lampadine, è concentrata in angoli che vanno solitamente da 45 a 90 gradi.

Diversamente dai comuni LED, che tipicamente possono dissipare 100÷160 mW, gli high-power lavorano con potenze dell'ordine di 1÷5 watt. Esistono anche versioni composte da più giunzioni opportunamente collegate in serie o parallelo, tutte sotto la stessa cupola protettiva. Un LED high-power può, da solo, realizzare una lampadina da casa, capace di sviluppare anche 130 lumen di flusso luminoso.

I LED high-power vengono costruiti da numerose case, tra cui produttori storici di lampadine tradizionali come OSRAM e Philips. Un ottimo esempio sono i *Golden Dragon* della OSRAM, dispositivi realizzati in varie versioni (luce rossa, blu, bianca) capaci di sviluppare un flusso luminoso fino a circa 70 lumen accontentandosi di poche centinaia di mA di corrente; quanto alla Philips, produce ad esempio i *Luxeon 2* da 140 lumen/watt e ha in fase di prototipo i *Luxeon IV*, da ben 160 lumen/watt!

LED CONTRO TUTTI

Per avere un'idea di quello che può essere il futuro del LED nell'illuminazione, bisogna fare un confronto tra le sue caratteristiche e quelle delle altre lampade. Partiamo con le lampadine più comuni, ossia quelle a incandescenza: destinate a scomparire entro il 2012, sono le più facili da costruire, però rendono e durano poco; tipicamente hanno un'ef-

ficienza luminosa non superiore a 15 lm/W e una durata di non più di 1.500 ore. La luce che producono è giallastra e quindi diversa da quella del giorno, ma molto gradevole alla vista. Una volta inservibili, possono essere avviate al riciclo con facilità, dato che sono fatte di vetro e metallo e che contengono gas inerte non nocivo. Hanno il pregio di poter essere alimentate direttamente dalla tensione di rete o mediante un trasformatore oppure con i 12 o 24 V dell'impianto elettrico di auto e camion; non richiedono circuiti alimentatori o di controllo come le lampade a neon, quelle a vapori (in generale quelle a scarica nei gas) e quelle a LED e non presentano le perdite correlate. Un miglioramento della resa e

Le Audi A4 e A5 montano LED bianchi ad alta efficienza nelle luci di posizione anteriori e negli stop.

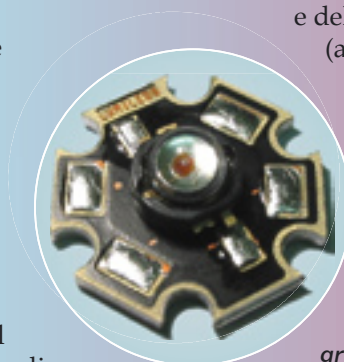


della qualità della luce è stato ottenuto con le alogene, che sono comuni lampade a filamento ma col bulbo contenente alogeni (ad esempio iodio): ciò permette di far raggiungere al filamento temperature più elevate e quindi di ottenere una luce più chiara.

Ci sono poi le lampadine fluorescenti, ossia i tubi al neon: vera rivoluzione una quarantina di anni fa e rivalutate con la realizzazione delle lampade a ridotto consumo energetico, sfruttano la scarica nel gas neon che produce una radia-

Lampione Philips Luminox: è composto da due serie di 18 LED high-power Luxeon K2.

zione ultravioletta della lunghezza d'onda di 3.500 nanometri, la quale investe lo strato di fosfori che ricopre le pareti interne della lampada rilasciando luce visibile bianca che può avere varie tonalità (calda o fredda, da circa 4.000 a 6.000 °K di temperatura di colore) a seconda della composizione dei fosfori usati. I tubi a neon consumano poco, hanno un'ottima efficienza luminosa e lunga durata, però nella versione tradizionale richiedono un reattore (una bobina che genera l'extra-tensione per innescare la scarica nel gas, che a regime determina una perdita di potenza) e uno starter per l'avvio, che ingombrano abbastanza; il problema dello spazio è stato risolto con i reattori elettronici usati nelle lampade a risparmio energetico, tanto che un tubo da 11 watt si avvitava nell'attacco di una lampadina a incandescenza. Ma anche questa soluzione non risolve due problemi dei tubi fluorescenti: l'inquinamento prodotto dalla fuoriuscita dei fosfori in caso di rottura e lo smaltimento dello strato di fosfori e del mercurio (anche 6÷8 mg) che pare sia



I LED con contatti a stella possono essere facilmente montati in gruppi, saldandoli uno contro l'altro.

LED per illuminare l'Africa

Nell'ambito del Sustainable Energy Solutions for Africa, Philips ha annunciato per il prossimo autunno un'iniziativa finalizzata a dare ai bimbi dell'Africa che vivono in zone non servite dall'elettricità (oggi 500 milioni di africani vivono in queste condizioni) una luce che permetta loro di studiare anche dopo il tramonto.

Si tratta di una lampada a LED da lettura, alimentata mediante una batteria (che consente un'autonomia da 3,5 a 9 ore) caricata durante il giorno da un piccolo pannello solare; la lampada è fatta in modo da poter stare in mano o davanti alle pagine di un libro e nella versione più semplice costerà meno di 15 dollari.



contenuto in alcune lampade a basso consumo di tipo economico; la fuga di parte degli ultravioletti sfuggiti ai fosfori durante il funzionamento, che a lungo andare può disturbare la vista.

Le lampade convenzionali più prestanti sono quelle a luminescenza, a vapori di mercurio ad alta pressione e sodio a bassa pressione; quelle a vapori di mercurio hanno un'ottima resa (tipicamente 100 lm/W) e una durata

di circa 10.000 ore ed emettono una luce ideale per l'illuminazione stradale. Sono pesanti, costose e ingombranti, a causa dell'alta temperatura sviluppata (oltre 700 gradi centigradi) durante il funzionamento: la scarica non può avvenire nell'ampolla di vetro dell'involucro esterno, dato che anche il miglior vetro scoppierebbe sotto l'alta pressione interna. Perciò il vapore è contenuto in un tubo di quarzo, il quale a sua volta è inserito nell'ampolla esterna di vetro, sostenuta da due contatti. La lampada a vapori di mercurio ha due difetti: il primo è che richiede un certo tempo per accendersi, quindi se c'è un blackout il circuito che la comanda non deve riaccenderla prima di due o tre minuti; il secondo sta nella pericolosità del mercurio, che può fuoriuscire se l'ampolla si rompe ed essendo liquido può disperdersi nell'ambiente.

Un'altra lampada usata nell'illuminazione di luoghi aperti è quella a vapori di sodio a bassa pressione: ha un'ottima efficienza (anche 200 lumen/watt,

il che la rende la diretta antagonista dei LED nelle applicazioni di pubblica illuminazione) e una durata intorno alle 8.000 ore; è anche questa abbastanza costosa. A causa dell'aberrazione cromatica che produce (la luce è tale che gli oggetti illuminati appaiono di colore molto diverso da quanto non siano alla luce del giorno) risulta utilizzabile solo all'esterno: tipicamente si usa nei lampioni per l'illuminazione stradale di incroci e tratti di strada soggetti alla nebbia. Come per quella a vapori di mercurio, anche la lampada a vapori di sodio ha un certo impatto ambientale.

Delle lampade a scarica fanno parte anche le luci allo xeno, un tempo impiegate solo nei flash fotografici e negli effetti scenografici (stroboscopiche) ora sono molto usate anche nel settore automobilistico: sono tubi metallici contenenti due elettrodi tra i quali si fa scoccare una scarica elettrica che ionizza il gas xeno; quando gli atomi del gas restituiscono l'energia che ha prodotto il distacco degli elettroni rilasciano fotoni che producono una luce azzurrastra. La lampadina allo xeno è a tutti gli effetti quella che meglio riproduce la luce diurna. Per contro, è abbastanza costosa e ingombrante, anche e soprattutto perché per accenderla è necessario un circuito elevatore di tensione (l'innesco richiede alcune migliaia di volt) con tutto ciò che ne deriva in termini di isolamento elettrico.

Tutte le caratteristiche e i numeri per descrivere le lampade tradizionali non impensieriscono affatto il piccolo LED, che risponde colpo su colpo: sul piano della luce prodotta, è pronto per sostituire qualsiasi lampada, perché giocando sul dosaggio dei semiconduttori utilizzati nella produzione delle giunzioni si può

Con i led si realizzano numerosi tipi di lampada, il più diffuso dei quali è il faretto: strutturalmente simile a quello alogeno, esiste nei tipi a bassa ed alta tensione, persino con l'attacco a vite E27 o E14.



Segnaletica luminosa

La possibilità di impiegare più lampadine per una singola luce spiega la crescente diffusione di segnaletica luminosa stradale e ferroviaria a LED: usando diodi luminosi per le lanterne semaforiche, se anche un diodo si guasta il semaforo funziona ugualmente e prima che la luce si affievolisca sensibilmente il personale di manutenzione ha il tempo di accorgersene e provvedere alla sostituzione dell'intero gruppo (il discorso è analogo a quello fatto per l'uso nel settore "automotive").

Oggi molti semafori stradali hanno lanterne a LED, che risultano sovente più luminose e visibili di quelle basate sulla canonica lampadina con vetro colorato (si raggiunge un'intensità luminosa anche di 1.400 candele per lanterna). L'uso dei LED nei semafori fu teorizzato già vent'anni fa, quando si riuscirono ad ottenere LED rossi con efficienze tali da superare quella delle tradizionali lampade a filamento; ben inteso, in realtà l'efficienza luminosa delle lampade a incandescenza era più alta di quella dei LED, solo che per ottenere una luce colorata la lampada richiedeva e richiede un filtro (il vetro colorato della lanterna) che arriva ad assorbire più dell'80 % della luce prodotta.

Quindi una lampadina a filamento da 12 lumen/watt, considerando la perdita nel vetro colorato (80 %) dava appena 2,4 lm/W: sicuramente meno di un sistema a LED rossi, che già all'epoca poteva rendere quei 4÷5 lumen/watt oggi considerati una miseria...



ottenere praticamente qualsiasi tinta cromatica e temperatura di colore; laddove non sia possibile ottenere la tonalità desiderata con un solo tipo di diodo, si possono realizzare lampadine combinando LED con diverse tonalità, ovvero LED a luce bianca fredda (i più facili da realizzare) e a luce gialla (ciò consente di ottenere luce simile a quella del sole). Sul piano dell'efficienza luminosa, ormai i moderni LED possono garantire rese dell'ordine dei 120÷140 lumen/watt e le prospettive sono di raggiungere entro l'anno i 160 lm/W. Dove il diodo luminoso vince, è certamente negli ingombri a parità di luce emessa, nel calore prodotto (scalda pochissimo rispetto alle altre lampade) nella robustezza (il LED è l'unica lampadina che anche se cade a terra non si rompe) e nella durata, che è nettamente superiore a quella della lampada più duratura. Se a ciò

aggiungiamo il fatto che i LED si accendono e spengono istantaneamente e richiedono circuiti di alimentazione molto semplici, comprendiamo come ben presto arriveranno a soppiantare le tradizionali lampadine, non solo nell'illuminazione domestica ma anche nei grandi impianti per spazi aperti (Philips ha già realizzato progetti in questo campo). Notate che la durata dichiarata dai costruttori per le lampadine a LED è decisamente più ridotta di quella dei singoli diodi luminosi e si attesta intorno alle 45 mila ore; ciò non deve ingannare perché essa tiene conto della durata dell'insieme circuito di alimentazione/ LED, che è sempre nettamente minore di quella dei

singoli diodi, che ammonta anche a 200.000 ore e che anche per i componenti più spinti arriva a 60.000 ore.

IL LED IN CASA

Nell'illuminazione per ambienti chiusi, il LED viene già utilizzato da tempo: veri e propri faretti o lampadine si compongono impiegando gruppi di diodi a luce bianca alimentati in serie e parallelo da circuiti integrati che forniscono impulsi opportunamente modulati. I faretti hanno sagoma simile a quella dei classici alogeni: dentro la cupola si trova un gruppo di LED puntati tutti nella stessa direzione che spuntano quasi completamente da un riflettore (uno specchietto che ha lo scopo di riflettere verso l'esterno la luce prodotta).

Nell'illuminazione domestica giocano un ruolo rilevante anche i LED high-power, che da soli possono formare una lampadina: bastano pochi watt per sostituire una tradizionale lampada a filamento. In questo caso la lampada è composta da un diodo soltanto, preceduto da un regolatore di tensione se la lampada è pensata per il funzionamento a tensione continua o da un raddrizzatore e un regolatore se, invece, la lampadina è fatta per lavorare in alternata. Dovendo essere compatibili con i tradizionali prodotti per illuminazione, le lampadine a diodi luminosi attualmente prodotte sono predisposte per essere alimentate a 12, 24 e 220 Vca, ma anche, tramite appositi alimentatori ca/cc a bassa tensione, a 12 Vcc; i modelli funzionanti a tensione alternata incorporano un raddrizzatore e un regolatore di tensione sovente basato su un unico circuito integrato dedicato. Produttori del calibro della Philips hanno una nutrita serie di lampade e farette in una gamma

Spettacolo e architettura

L'illuminazione a LED si è fatta strada anche nel settore della scenografia: speciali farette sono da tempo disponibili per rimpiazzare i tradizionali proiettori colorati di piccola e media potenza. L'uso dei LED permette di ottenere lo stesso flusso luminoso consumando, ingombrando e scaldando meno. Esistono proiettori composti da tre gruppi di LED rossi, verdi e blu, che controllati da un apposito circuito possono comporre luce di ogni tonalità, cosa, questa, che un tradizionale proiettore a lampada alogena non può fare. Infatti nei proiettori per lo spettacolo i colori si compongono mettendo filtri colorati davanti alla luce, cosa che oltre ad assorbire parte dell'intensità luminosa comporta l'impiego di sistemi meccanici per il posizionamento. Molto interesse i LED l'hanno dato anche nel settore architettonico e dell'arredamento: da tempo vengono prodotti sistemi luminosi a LED modellabili per realizzare

speciali illuminazioni di edifici o di interni. Per creare particolari effetti luminosi negli arredi d'interno sono disponibili strisce deformabili e rigide di LED, da introdurre in appositi contenitori o dietro pareti di plexiglass (esempi ne realizza Philips e Osram); le strisce contengono già tutti i collegamenti ed eventuali resistenze di limitazione della corrente e per esse i costruttori prevedono appositi alimentatori a bassa tensione. Per interni ed esterni si realizzano moduli contenenti più LED high-power pronti per essere collegati agli appositi alimentatori; alcuni moduli sono a tenuta stagna, così da poter essere inseriti dietro o dentro fontane per creare quegli stessi effetti che siamo stati abituati a vedere realizzati dai farette tradizionali.



*Proiettore
ColorBlast 12
POWERCORE
Philips a LED
rossi, verdi e blu.*

di potenze da 1 a 7 watt, con tensioni di alimentazione da 12 V a 220 Vca e flusso luminoso fino a 230 lumen; la durata dichiarata è circa 45.000 ore di esercizio.

LUCI PER AUTO

Stando un po' attenti, certo noterete che ormai molte autovetture montano lampadine a LED: hanno iniziato Volkswagen, Peugeot, Lancia, tanto per fare un esempio, con i gruppi ottici posteriori. In un primo momento l'impiego è stato riservato alle luci di posizione, perché per gli stop era difficile soddisfare i requisiti di

luminosità imposti dal Codice della Strada; successivamente LED rossi ad alta efficienza sono stati montati anche negli stop. Per quel che riguarda le luci anteriori, attualmente case come Audi e Lancia montano luci di posizione e anche fendinebbia realizzati con LED bianchi high-power; per il momento l'omologazione dell'uso di LED in luogo delle lampadine convenzionali nei proiettori (anabbaglianti e abbaglianti) è fuori discussione, perché per entrare in strutture come quelle dei fari anabbaglianti (fatti per emettere la luce verso il basso) le lampade a LED dovrebbero garantire valori di flusso luminoso compatibili con quelli delle alogene (oltre 1.200 lumen) in spazi piccoli come quello occupato dal bulbo di un'alogena H1, H7, H5 ecc.

Motivi per adottare LED al posto delle lampadine ce ne sono in auto più che altrove: innanzitutto i diodi luminosi non si guastano anche se prendono un colpo o sono sottoposti alle forti vibrazioni che un'auto può trasmettere quando viaggia in velocità o su un fondo stradale pieno di asperità; invece il filamento delle lampadine a incandescenza quando è caldo può staccarsi anche solo con un "colpetto". C'è poi il riscaldamento, che non è un fattore trascurabile: d'estate le lampadine, chiuse nell'involucro del fanale, raggiungono temperature molto elevate che ne accorciano la vita; invece i LED non soffrono nei climi caldi, pertanto possono essere inseriti in realizzazioni prive di ventilazione. Anche il consumo, che pure sembra irrilevante, gioca a favore dei LED: innanzitutto perché la corrente usata in auto viene ricavata dall'alternatore, che gira sottraendo potenza al motore e quindi richiedendo un maggior

LED bianchi e temperatura di colore

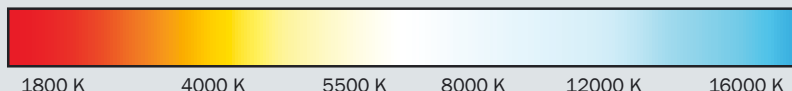
consumo di combustibile; per avere un'idea di ciò, considerate che una vettura in marcia con accesi i proiettori e le luci che impone il Codice della Strada consuma mediamente 110 W per le lampadine degli anabbaglianti, 10 W per le luci di posizione anteriori e altrettanti per quelle posteriori (se c'è nebbia bisogna aggiungere 110 W per i fendinebbia anteriori e 42 W per quelli posteriori). Ebbene, nella migliore delle ipotesi il consumo è di 130 W e nella peggiore 282 W, corrispondenti a una richiesta di potenza al motore rispettivamente di 0,17 e 0,376 cavalli (1 CV è pari a 750 W di potenza); siccome un generatore non ha mai rendimento del 100 %, in realtà la potenza meccanica sottratta al motore è tipicamente un 10÷15 % in più. Ciò vale se il veicolo ha il motore acceso e produce corrente in continuazione; se è fermo sul ciglio della strada con le luci di posizione accese, alla batteria è richiesta una potenza di 20 W, che a 12 V di alimentazione causa un assorbimento di 1,67 A/h.

Usando luci a LED, considerato che le lampadine tradizionali sono da 5 W ognuna e che la loro resa sia 15 lm/W, ciascuna produce un flusso luminoso di 75 lm; lo stesso può essere ottenuto da semplici diodi high-power da 1 watt o anche meno, quindi per le quattro luci di posizione basterebbero in tutto 4 W, che consumerebbero solo 0,33 A/h. L'ultimo motivo riguarda l'affidabilità e sicurezza: a parte la maggiore durata intrinseca del led rispetto alla lampadina, realizzare un gruppo ottico composto da tanti diodi permette di mantenere accesa la luce corrispondente anche se si guasta un LED; invece, usando un'unica lampadina, quando essa si brucia la luce si spegne. La soluzione

Diversamente da tutti i LED, quello bianco viene ottenuto applicando uno strato di fosforo sul LED blu; più tale strato è spesso, più la luce tende alle tonalità calde del bianco e viceversa. La tonalità della luce bianca si definisce con la temperatura di colore, il cui significato si comprende considerando che la luce è associata a processi chimici o fisici che producono anche calore: ad esempio la combustione pro-

le particelle energizzate del materiale riscaldato, che è direttamente proporzionale alla quantità di calore ricevuto. Ne deriva che la frequenza aumenta col crescere della temperatura e la lunghezza d'onda, che è inversamente proporzionale, cala.

In altre parole, un corpo più caldo di un altro emette una luce ad una lunghezza d'onda minore; ciò si nota nella fusione del ferro, metallo che prima di scioglier-



voca calore ma anche luce. Dato che la temperatura di un corpo dipende dall'energia che gli viene somministrata per scaldarlo e che la restituzione di tale energia si manifesta con l'emissione di fotoni la cui energia è direttamente proporzionale alla temperatura, la lunghezza d'onda della radiazione luminosa decresce all'aumentare della temperatura; lo sappiamo dalla formula di Einstein:

$$\frac{1}{2} m \times v^2 = h \times f = e \times V$$

dove $\frac{1}{2} m \times v^2$ è l'energia posseduta dal-

si ha colore rosso, mentre liquefatto diventa giallo vivo. Appare anche nelle lampadine a incandescenza, il cui filamento, aumentando la corrente che l'attraversa e quindi la temperatura, passa dal rosso al giallo e poi tende quasi al bianco. La temperatura di colore della luce è misurata in gradi Kelvin (°K) e le gradazioni del bianco si suddividono in: bianco caldo (dai 3000 ai 4000 °K) bianco medio (4.500 °K) e bianco freddo (dai 5000 agli 8000 °K). Sembra un paradosso, ma le tonalità calde corrispondono a luci emesse da corpi più freddi e viceversa.

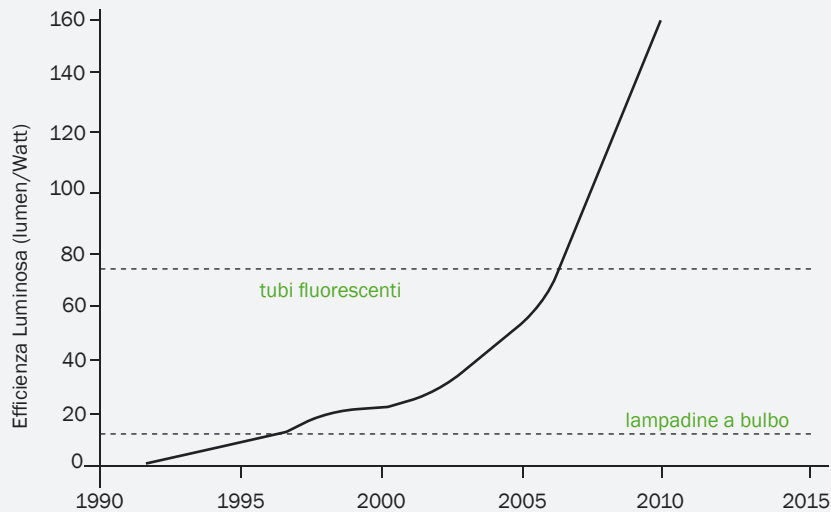
di usare più lampadine elementari per un'unica luce è stata, in verità, già adottata nel settore automobilistico: ad esempio la Ford Mondeo II^a serie monta nelle luci di posizione posteriori ben tre lampadine da 5 watt, in modo che se anche se ne brucia una, restano le altre due.

PUBBLICA ILLUMINAZIONE

Il LED non ha mancato di farsi notare neppure nell'illuminazione di esterni ed è ormai entrato in concorrenza con le tradizionali lampade per pubblica illuminazione a vapori di mercurio e sodio; da qualche anno la Philips ha realizzato lampioni a diodi luminosi in grado di sostituire quelli convenzionali: iniziando dalla serie Equinox, a due braccia

(lanterne) ognuna delle quali composta da 12 led high-power bianchi e 24 ambra (la combinazione permette di ottenere una luce calda simile a quella delle lampade stradali a vapori di mercurio) oggi è arrivata alle Luminos. Nella gamma del colosso olandese spiccano modelli come il Luxeon BPS741 LED-K2/WH-4300 EB I S GR, un lampione a palo composto da due serie di 18 led high-power LUXEON K2 (al solito, una a luce bianca e una a luce ambrata). Sospeso a 4 metri d'altezza e inclinato di 5° sul piano orizzontale, copre uno spazio di 12÷14 m, garantendo un illuminamento a terra di 15 lux uniforme, valore compatibile con quello ottenuto dai lampioni tradizionali. Sono previste due

L'efficienza luminosa del LED bianchi



Alla loro nascita, poco meno di vent'anni fa, i LED bianchi presentavano un'efficienza luminosa comparabile con quella delle lampadine a incandescenza. Da allora la tecnologia ha fatto molti passi avanti, sul fronte sia della potenza emessa (oggi sono disponibili LED da 1 a 4 W) sia dell'efficienza luminosa, divenuta dieci volte quella delle normali lampadine a filamento di tungsteno: ci sono diodi da 80 e 100 lm/W e stanno arrivando quelli da 160 lm/W.

Se prendiamo in considerazione una lampadina tradizionale da 60 Watt con un'efficienza di 15 lm/W, vediamo che può fornire un flusso luminoso di 900 lumen; lo stesso può essere ottenuto da tre LED high-power da 3 W da 100 lm/W, che producono un flusso luminoso di 300 lm l'uno. Tuttavia nel primo caso la potenza spesa è 60 W, mentre nel secondo si consumano appena 9 W: il risparmio è dell'85%! In realtà va detto che il confronto è stato fatto tra le lampadine pure e semplici,

trascurando il fatto che i LED vanno alimentati mediante un regolatore di tensione e corrente: ciò perché per ottenere un'illuminazione stabile occorre mantenere costante la corrente nella giunzione, ma anche per il fatto che per ottenere il valore dichiarato di intensità luminosa bisogna lavorare a correnti prossime al limite sopportabile, quindi è fondamentale evitare che la corrente non subisca variazioni in eccesso quando sulla linea di alimentazione si verificano sbalzi (nelle linee a 220 V per variazioni di carico negli impianti del gestore e in quelle a bassa tensione, per l'improvvisa inserzione o il distacco di utilizzatori).

Il circuito di regolazione della corrente nel LED potrebbe essere una comune resistenza (ma in questo caso si parlerebbe di limitazione, più che di regolazione...) che però dissiperebbe la potenza non consumata dal LED, determinando una perdita che inficerebbe i vantaggi dovuti alla resa luminosa dei diodi luminosi; per limitare la perdita occorrerebbe mettere più diodi in serie o usare moduli composti da diodi elettricamente in serie, in modo da minimizzare la caduta di tensione sulla resistenza. La soluzione migliore è comunque un regolatore di corrente che di solito lavora in PWM: partendo dalla tensione della linea di alimentazione sviluppa una forma d'onda

versioni di lampione, che danno luce con una temperatura di colore di 2.700 e 4.300 °K.

PROGETTI PILOTA

Philips è da anni impegnata nella realizzazione di lampade ed ha sviluppato parecchi progetti in diverse città del mondo. Un esempio è la *Globen Arena*, una costruzione sferica per eventi musicali e spettacoli, di 110 metri di diametro per 85 metri di altezza; i 15.000 metri quadrati della sua superficie esterna sono illuminati con luce colorata mediante 670 unità ColorBlast 12 POWERCORE, proiettori (formati da led high-power rossi, verdi e blu) capaci di comporre qualsiasi tinta cromatica e provvisti di involucro stagno per l'uso all'esterno. I ColorBlast si

possono controllare mediante interfaccia DMX512 e quindi da una console o un computer, per ottenere numerosi effetti luminosi, sfumature e coreografie a seconda dell'evento. Un altro progetto è quello realizzato in Thailandia sull'Inner Road Bridge di Bangkok: il ponte è illuminato mediante 26.880 led Luxeon da 1 W. A Ede, in Belgio, Philips ha realizzato un impianto di illuminazione stradale basato su lampioni Equinox, contenenti ciascuno 12 LED bianchi e 24 led ambra high-power; i lampioni hanno una durata stimata di 50.000 ore. Un'altra interessante realizzazione della Philips è l'High Tech Campus di Eindhoven: ognuno dei ponti che passano sul lago (lungi uno 75 e l'altro 105 metri) impiega 12 led LuxeonI

per ogni guida e luci a fungo composte ognuna da 10 led Luxeon I. Al "World Future Energy Summit" tenutosi in gennaio ad Abu Dhabi, Enel Sole ha presentato il sistema di illuminazione pubblica a LED *Archilede*, che consente di risparmiare circa il 50% dell'energia destinata all'illuminazione pubblica rispetto ai lampioni tradizionali. L'innovativo sistema verrà testato in tre città italiane, Lodi, Alessandria e Piacenza, attraverso un totale di circa 400 punti luce; in seguito verrà esteso all'intero territorio nazionale. Si stima che le città interessate possano risparmiare circa 90.000 kWh all'anno, ovvero l'equivalente del 55% dei relativi consumi di energia elettrica. Un comune medio-grande (circa 50.000 abitanti e 5.500 punti luce)

rettangolare modulata nella durata degli impulsi, impulsi che sono tanto più larghi quanto maggiore deve essere la corrente nel diodo e viceversa.

In questo modo si arriva a limitare la perdita tipicamente al 15 %.

Tutto questo discorso serve a far capire come in realtà l'efficienza reale di una lampada a LED sia minore di quella dei singoli diodi, sebbene nel complesso il risultato sia più che accettabile. La tabella qui sotto illustra l'efficienza delle singole lampadine e quella reale, desunta considerando la perdita di potenza nei dispositivi occorrenti ad accenderle. Come si vede, la resa effettiva più alta ce l'hanno il LED e le lampade a vapori di sodio a bassa pressione.

Per la corretta interpretazione dei dati

considerate che:

- la resa della sorgente (lm/W) è l'efficienza della lampada in sé;
- l'efficienza della sorgente elettrica (%) definisce le perdite nell'alimentatore;
- l'efficienza del corpo radiante (%) considera le perdite del sistema ottico usato per dirigere il fascio luminoso, sistema che rende tra il 30 e il 50% nelle lampadine comuni (che irradiano in quasi tutte le direzioni) contro il 95% dei LED, che hanno un fascio luminoso molto direzionale già al punto di emissione;
- l'efficienza totale (lm/W) è ottenuta moltiplicando la resa per l'efficienza della sorgente elettrica per l'efficienza del corpo irradiante.

Ci si può fare un'idea del significato dei

numeri riportati nella tabella provando a calcolare quale sia la potenza elettrica consumata per ottenere un certo valore di flusso luminoso, ad esempio di 1.000 lumen: usando una lampada a filamento, servono almeno 133 watt, che divengono 80 W per le alogene; con le lampade a neon e a vapori di mercurio la potenza richiesta scende a circa 16,6 W e si abbassa a un minimo di 8,26 W con le lampade a vapori di sodio a bassa pressione. Circa 8,3 W è la potenza minima occorrente utilizzando sistemi a LED.

Rispetto a una lampada classica, il risparmio energetico è di circa il 93 %. Ecco perchè per i sistemi di illuminazione a LED si prospetta un futuro decisamente ...luminoso!

Tipo di lampada	Resa (lm/watt)	Efficienza dell'alimentatore (%)	Efficienza del corpo irradiante (%)	Efficienza complessiva (lm/watt)
A incandescenza tradizionale	8÷15	Non serve alimentatore	30÷50	2,4÷7,5
Alogena	18÷25	Non serve alimentatore	30÷50	5,4÷12,5
A neon	40÷100	80÷87	60÷70	19,2÷60,9
A vapori di mercurio	80÷100	80÷87	60÷70	38,4÷60,9
A vapori di sodio	120÷200	80÷87	60÷70	57,6÷121,8
LED bianchi	70÷150	85	95	50,6÷121,1

con una bolletta elettrica di circa 350.000 € l'anno, risparmierebbe 192.500 €; uno medio-piccolo (circa 10.000 abitanti e 1.000÷1.500 punti luce) che normalmente spende 80.000 € l'anno, risparmierebbe 44.000 €. Inoltre, se tutti i comuni italiani adottassero il nuovo sistema di illuminazione e nell'ipotesi di utilizzare in pieno le caratteristiche di luminosità e regolabilità dei LED, si potrebbero risparmiare fino a 2,5÷3 TWh e 1,2÷1,5 milioni di tonnellate di CO2 all'anno. Questi numeri fanno capire la convenienza dell'ammodernamento degli impianti. Per quel che riguarda l'illuminazione di luoghi all'aperto, la possibilità di ridurre il consumo dei lampioni apre la strada alla massiccia diffusione anche di sistemi autoalimentati fotovoltaici:

infatti potendo illuminare con un minore consumo di potenza, il costo del pannello solare necessario a far funzionare un lampione calerebbe considerevolmente; ad esempio, per una lampada tradizionale a vapori di mercurio da 200 W occorrerebbe un pannello del costo di circa 600 euro, ma potendo usare LED dell'ultima generazione basterebbero 100 W e un pannello di tale potenza costa intorno ai 360 euro...

PROSPETTIVE FUTURE

Il LED è già un'ottima lampadina, ma perché diventi "la lampadina" bisognerà lavorare essenzialmente in tre direzioni, che sono la correzione della temperatura di colore (per fare sì che la luce emessa sia simile a quella delle comuni lampade dalle quali

siamo stati abituati a fare illuminare le nostre sere) l'aumento della resa luminosa (ciò riguarda le prospettive di utilizzo dei LED nei lampioni per l'illuminazione stradale) e la riduzione dei costi (una lampada a LED costa oggi, a parità di flusso luminoso emesso, circa 20 volte una lampadina a filamento). Quest'ultimo obiettivo sarà comunque centrato con l'incremento della produzione e delle vendite, in un orizzonte temporale di un paio d'anni. Quanto al miglioramento dell'efficienza, Philips ha già raggiunto i 160 lm/W e non è escluso che nel giro di un paio d'anni si possano superare i 200 lm/W delle lampade attualmente più performanti (a vapori di sodio a bassa pressione). Allora nulla potrà più fermare l'avanzata del LED. ■

TUTTO SUGLI ENCODER

Indicano la posizione di una manopola, contano i giri di un motore, rilevano l'angolazione di una leva. Impariamo a conoscerli e a interfacciarli con i microcontrollori.



..... dell' Ing. MIRCO SEGATELLO

Quando si parla di encoder, ci si riferisce genericamente a quei dispositivi elettronici in grado di trasformare un formato di segnale in un altro, leggibile in base a un codice; il più comune encoder è quello binario, che permette di esprimere un certo valore composto da un determinato numero di bit con una word più compatta. Ma gli encoder sono anche qualcos'altro, che non ha logica binaria e viene impiegato come un comune potenziometro. Parliamo dell'encoder rotativo, un dispositivo simile a un potenziometro ma molto diverso perché

codifica la posizione del proprio perno non con un valore analogico di tensione ma con un certo numero di impulsi che permettono, in alcuni casi, di determinare anche il verso di rotazione. In queste pagine vogliamo parlare proprio dell'encoder rotativo, descriverne le funzionalità e le applicazioni classiche, spiegando anche come possa essere interfacciato e gestito con i moderni microcontrollori. Molte autoradio adottano encoder rotativi per impostare il volume, la sintonia ed i livelli di equalizzazione; nei forni a microonde l'encoder serve

ad impostare i tempi di cottura, nelle lavatrici il programma di lavaggio, e chi più ne ha più ne metta.

Non sempre però, da fuori, capiamo se stiamo agendo su un encoder, su un potenziometro oppure su un commutatore, perché tutti dispongono di una manopola da ruotare e sovente fanno degli scatti. Ad esempio, alcuni potenziometri di qualità (ad esempio quelli della Noble) si muovono a piccoli passi in modo da permettere la definizione di precisi valori; di solito sono impiegati in preamplificatori hi-fi di alto livello.

Per il momento diciamo che la differenza che si percepisce ad occhio, tra un encoder e gli altri componenti rotativi a scatti, è il fatto che il suo perno può ruotare completamente e continuamente. Per quel che riguarda il modo di funzionamento, gli encoder si possono dividere in *Absoluti* e *Incrementali*; ognuna di queste categorie può essere distinta per il modo in cui vengono ricavati gli impulsi: esistono *Encoder a contatto meccanico*, *Encoder Ottici* ed *Encoder magnetici*.

Cominciamo col descrivere gli encoder incrementali, partendo da un semplice esempio: acquistiamo un ciclocomputer (per bicicletta) che indica la velocità e i chilometri percorsi su un piccolo display LCD. Per l'installazione bisogna fissare un piccolo magnete su un raggio della ruota anteriore mentre, sulla forcella, alla stessa altezza, va montato un sensore formato da un semplice contatto magnetico (ampolla reed). Ogni volta che passa davanti al sensore, il magnete fa chiudere il contatto del reed il quale informa la centralina che la ruota ha fatto un giro. Ebbene, quello realizzato è un rudimentale ma efficacissimo encoder

rotativo magnetico, di tipo incrementale. Analogo è il sistema adottato negli anemometri utilizzati per rilevare la velocità del vento tramite la rotazione di tre coppette fissate ad un alberino. La definizione *incrementale* nasce dal fatto che la posizione si ricava dall'incremento del numero di impulsi contati.

Un encoder incrementale ottico si può facilmente realizzare partendo da un disco di piccolo diametro, alla periferia del quale sono ricavati dei fori a distanza regolare, fissato ad un alberino libero di ruotare; trasversalmente al disco fissiamo una piccola barriera fotoelettrica formata da un diodo emettitore e un fotodiodo: abbiamo così ottenuto un encoder ottico (Figura 1).

Il fascio di luce colpisce la superficie del disco e l'attraversa solo in corrispondenza dei fori; dunque, ogniqualvolta il rotore passa con un foro davanti al led, il fotodiodo genera un impulso di tensione. Ruotando sul proprio asse, il disco fornirà, ad ogni giro (rotazione di 360°) tanti impulsi quanti sono i fori. Un segnale del genere è di tipo digitale (ON/OFF) e potrà essere utilizzato da un contatore; conoscendo il numero di impulsi nell'unità di tempo, sarà possibile determinare la velocità di rotazione dell'alberino.

Questo sistema non permette, però, di conoscere il senso di



Fig. 1 - Struttura schematica di un encoder ottico.



Fig. 2 - Per determinare il verso di rotazione basta usare due sensori posti entrambi fra due fori consecutivi: se il primo si attiva prima del secondo ruotando in senso orario il verso è orario, mentre nel caso contrario il senso di rotazione è antiorario.



Fig. 3 - Il verso di rotazione si determina sulla base di quale dei due sensori fornisce per primo il proprio impulso.



Fig. 4 Encoder ottico a quattro impulsi/giro, autocostruito.

Tabella 1

dove	Produttore	Codice originale	Impulsi	Scatti	Uscita
Distrelec	ALPS	EC11B01	15	30	Gray-Quadratura
Distrelec	ALPS	EC16B02	24	24	
Distrelec	ALPS	EC16B01	24	0	
RS	BOURNS	ECW1J-B24-AC0024	24	24	Gray-Quadratura
RS	BOURNS	ECW1J-B28-AC0024L	24	24	Gray-Quadratura
RS	BOURNS	ECW0J-B24-AC0006	6	24	Gray-Quadratura
Farnell	ALPS	EC12E2420404	24	24	Gray-Quadratura

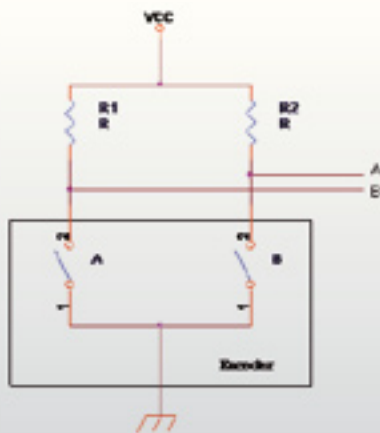


Fig. 5 - Tipico schema di collegamento di un encoder meccanico.

rotazione; a ciò si rimedia utilizzando due fotocellule, posizionate in modo opportuno; ciò consente di ottenere due segnali che permettono di ricostruire anche il senso di rotazione dell'encoder (Figura 2). Le due fotocellule forniranno degli impulsi in corrispondenza di ogni foro ed essendo fisicamente distanziate, i due segnali saranno temporalmente spazati, come mostra il grafico nella Figura 3.

Nel caso della Figura 2, il disco presenta quattro fori. Durante la rotazione i fori scorrono davanti alle fotocellule determinando il segnale di uscita; se la rotazione avviene in senso orario, la prima fotocellula interessata è la A, mentre se la rotazione avviene in senso antiorario la fotocellula interessata per prima è la B. Dai segnali elettrici corrispondenti è possibile determinare la velocità e il senso di rotazione.

Visto il semplice principio di funzionamento è possibile autocostruirsi un encoder

ottico utilizzando due semplici sensori ottici a forcella, un disco forato in cartone scuro e un alberino in plastica. Nella Figura 4 vedete un esempio di encoder a quattro impulsi per ogni giro compiuto.

Gli encoder ottici sono di solito ad alta risoluzione, da 100 a 360 impulsi/giro (ma ce ne sono anche da 1.000 e più) e sopportano alte velocità di rotazione senza subire particolari usure meccaniche; ciò perché non hanno parti

striscianti e l'alberino è di solito montato su cuscinetti a sfere. Vengono usati nei sistemi di posizionamento collegati all'albero motore di un azionamento per determinarne la velocità e la direzione. Esistono anche gli encoder a contatto meccanico, che hanno un numero ridotto di passi e funzionano a basse velocità: sono ideali per rilevare la rotazione di manopole e comunque di comandi manuali da operatore per l'inserimento dei dati; inoltre il loro

costo è decisamente più abbordabile.

Il segnale elettrico fornito al passaggio sul foro è ottenuto da un contatto meccanico che strisciando si chiude periodicamente.

Di questi ultimi encoder esistono diverse versioni a seconda di quanti impulsi forniscono in uscita e di quanti scatti (o incastri) presentano. Notate che non sempre è detto che il numero di scatti coincida con il numero di impulsi in uscita: ad esempio è facile reperire encoder a 30 scatti ma con 15 impulsi per giro. I più usati hanno di solito 24 impulsi a giro (ed altrettanti scatti) ed esistono anche a 24 impulsi e nessuno scatto, nel senso che la rotazione avviene continuamente, come se stessimo girando un normale potenziometro. Nel campo della

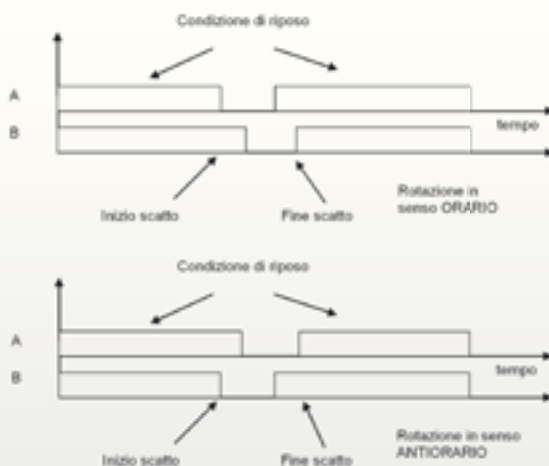


Fig. 6 - Correlazione tra gli impulsi presenti alle uscite A e B dell'encoder meccanico dello schema illustrato nella Figura 5.

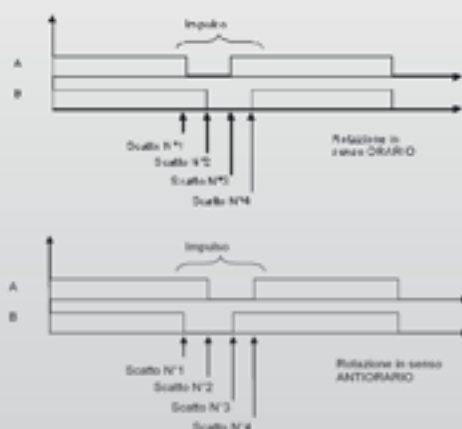


Fig. 7 - Andamento dei segnali ricavati da un encoder a 24 scatti, ossia 6 impulsi con uscita in quadratura.

strumentazione elettronica se ne fa largo uso: ad esempio negli oscilloscopi digitali ce ne sono almeno quattro o cinque, ma sono frequenti anche negli impianti hi-fi a controllo digitale o in apparecchiature domestiche. Visti i prezzi ridotti (da uno a cinque euro, a seconda del tipo e della qualità) sono di sicuro una valida alternativa ai classici pulsanti.

Alcuni encoder sono equipaggiati con un pulsante connesso all'alberino, che se premuto permette di chiudere un contatto: il contatto viene usato in determinati apparati come Enter, nel senso che una volta ruotata la manopola per ottenere sul display un certo valore o una determinata voce di menu, conferma o dà il via a una determinata azione.

COME SCEGLIERE UN ENCODER?

Vista la loro specificità, solitamente non è facile trovare gli encoder nei negozi di componenti elettronici; per contro, rivolgendosi a negozi on-line

ben forniti, la scelta diventa imbarazzante. Tra i marchi più noti ALPS e BURNS, con il catalogo più ampio a seconda di funzioni e formato. La Tabella 1 mostra alcuni esempi.

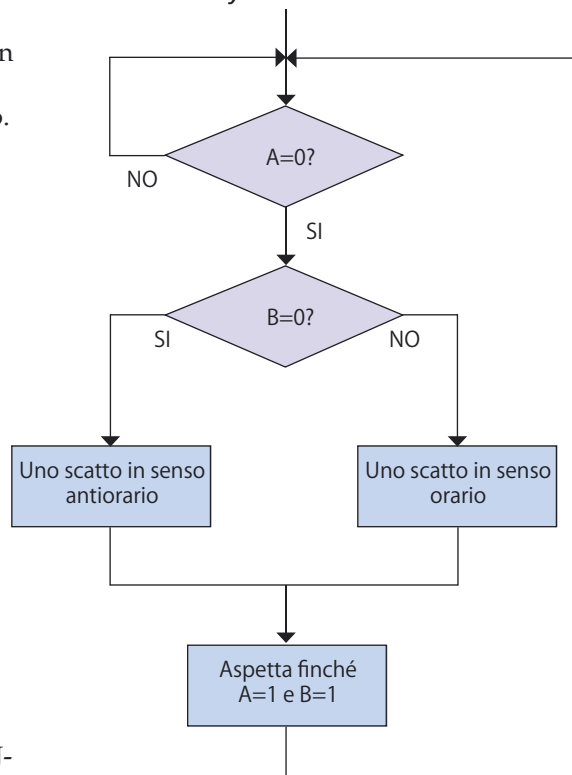
Gli encoder a contatto meccanico si presentano con tre piedini, denominati A,B,C, dove C è il comune e A,B sono i contatti meccanici; lo schema elettrico di collegamento è quello illustrato nella Figura 5.

I due interruttori A e B si chiudono alternativamente a seconda della posizione dell'alberino dell'encoder.

Ad esempio, un encoder da N impulsi e N scatti, con uscita in quadratura (come il modello BOURNS ECW1J-B24-AC0024) presenta dei segnali elettrici come illustrato nella Figura 6.

La sequenza del segnale A e B che giunge al micro è quindi: 11-01-00-10-11 per

Fig. 10 - Diagramma di flusso del firmware per la lettura dell'encoder a codice Gray.



ogni impulso. La sequenza è un segnale denominato *quadratura* o anche *codice Gray* in quanto la commutazione avviene per un

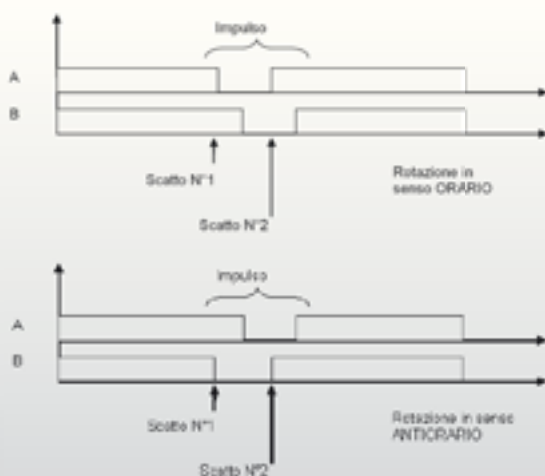


Fig. 8 - Andamento dei segnali alle uscite dell'encoder da 15 impulsi e 30 scatti con uscita in quadratura.

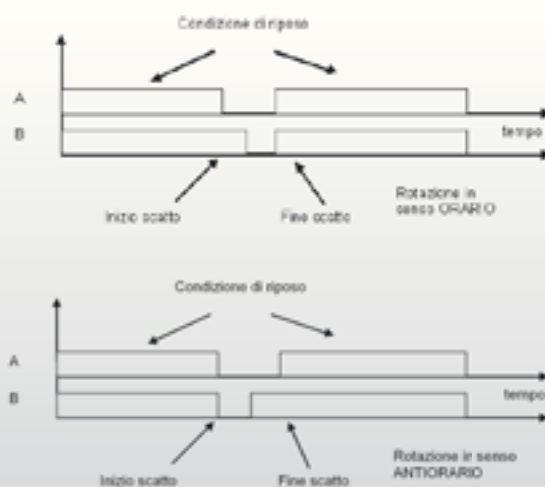


Fig. 9 - Uscita di un encoder non in quadratura da 24 scatti e 24 impulsi/giro.

solo interruttore alla volta e mai per due contemporaneamente. Alcune varianti prevedono ad esempio 24 scatti, ossia 6 impulsi con uscita in quadratura (come il modello BOURNS ECW0J-B24-AC0006) in uscita; i segnali ottenibili sono quelli visibili nel grafico illustrato nella Figura 7. Un encoder a 15 impulsi e 30 scatti con uscita in quadratura (come il modello ALPS EC11B01) presenterà delle forme d'onda come illustrato nella Figura 8. I modelli con uscita non in quadratura (come l'ALPS EC16B02) danno segnali di uscita indipendenti per ciascun contatto; ad esempio, un modello a 24 scatti e 24 impulsi a giro presenta dei segnali di uscita simili a quelli rappresentati in Figura 9.

ENCODER E MICROCONTROLLORI

Volendo leggere il segnale di un encoder con un microcontrollore o microprocessore la gestione firmware è differente a seconda del modello che si vuole usare. Per la spiegazione che segue ipotizziamo l'uso di un encoder a 24 impulsi e 24 scatti, con uscita a codice Gray (quadratura) e, come micro, un PIC. Ad ogni scatto corrisponderà una sequenza dei segnali in entrata al PIC di tipo 11-01-00-10-11, con la certezza che a scatto concluso, ovvero in posizione di riposo, i due contatti A e B saranno aperti ed alla logica di comando (collegando i contatti verso massa) giungerà il segnale 11.

Il diagramma di flusso di questo semplice programma è rappresentato in Figura 10.

Il compito del micro può essere riassunto nelle seguenti azioni:

1. Controlla la linea A sino a quando non vale "0";
2. Legge il valore della linea B;
3. Se la linea B=0, significa che è

Listato 1

```

;
;
;          ENCODER
;  programma per dimostrazione utilizzo Encoder
;  conteggio 0-9 su singolo display (RB0-RB3)
;  encoder su RA0 e RA1
;
LIST      P=16F84A
INCLUDE  <P16F84a.INC>

conta     EQU      0CH
org       0

        clrf      conta           ;azzerà indice
        movlw     00H
        bsf       STATUS,RPO      ;seleziona banco1
        movwf     TRISB           ;porta B tutti d'uscita
        movlw     0FFH
        movwf     TRISA           ;porta A tutti d'ingresso
        bcf       STATUS,RPO      ;seleziona banco0
        clrf      PORTB           ;azzerà tutte le uscite

ripeti    btfss    PORTA,0
          goto     fda             ;fronte di discesa di A
          btfss    PORTA,1
          goto     fdb             ;fronte di discesa di B
          goto     ripeti

fda       incf     conta,1
          movf     conta,0         ;conta -> W
          andlw    07H             ;0 <= conta <= 8
          movwf    PORTB          ;attiva uscite
          movwf    conta          ;salva conta
          goto     attendi

fdb       decf     conta,1
          movf     conta,0         ;conta -> W
          andlw    07H             ;0 <= conta <= 8
          movwf    PORTB          ;attiva uscite
          movwf    conta          ;salva conta
          goto     attendi

attendi   ;aspetto A=B=1
          btfss    PORTA,0
          goto     attendi
          btfss    PORTA,1
          goto     attendi
          goto     ripeti
          end

```

stato fatto uno scatto in senso orario (aumento di una unità della variabile).

4. Se la linea B=1 significa che è stato fatto uno scatto in senso antiorario (diminuzione di una unità della variabile).
5. Aspetta che A=1 e B=1.
6. Ritorna al controllo della linea A.

Ovviamente il controllo della linea A può essere demandato ad un interrupt in modo da permettere alla CPU di svolgere ulteriori funzioni. Di solito l'interrupt è agganciato al fronte di discesa di uno dei due segnali dell'encoder, eliminando così la parte in cui si attende che entrambi i segnali ritornino a "1". Nel caso

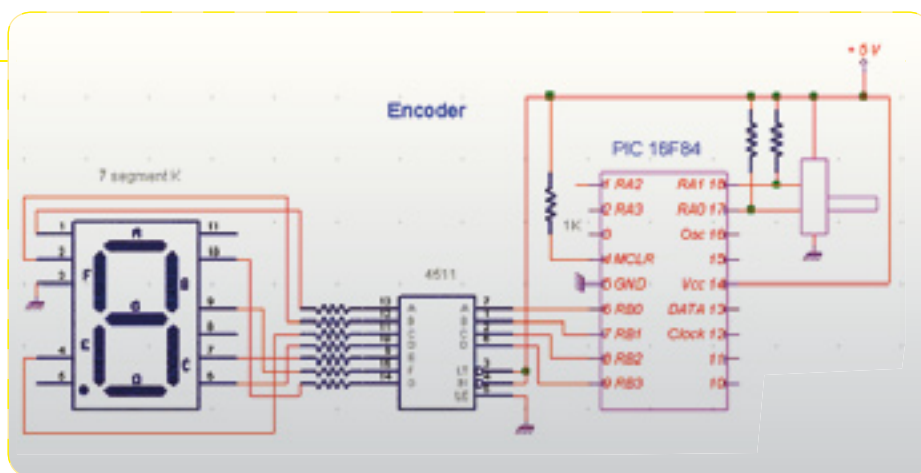


Fig. 11 - Schema di test del programma relativo al Listato 1.

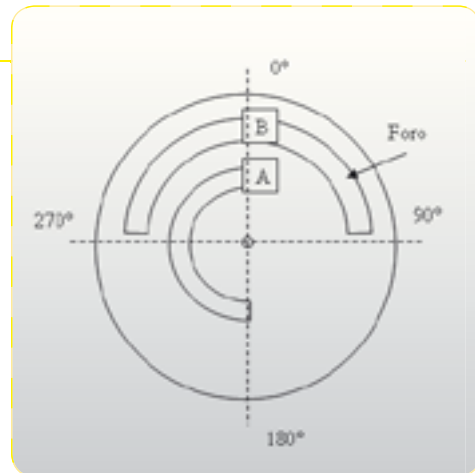


Fig. 12 - Rappresentazione schematica di un encoder assoluto.

di un encoder a N impulsi e 2N passi, si usa un interrupt con la funzione "pin on change" ovvero l'interrupt avviene ad ogni cambiamento di stato dell'ingresso A o B.

Collegando al PIC anche un semplice display a led, è possibile scrivere un programma in assembler che permetta di incrementare o decrementare tramite l'encoder il valore visualizzato; tale programma è quello visibile nel Listato 1.

Il nostro programma esemplificativo può essere collaudato sul circuito illustrato nello schema visibile nella Figura 11.

Dal programma in assembler è facile ricavare il codice per qualsiasi altro linguaggio di programmazione a più alto livello.

Giusto per completezza, diciamo che questo sistema permette la gestione di encoder a basso numero di giri come quelli azionati dalla mano di una persona. Per encoder applicati a motori ci sono dei limiti di velocità dovuti alla lentezza di elaborazione del firmware; in casi del genere, la soluzione consiste nell'adottare appositi microcontrollori muniti on-board di un modulo hardware specifico per la gestione dei segnali da encoder: ad esempio i *DSpic* della Microchip di cui ci occuperemo prossimamente. Gli encoder sino ad ora descritti permettono di ricavare

la velocità e la direzione di un albero, ma non sono in grado di fornire la posizione in cui si trova. Per questa funzione esistono gli encoder assoluti, anch'essi suddivisibili in encoder a contatto meccanico e ottico. Per descriverne il funzionamento prendiamo in considerazione il solito encoder ottico descritto precedentemente però realizziamo i fori e disponiamo le due fotocellule come nella Figura 12. Le fotocellule A e B sono fisse rispetto al corpo dell'encoder mentre il disco è libero di ruotare tramite l'albero ad esso fissato e disponibile al di fuori dell'encoder. A seconda della posizione del disco, alcuni fori si troveranno in corrispondenza delle fotocellule che forniranno un segnale (uno logico) in uscita, un codice Gray relativo alla posizione del disco. La particolarità di

Tabella 2

posizione disco	Fotocellula A	Fotocellula B
0-90°	0	1
90°-180°	0	0
180°-270°	1	0
270°-360°	1	1

questo codice è che tra un settore e un altro si ha la commutazione di una fotocellula per volta evitando il sovrapporsi di commutazioni indesiderate dovute alle inevitabili tolleranze delle parti

meccaniche. I segnali prodotti in una rotazione completa sono elencati nella Tabella 2. Questa tabella può essere letta al contrario, ovvero noti i segnali A e B possiamo risalire alla posizione del disco rispetto alle fotocellule. Alcuni encoder presentano un'uscita in codice binario classico che permette una notevole semplificazione nella codifica della posizione.

Ovviamente con sole due fotocellule si ottiene l'identificazione di soli quattro settori ma in commercio non è raro trovare encoder assoluti a 512, 1024 o 2048 posizioni. Come per gli encoder incrementali esistono le versioni meccaniche molto meno costose che tuttavia possono funzionare esclusivamente con basse velocità, presentano una usura meccanica e quindi sono adatte esclusivamente per manopole o per applicazioni del genere. La gestione tramite un microcontrollore è particolarmente semplice infatti basta leggere lo stato degli ingressi ai quali è connesso l'encoder per sapere in quale posizione si trova l'albero.

Concludiamo qui questo piccolo tutorial sugli encoder, nella speranza che abbiate ben compreso le qualità e potenzialità di tali dispositivi, tanto da poter equipaggiare con essi, nel caso, i vostri progetti.

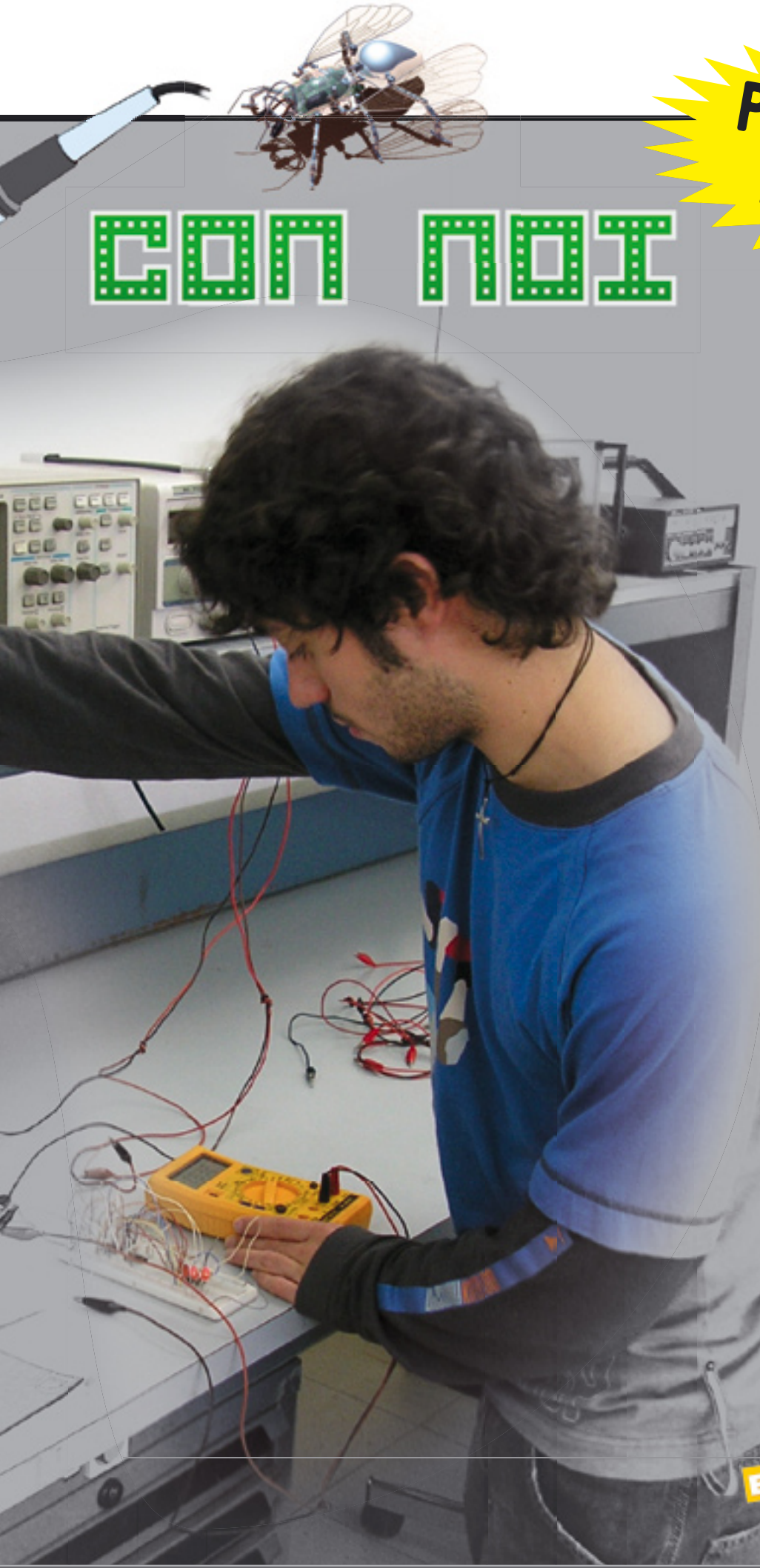
STRAORDINARIA INIZIATIVA DI "ELETTRONICA IN"

PROGETTA

Gratis per te tutto il materiale per i tuoi circuiti. Come realizzare un progetto elettronico senza spendere un euro: un'opportunità da cogliere al volo per appassionati di elettronica, tecnici e studenti!

a cura della REDAZIONE





CON NOI

**PROGETTA &
DIVERTITI**

Questa iniziativa ha come obiettivo principale quello di offrire sia agli appassionati di elettronica che agli studenti degli istituti tecnici e professionali la possibilità di realizzare gratuitamente uno o più progetti di tipo elettronico. Tutto ciò al fine di stimolare l'interesse e avvicinare al mondo della progettazione elettronica quante più persone possibile.

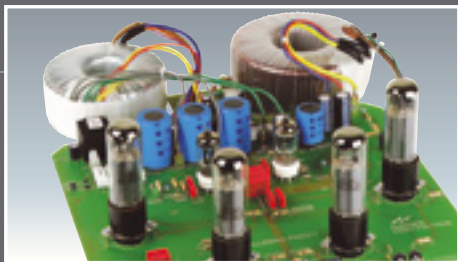
Nel caso degli studenti di scuola superiore, poi, questa iniziativa rappresenta un'opportunità per vivere un'esperienza di lavoro di gruppo valida sia sotto il profilo formativo che della conoscenza e dell'approfondimento delle problematiche relative alla realizzazione di un progetto pratico.

COS'È?

La nostra iniziativa non è né un concorso a premi né una competizione tra progettisti: semplicemente vengono messi a disposizione degli appassionati i componenti necessari per realizzare una serie di progetti che, a lavoro ultimato, verranno presentati sul sito della rivista.

COME FUNZIONA?

Una volta identificato il progetto da realizzare, il materiale necessario alla costruzione viene inviato gratuitamente al domicilio del lettore che si è impegnato a portare a termine il progetto e che si assume il compito di realizzare il prototipo e di verificarne il corretto funzionamento. Al termine del lavoro, il progettista si impegna a pubblicare nel-



l'apposita sezione del sito della rivista i particolari del progetto: schema elettrico, schema pratico, firmware (se presente) e foto del prototipo. Quest'ultimo resterà di proprietà del progettista che l'ha realizzato.

A CHI È RIVOLTA QUESTA INIZIATIVA?

Possono partecipare sia singoli appassionati che gruppi di lavoro composti da più persone. Di quest'ultima categoria possono fare parte anche classi o gruppi scolastici di Istituti Tecnici e Professionali, sia pubblici che privati.

I PROGETTI

I progetti debbono distinguersi per originalità o utilità; sono ammessi anche progetti sviluppati a fini puramente didattici purché in grado di espletare compiutamente una funzione pratica. Sul sito della rivista è presente un elenco di progetti da realizzare che la redazione ha selezionato sulla base delle richieste inviate in passato dai

lettori. Chiunque può aggiungere a questa lista proprie idee di progetto. Chi intende candidarsi per la realizzazione di uno di questi progetti dovrà sottoscrivere e inviare on-line l'apposito Modulo di Partecipazione. Se la domanda verrà accettata, il progetto verrà inserito nella lista di quelli in fase di realizzazione e al progettista verrà inviato il materiale necessario.

TIPOLOGIA DI PROGETTO

Non è necessario essere un genio dell'elettronica per partecipare alla nostra iniziativa: spesso conta di più l'idea che la conoscenza di componenti e tecniche sofisticate. In ogni caso il nostro elenco prevede differenti livelli di difficoltà e argomenti molto diversi tra loro, che spaziano dall'elettronica analogica a quella digitale, dalla robotica ai sistemi fotovoltaici.

Un'incredibile opportunità per gli appassionati di elettronica, i tecnici e gli studenti per realizzare un progetto elettronico a costo zero!

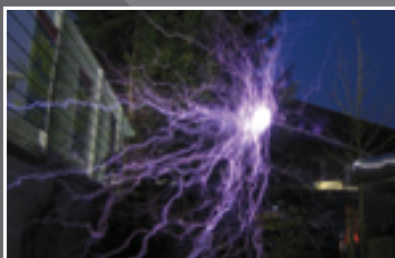
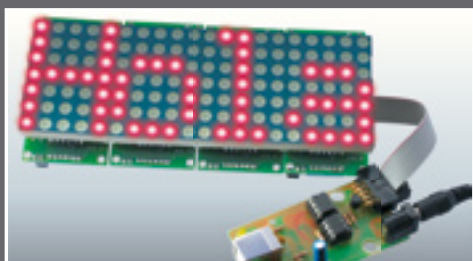


Main sponsor:

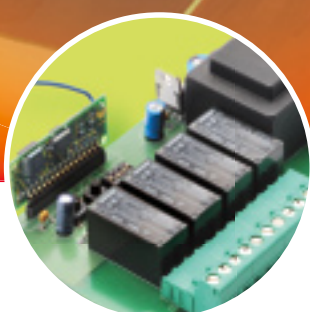
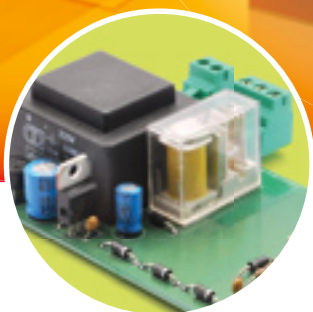
FUTURA ELETTRONICA

Futura Elettronica dispone di un'ampia gamma di componenti elettronici, semiconduttori, moduli, accessori e sistemi di sviluppo tale da consentire la progettazione e realizzazione di circuiti nei campi più disparati, dall'automazione al telecontrollo, dai sistemi audio/video al controllo accessi, dalla robotica ai sistemi fotovoltaici.

Maggiori dettagli sull'iniziativa:
www.elettronica.in/progettaconnoi



Proseguiamo ad occuparci di prodotti Enocean descrivendo tre ricevitori da abbinare al trasmettitore a pulsanti PTM200: un modulo a singolo canale, un quattro canali ed uno con uscita 1÷10 V per il controllo dei dimmer elettronici.

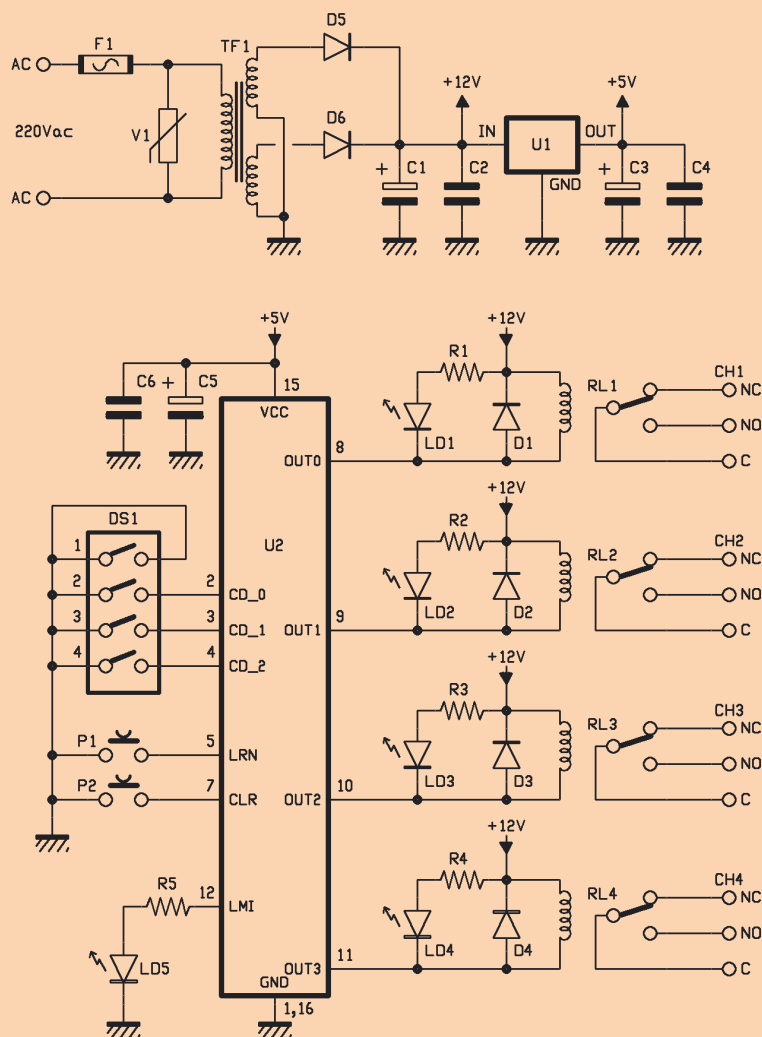


TRE RICEVITORI PER ENOCEAN PTM200

di MATTEO DESTRO

Nel fascicolo di febbraio abbiamo introdotto i prodotti della Enocean, descrivendo le caratteristiche, analizzato il funzionamento di ciascuno modulo e studiato il protocollo di comunicazione; infine abbiamo descritto genericamente le possibili applicazioni che si possono realizzare con essi. In queste pagine vedremo tre distinte applicazioni che abbiamo realizzato per mostrare le potenzialità dei moduli trasmettitori e dei relativi ricevitori, tutti già ampiamente illustrati, nelle caratteristiche e funzionalità, nel fascicolo di febbraio. Le tre applicazioni

si differenziano in base al numero di carichi che possono pilotare e al tipo di funzione che svolgono: nello specifico, si tratta di due interruttori ON/OFF (uno singolo ed uno a quattro canali) e un comando per dimmer elettronici gestibili con una tensione continua di 1÷10 Vcc. Prima di iniziare la trattazione delle applicazioni proposte per sfruttare le potenzialità messe a disposizione della tecnologia Enocean, è necessario riproporre velocemente le caratteristiche essenziali del modulo trasmettitore PTM200 il quale, abbinato al modulo ricevitore

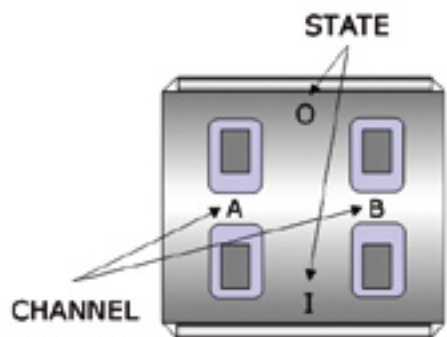


potrebbe apparire strano, perché un comune trasmettitore invia il segnale finché il suo comando (pulsante premuto) è attivo e smette di inviarlo quando lo stesso comando viene meno (pulsante rilasciato); la cosa si spiega con il fatto che i trasmettitori Enocean sono autoalimentati, quindi inviano un codice che dura solo l'istante in cui il tasto viene premuto e poi smette (quando si preme un tasto si dà il comando di trasmissione e nel contempo si genera l'energia che serve ad alimentare il trasmettitore per un breve istante). Quindi si può dire che l'interruzione della trasmissione non necessariamente coincide con il rilascio del tasto. Nella serie Enocean, per far combaciare le due condizioni e assimilare i trasmettitori a quelli comuni da radiocomando, si sfrutta l'energia dovuta al movimento di ritorno del pulsante per alimentare un'altra volta il TX e far partire nuovamente il codice, che, stavolta, è quello corrispondente al rilascio del tasto.

Bene, detto ciò procediamo con la descrizione delle applicazioni che sono state approntate per esporre e utilizzare la tecnologia Enocean.

RICEVITORE A: QUATTRO CANALI ON/OFF

La prima applicazione che proponiamo riguarda un semplice ricevitore programmabile a quattro canali, il cui cuore non è altro che il modulo ricevitore RCM110, il quale, opportunamente configurato, permette di gestire fino a quattro uscite indipendenti utilizzabili per comandare, ad esempio, dei relé. Le uscite del modulo RCM110 vengono pilotate dai moduli trasmettitori PTM200 i quali devono essere associati al ricevitore attraverso un'opportuna procedura di acquisizione



Disposizione dei pulsanti sul trasmettitore PTM200.

RCM110, sarà un componente essenziale nei progetti qui proposti. Ogni modulo PTM200 ha due canali distinti, che per comodità

vengono chiamati "A" e "B"; ciascun canale prevede due pulsanti, corrispondenti ad altrettanti codici trasmessi, che vengono chiamati "O" e "I". L'ID (stringa di dati) a 32 bit che identifica in modo univoco il modulo trasmettitore, riguarda entrambi i canali "A" e "B". Quando si preme uno qualsiasi dei quattro pulsanti disponibili, il modulo PTM200 invia lo stato di quello premuto e il canale cui è associato. Si ricorda che lo stato viene inviato anche quando il pulsante viene rilasciato, allo scopo di permettere all'unità ricevente di rilevare sia la pressione che il rilascio. Ciò

La modalità di funzionamento del primo ricevitore si imposta agendo sul dip-switch a quattro dip, di cui solamente tre attivi, secondo quanto indicato nella tabella a fianco.

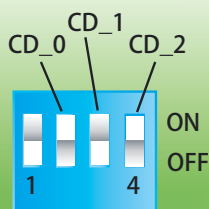


Tabella 1

Funzione	N° Canali	CD_2	CD_1	CD_0
Configurazione a un solo canale di uscita: viene gestita solo l'uscita OUT_0 e quindi solo il relé RL1; durante la programmazione verranno acquisiti i canali e rispettivi ID di uno o più moduli trasmettitori PTM200 per la gestione dell'unico canale di uscita disponibile.	1 (OUT_0)	OFF	ON	OFF
Configurazione a due canali di uscita: vengono gestite le uscite OUT_0 e OUT_1 alle quali sono associati i relé RL1 e RL2. Durante la programmazione verranno acquisiti i canali e rispettivi ID di uno o più moduli trasmettitori PTM200 per la gestione dei due canali di uscita disponibili.	2 (OUT_0..1)	OFF	ON	ON
Configurazione a quattro canali di uscita: vengono gestite le uscite OUT_0, OUT_1, OUT_2 e OUT_3 alle quali sono associati i relé RL1, RL2, RL3 e RL4. Durante la programmazione verranno acquisiti i canali e rispettivi ID di uno o più moduli trasmettitori PTM200 per la gestione dei quattro canali di uscita disponibili.	4 (OUT_0..3)	ON	OFF	OFF

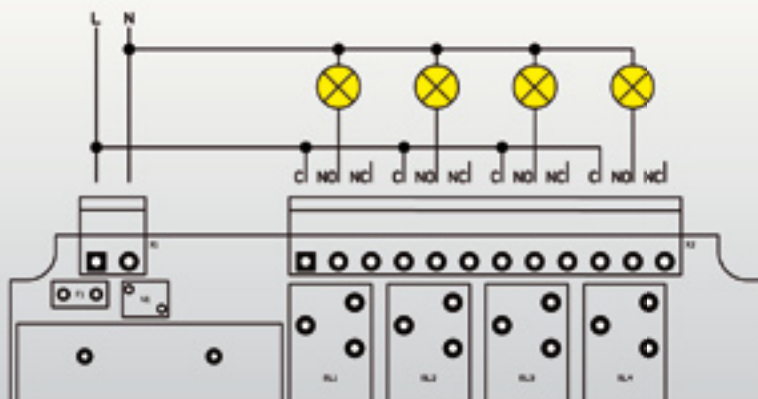
dell'ID e relativo canale, di cui parleremo più avanti. Lo schema elettrico proposto per la prima applicazione è molto semplice: l'unico elemento "intelligente" è il modulo ricevitore RCM110, al quale sono stati connessi pochi componenti esterni. Siccome del modulo è possibile configurare la modalità di funzionamento, gli ingressi corrispondenti (CODE_0, CODE_1 e CODE_2) sono stati collegati a un dip-switch (DS1) a quattro vie, delle quali solo tre vengono utilizzate. I tre ingressi permettono fino a otto combinazioni, ma in realtà solo tre sono significative per questa applicazione e le descriviamo dettagliatamente nella Tabella 1.

Oltre al dip-switch, sono stati previsti due pulsanti collegati agli ingressi LRN e CLR: il primo serve per richiamare la modalità di acquisizione del modulo RCM110 e il secondo per resettare la configurazione del modulo stesso e, successivamente, richiamare la modalità di acquisizione. Più avanti, quando parleremo di come configurare il modulo, esporremo in dettaglio il funzionamento dei due pulsanti P1 e P2. Il circuito prevede anche dei led di diagnostica: LD5 serve per indicare che l'RCM110 è entrato in modalità di acquisizione; in que-

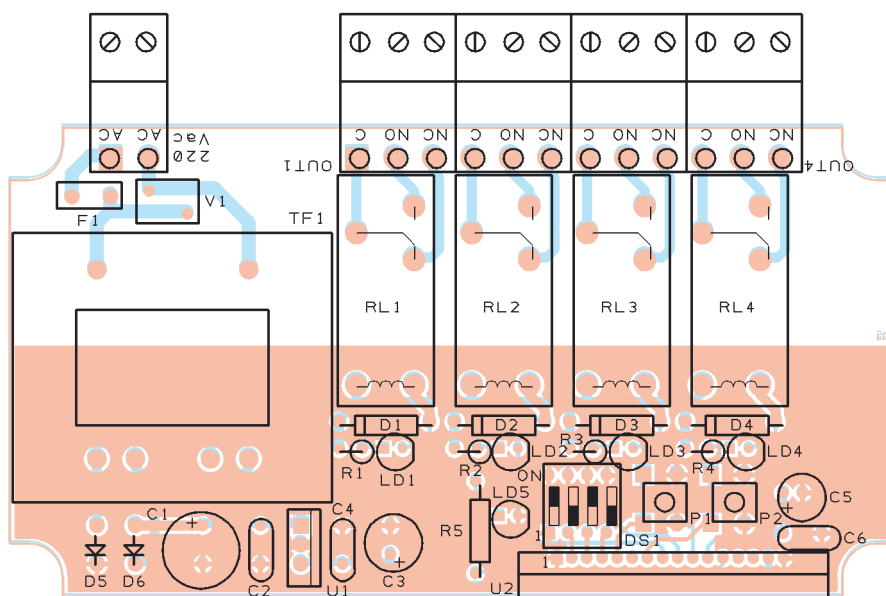
sta modalità il modulo si aspetta di ricevere un segnale radio da un trasmettitore PTM200 dal quale, come detto prima, acquisirà l'ID e il rispettivo codice canale ("A" o "B"). L'ID ricevuto sarà così memorizzato nella EEPROM interna del modulo RCM110. Oltre al led LD5 vi sono anche LD1, LD2, LD3 e LD4, necessari a discriminare su quale canale si sta agendo durante l'acquisizione dei moduli PTM200, oppure per visualizzare quale canale è attivo durante il normale funzionamento del modulo. La sezione di alimentazione prevede un trasformatore con due secondari da 9 V, ognuno dei

quali ha una potenza di 3 VA ed è quindi capace di erogare una corrente massima di 330 mA. Collegando i due secondari secondo lo schema tradizionale del raddrizzatore a doppia semionda con secondario a presa centrale, si ottiene sempre la stessa tensione raddrizzata e livellata ottenibile da un solo secondario a 9 V, ma una corrente massima di 660 mA. La tensione di alimentazione di +5 Vdc viene generata con un semplice regolatore di tensione. A monte del regolatore di tensione abbiamo una tensione di alimentazione di circa +12 Vdc, necessaria ad alimentare le bobine dei quattro relé. Questi ultimi

SCHEMA DI COLLEGAMENTO RICEVITORE A



[piano di **MONTAGGIO RICEVITORE A**]



Elenco Componenti:

- R1÷R4: 4,7 kohm
 R5: 680 ohm
 C1: 470 μ F 25 VL elettrolitico
 C2, C4: 100 nF 50 VL ceramico
 C3: 100 μ F 25 VL elettrolitico
 C5: 10 μ F 25 VL elettrolitico
 C6: 100 nF 50 VL ceramico
 D1÷D6: 1N4002
 U1: 7805
 U2: RCM110 Ricevitore Enocean
 DS1: Dip-switch 4 vie
 P1÷P2: Microswitch
 LD1÷LD5: Led 3 mm rosso
 RL1÷RL4: Relè singolo scambio 12V (JW1FSN-DC12V)
 TF1: Trasformatore 220Vac/2x9Vac 3VA
 F1: Termofusibile 80/120mA
 V1: Varistore S05K275

Varie:

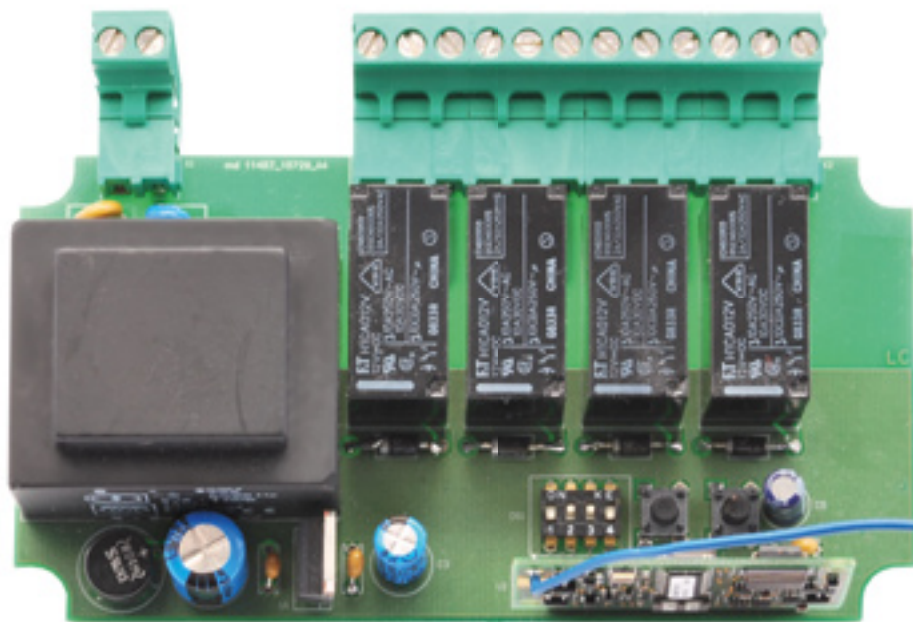
- Morsettiera componibile 2 poli
- Morsettiera componibile 3 poli (4 pz.)
- Circuito stampato

permettono di pilotare ciascuno un carico massimo di 10 A. Si osservi che le bobine dei quattro relè sono connesse direttamente alle uscite corrispondenti del modulo ricevitore RCM110, le quali sono tutte open-collector realizzate con transistor in grado di pilotare carichi che assorbono una corrente massima di 100 mA ciascuna e di sopportare, quando interdetti, una tensione di collettore di 35 V.

Giunti a questo punto occupiamoci delle procedure necessarie a configurare il modulo ricevitore RCM110, con la premessa che le esamineremo valutando più casi pratici. Cominciamo con il caso più semplice, cioè l'uso di un solo canale e quindi l'abbinamento ad uno o più trasmettitori PTM200. La prima cosa da fare è impostare il dip-switch, come indicato nella Tabella 1; tale operazione va fatta ad elettronica spenta, cioè senza alimentazione.

Inoltre notate che tutte le volte che si cambiano le impostazioni dei dip-switch si rende necessario resettare il modulo RCM110, il che si fa semplicemente premendo sul pulsante CLR. Impostati i dip, alimentate il ricevitore A e premete il pulsante CLR per più di due secondi, allorché il modulo RCM110 verrà resettato e forzato in acquisizione (apprendimento): il led LD1 inizierà a lampeggiare con una cadenza di un secondo ON e un secondo OFF, mentre il led LD5 si accenderà fisso a indicare che si è entrati in modalità di acquisizione. A questo punto tutto è pronto per acquisire l'ID del modulo trasmettitore PTM200; premete un pulsante qualsiasi del canale "A" o del canale "B": il segnale radio trasmesso viene subito intercettato dal modulo ricevitore, il quale estrapola il codice ID e il canale utilizzato e li memorizza nella sua EEPROM.

Questa operazione associa, ad esempio, il canale "A" del modulo trasmettitore PTM200 all'uscita OUT_0 del modulo RCM110. Mentre il codice modulo PTM200 viene acquisito, il led LD1 smette di lampeggiare. Acquisito l'ID e il relativo canale il led LD1, ritornerà a lampeggiare. A questo punto è possibile decidere se acquisire un altro codice ID col rispettivo canale ("A" o "B") oppure uscire dalla modalità di acquisizione. Memorizzando un nuovo ID col rispettivo canale, si ha la possibilità di gestire l'uscita OUT_0 da due differenti moduli PTM200, oppure dallo stesso modulo PTM200 avendo avuto cura di acquisire prima il canale "A" e poi il canale "B". In seguito bisogna premere per più di un secondo il pulsante LRN per uscire dalla modalità di acquisizione. In questo caso si è deciso di abbinare un solo trasmettitore PTM200. Supponendo di ave-

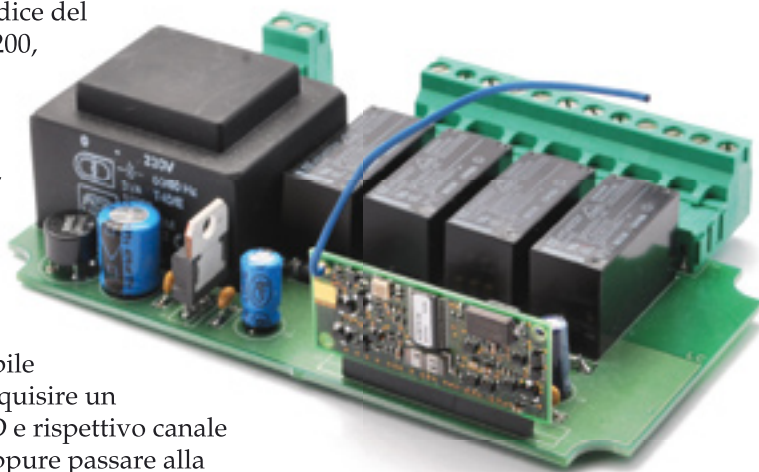


re utilizzato il canale "A" per l'acquisizione si ha che il pulsante "I" attiva l'uscita OUT_0, relé eccitato, mentre il pulsante "O" disattiva l'uscita e quindi il relé viene diseccitato. Proviamo adesso la configurazione a due canali di uscita, supponendo ancora di abbinare uno o più trasmettitori PTM200 ad ognuno dei canali di uscita. Come già visto nel caso precedente, la prima cosa da fare è impostare il dip-switch, come indicato nella tabella. Ovviamente l'operazione va fatta in assenza di alimentazione, rammentando che tutte le volte che si cambiano le impostazioni dei dip-switch si rende necessario resettare il modulo RCM110, premendo sul pulsante CLR. Ora alimentate il modulo Enocean_A e premete il pulsante CLR per più di due secondi; il modulo RCM110 verrà resettato e mandato in acquisizione. Il led LD1 inizierà a lam-

peggiare con una cadenza di un secondo ON e un secondo OFF, mentre il led LD5 si accenderà fisso a indicare che si è entrati in modalità di acquisizione. Premete un pulsante qualsiasi del canale "A" o "B" del modulo trasmettitore PTM200 da abbinare; questa operazione associa il canale "A" o "B" del modulo trasmettitore all'uscita OUT_0 del modulo RCM110. Mentre viene acquisito il codice del modulo PTM200, LD1 smette di lampeggiare; conclusa l'acquisizione, il led LD1 ritornerà a lampeggiare. A questo punto è possibile decidere se acquisire un altro codice ID e rispettivo canale ("A" o "B") oppure passare alla

gestione del canale di uscita successivo: OUT_1. Per passare al successivo canale di uscita, premere il pulsante LRN per più di un secondo; il led LD2 inizierà a lampeggiare con la stessa cadenza del led LD1 (ovviamente LD1 si sarà spento). Premete un pulsante qualsiasi del canale "A" o "B" del modulo trasmettitore PTM200 che si intende utilizzare con questo canale di uscita; volendo è possibile acquisire lo stesso ID utilizzato per il canale di uscita OUT_0. Questa operazione associa il canale "A" o "B" del modulo trasmettitore all'uscita OUT_1 del modulo RCM110. Mentre il modulo PTM200 viene acquisito, il led LD2 smetterà di lampeggiare. Conclusa l'acquisizione del secondo canale, il led LD2 ritornerà a lampeggiare. Ora si può decidere se acquisire un nuovo modulo PTM200 per la gestione del canale di uscita, oppure uscire dalla modalità di acquisizione; in quest'ultimo caso, premete per più di un secondo il pulsante LRN.

La stessa procedura di acquisizione appena descritta può essere applicata anche alla configurazione con quattro canali. Ricordiamo che il numero massimo di trasmettitori (Codice ID più Codice Canale) abbinabile è pari a 30.



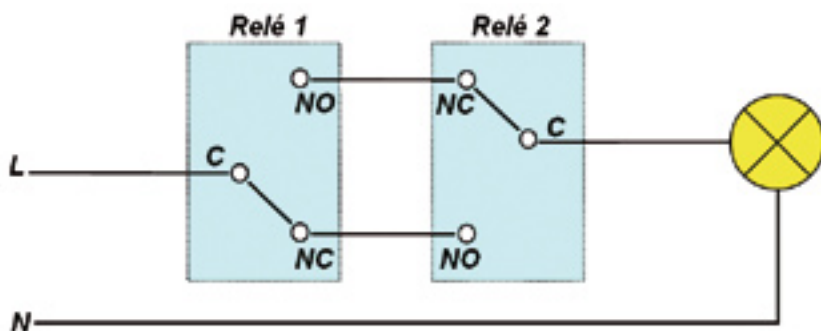


Fig. 1 - Simulazione di un impianto di accensione e spegnimento di una lampada da due punti, mediante l'uso di due uscite dell'RCM110.

Ovviamente c'è massima flessibilità nel distribuire i possibili trasmettitori sui quattro canali di uscita; ad esempio si può pensare a una configurazione siffatta:

- **Uscita OUT_0**, dieci trasmettitori (Codice ID + Codice Canale);
- **Uscita OUT_1**, dieci trasmet-

titori (Codice ID + Codice Canale);

- **Uscita OUT_2**, cinque trasmettitori (Codice ID + Codice Canale);
- **Uscita OUT_3**, cinque trasmettitori (Codice ID + Codice Canale).

Sui contatti puliti dei relé è

possibile collegare carichi che assorbono una corrente massima a regime di 10 A; se bisogna gestire carichi più impegnativi, è necessario utilizzare dei servo-relé esterni, le cui bobine vanno alimentate con gli scambi dei relé on-board. Una tipica applicazione del ricevitore potrebbe essere la gestione di una lampada elettrica; allo scopo basta semplicemente usare i contatti puliti di uno dei quattro relé. Quindi con uno o più canali dei moduli PTM200 è possibile accendere e spegnere il punto luce.

Con lo stesso ricevitore è possibile realizzare un sistema di comando da due punti, simulando il comportamento del deviatore; la deviazione semplice a due punti può essere ottenuta seguendo due differenti procedure: la prima, classica, prevede



La città digitale del futuro

GPS consentiranno di sapere in tempo reale dove si trovano le persone. Accanto all'elettronica, le migliori e più recenti tecnologie in tema di domotica, automazione civile e sfruttamento delle energie alternative e risparmio energetico; ciò a significare che

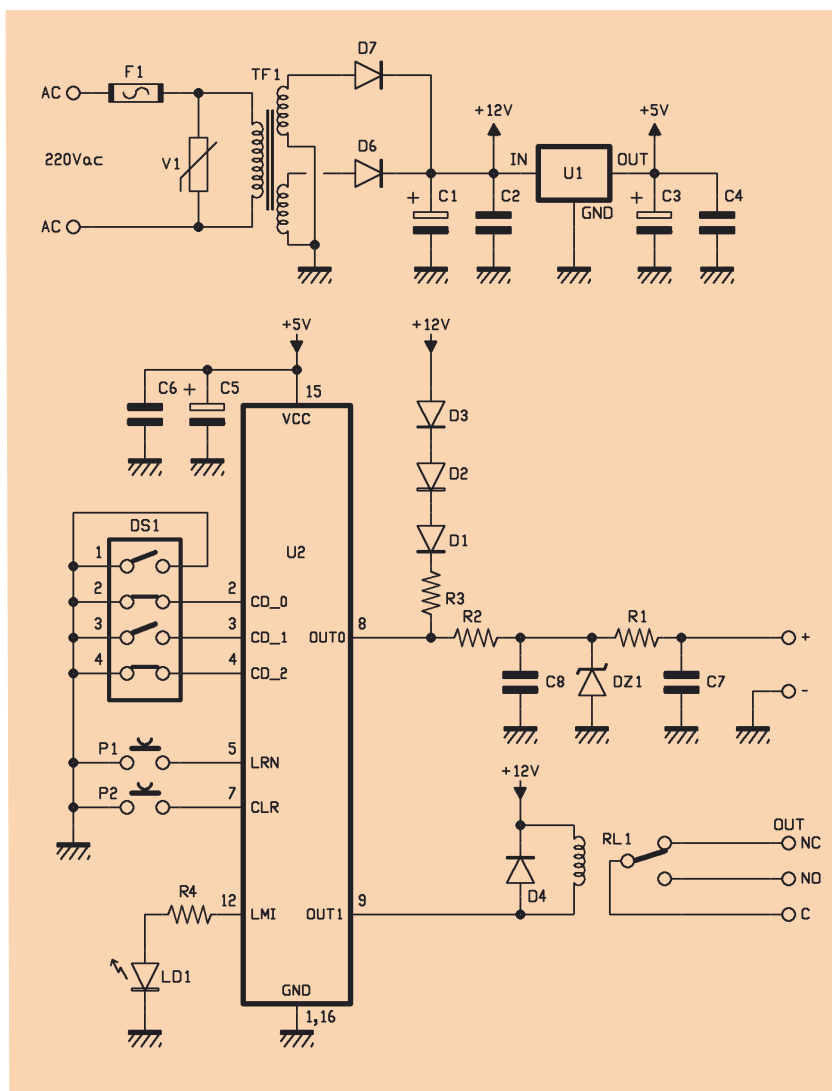
Una cartolina dall'Arabia Saudita, ma da quella del futuro: le quattro immagini rappresentano il progetto di Kaec, la città tecnologica che sarà costruita nel prossimo decennio in Arabia Saudita per volere e in onore del Re Abdullah (Kaec è, infatti, l'acronimo di King Abdullah Economic City): tecnologica perché integrerà già in fase di progetto sistemi elettronici avanzatissimi e reti dati con connessioni a 1 Gbit. Un esempio? Una miriade di web-cam sorveglierà giorno e notte le vie e gli spazi della megalopoli per prevenire delitti e incidenti, potenti computer effettueranno continue analisi biometriche (tratti del volto) per identificare criminali, controllare gli accessi agli edifici pubblici e privati mentre localizzatori

anche nei paesi arabi c'è la consapevolezza che il petrolio prima o poi finirà... Kaec è una delle sei nuove città che stanno sorgendo in Arabia Saudita per volontà del Re con l'aiuto di alcune tra le più importanti multinazionali dei servizi e delle telecomunicazioni (ad esempio Cisco Systems, che stima un business da 250 milioni di \$); frutto dell'architettura futuribile, la città diverrà punto d'incontro di studiosi di di tutto il mondo e, come le altre cinque città in progetto, sarà anche punto di riferimento e attrazione turistica di un futuro in cui a sostenere l'economia saudita non saranno più soltanto i "petrodollari"...

l'utilizzo di due uscite a relé, OUT_0 e OUT_1, e di altrettanti moduli trasmettitori PTM200 da collocare ciascuno in uno dei punti del locale dal quale si vuole comandare l'accensione e lo spegnimento. La seconda, meno convenzionale ma più flessibile, usa un solo canale di uscita OUT_0 ed "n" moduli trasmettitori PTM200. Lo schema elettrico del sistema di deviazione a due punti tradizionale può essere realizzato con le connessioni illustrate nella Figura 1.

La prima soluzione prevede di utilizzare due moduli trasmettitori PTM200 dei quali si suppone di abbinare al ricevitore il solo canale "A". Ciò comporta che sul canale di uscita OUT_0 venga abbinato un modulo trasmettitore PTM200 e relativo canale "A", mentre sul canale di uscita OUT_1 sia stato abbinato un differente modulo trasmettitore PTM200, sempre con canale "A". Ne consegue che premendo sul pulsante "I" del canale "A" si accende il punto luce, mentre premendo sul pulsante "O", sempre del canale "A", il punto luce si spegne. In questa condizione è possibile accendere il punto luce premendo sul pulsante "I" del canale "A" del primo PTM200 e spegnere la stessa luce premendo il pulsante "I" del canale "A" del secondo PTM200. Quindi si evince che è possibile accendere e spegnere il punto luce da entrambi i moduli PTM200: basta premere uno alla volta i pulsanti "I" oppure "O" del canale "A", fin quando non si ottiene l'effetto desiderato.

La seconda soluzione è più flessibile, perché utilizzando una sola uscita OUT_0 è possibile accendere e spegnere un punto luce impiegando più di due moduli PTM200 abbinati alla stessa uscita OUT_0: in pratica simula il classico relé bistabile



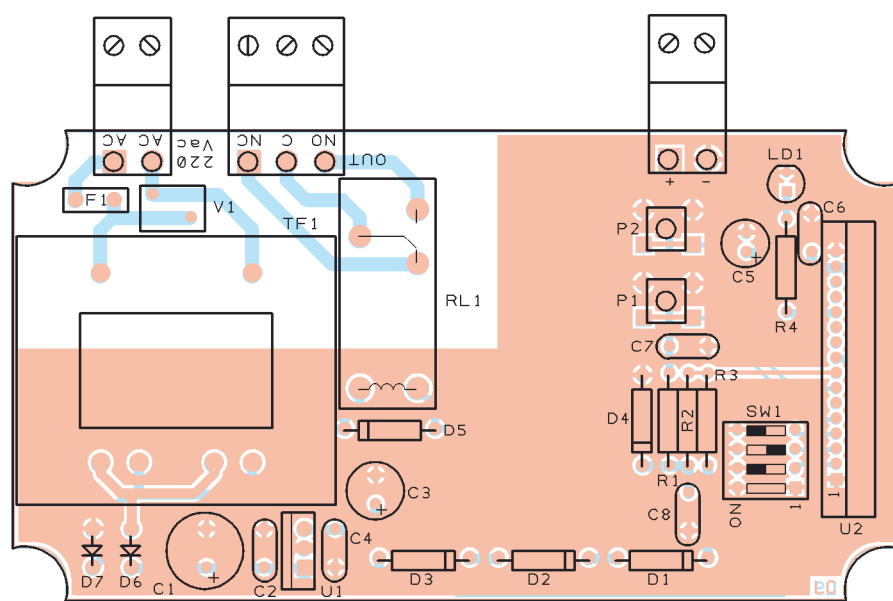
comandato da tutti i punti che si desidera e usato, ad esempio, nei corridoi della grandi abitazioni, per accendere le luci dall'uscita di qualsiasi stanza e dall'ingresso. Per ottenere un siffatto funzionamento, quando si esegue la procedura di acquisizione ci si deve ricordare di associare più moduli PTM200 con rispettivo canale all'uscita desiderata, ossia quella che si vuole comandi la luce;

anche in questo caso, premendo sul pulsante "I" del canale "A" o "B" di un modulo PTM200 si accenderà il punto luce, mentre premendo sul pulsante "O" del canale "A" o "B" si andrà a spegnere lo stesso. Questo tipo di funzionamento ricorda quello del flip-flop RS (set-reset) cioè un pulsante attiva l'uscita (SET), mentre un altro pulsante la disattiva (RESET). Quindi se da un

Tabella 2

Funzione	N° Canali	CD_2	CD_1	CD_0
Configurazione a due canali. Il primo canale, OUT_0, viene utilizzato per generare un segnale PWM a 50kHz, che se opportunamente condizionato genera la tensione analogica 1-10Vdc necessaria a dimmerare gli alimentatori elettronici. La seconda uscita, OUT_1, serve per staccare l'alimentazione al dimmer elettronico quando si decide di spegnere la lampada collegata all'alimentatore.	OUT_0 e OUT_1	ON	OFF	ON

[piano di **MONTAGGIO RICEVITORE B**



Elenco Componenti:

R1: 47 ohm
 R2, R3: 4,7 kohm
 R4: 680 ohm
 C1: 470 μ F 25 VL elettrolitico
 C2, C4: 100 nF 50 VL ceramico
 C3: 100 μ F 25 VL elettrolitico
 C5: 10 μ F 25 VL elettrolitico
 C6, C8: 100 nF 50 VL ceramico
 C7: 10 nF 50 VL ceramico
 D1 ÷ D6: 1N4002
 DZ1: Zener 12V 1/2W
 U1: 7805

U2: RCM110
 Ricevitore Enocean
 DS1: Dip-switch 4 vie
 P1, P2: Microswitch
 LD1: Led 3 mm rosso
 RL1: Relé
 singolo scambio 12V (JW1FSN-DC12V)
 TF1: Trasformatore 220Vac/2x9Vac 3VA
 F1: Termofusibile 80/120mA
 V1: varistore S05K275

Varie:

- Morsettiera componibile 2 poli
- Morsettiera componibile 3 poli
- Circuito stampato

modulo PTM200 abbiamo attivato l'uscita premendo sul pulsante "I" e vogliamo spegnerla da un modulo PTM200 diverso dal primo sarà necessario premere il pulsante "O". Infatti se si preme ancora sul pulsante "I" del primo o del secondo modulo PTM200 non accade nulla.

RICEVITORE B: MODULO RX MONOCANALE 1-10 VDC

La seconda applicazione propone un modulo ricevitore configurato per funzionare come un dimmer con uscita analogica 1÷10 Vdc, utile per la gestione degli alimentatori elettronici. Anche in questa applicazione si utilizza un

RCM110 opportunamente configurato. Lo schema elettrico è molto semplice e in esso si sfrutta l'uscita PWM dell'RCM110.

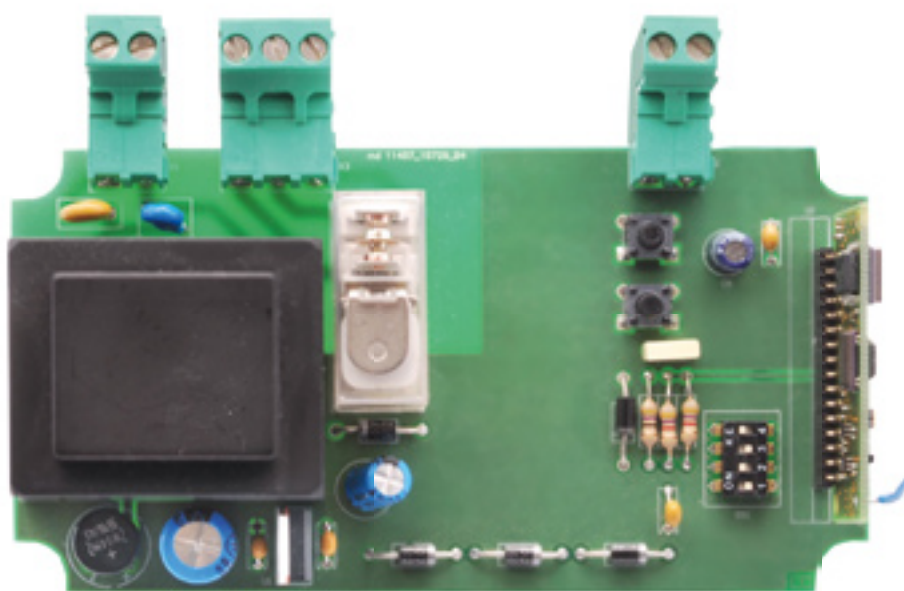
Volendo ottenere una tensione continua, dobbiamo sfruttare la modalità dimmer e quindi configurare appositamente il modulo impostando di conseguenza gli ingressi CODE_0, CODE_1 e CODE_2 (si usa anche qui il dip-switch DS1); sebbene i tre ingressi permettano fino a otto combinazioni, in questa applicazione se ne usa una sola (Tabella 2).

Sull'uscita OUT_0 è stato collegato un filtro RC (R2 e C8) opportunamente dimensionato, il quale filtra il segnale PWM generato dal modulo RCM110; il filtro restituisce un segnale analogico che, al variare del duty-cycle del segnale PWM, varia la propria ampiezza. La resistenza R3 serve per il pull-up.

La tensione continua di 10 Vcc viene generata partendo da quella di alimentazione della bobina del relé, sfruttando una serie di tre diodi funzionanti in polarizzazione diretta; infatti collegando

SCHEMA DI COLLEGAMENTO RICEVITORE B





tre diodi in serie, si ottiene una tensione di circa 10 Vcc, in quanto ogni diodo ha una caduta di circa 0,7 V. La struttura circuitale scelta dipende dal modo in cui funzionano gli alimentatori elettronici, che richiedono una tensione continua di comando per variare la luminosità della lampada collegata all'uscita dal minimo (1 V) al massimo (10 V); tuttavia in corrispondenza del minimo potenziale la lampada non si spegne ma rimane ancora un po' accesa. Per spegnerla non c'è che una maniera: privare il dimmer dell'alimentazione. Questo spiega perché in questo circuito è presente

un'uscita a relè che toglie l'alimentazione principale all'alimentatore elettronico.

I pulsanti collegati agli ingressi LRN e CLR servono per portare in modalità di acquisizione il modulo RCM110 (LRN) oppure per resettare la configurazione del modulo stesso (CLR). Il led LD1 serve per segnalare quando il modulo RCM110 è entrato in modalità acquisizione degli ID dei moduli trasmettitori PTM200. La parte di alimentazione è identica a quella già descritta in precedenza.

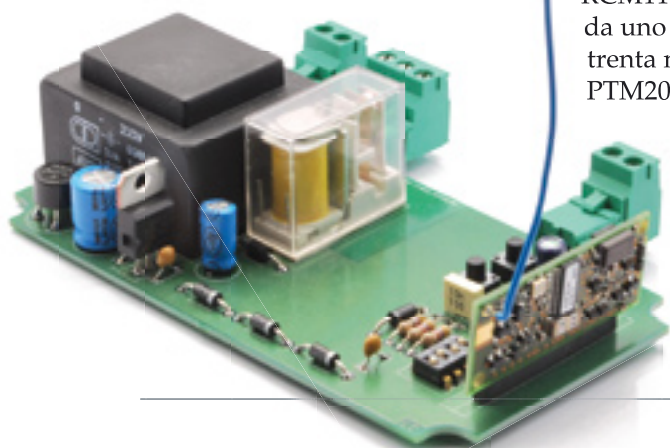
Passiamo ora ad analizzare la procedura necessaria per configurare il modulo ricevitore RCM110, il quale potrà gestire da uno fino a un massimo di trenta moduli trasmettitori PTM200 (Codice ID più Codice canale). Per prima cosa impostate il dip-switch come indicato nella Tabella 2. Tale operazione va fatta a elettronica spenta, cioè senza alimentazione; come per il precedente schema,

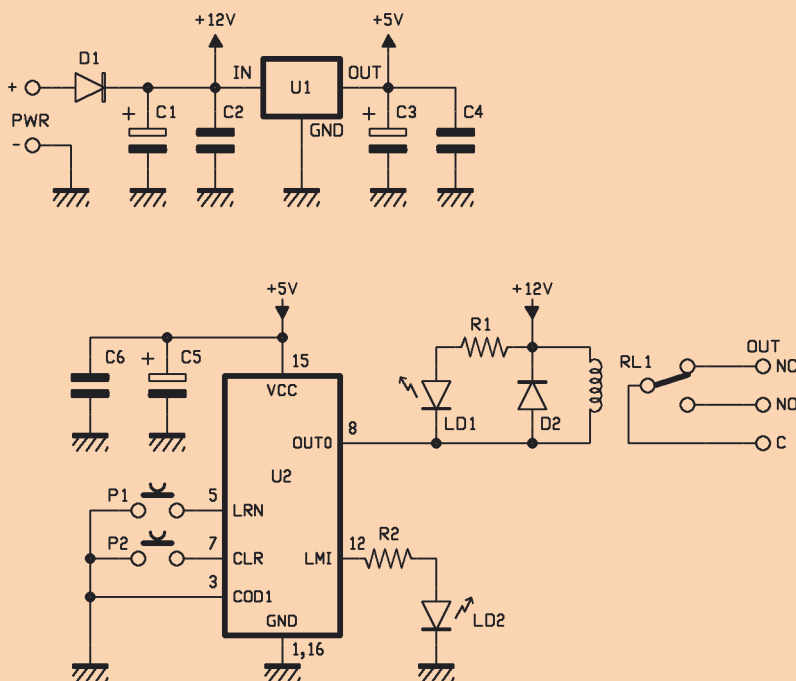
rammentate che ogniquale volta si cambiano le impostazioni dei dip-switch, si rende necessario resettare il modulo RCM110.

Quindi, fatte le impostazioni, alimentate il ricevitore B e premete il pulsante CLR per più di due secondi: LD1 si accenderà fisso a indicare che si è entrati in modalità di acquisizione; contemporaneamente all'uscita OUT_0 sarà presente un segnale PWM che varia il suo duty-cycle da un minimo del 20% a un massimo del 100%, alternativamente.

A questo punto tutto è pronto per acquisire l'ID di uno o più moduli trasmettitori PTM200. Premete un pulsante qualsiasi del canale "A" o del canale "B" e quando il segnale radio trasmesso viene intercettato dal modulo ricevitore questo estrapola l'ID e il codice canale e li memorizza nella propria memoria EEPROM. Durante l'acquisizione il segnale analogico di uscita rimarrà fisso al 100% per un periodo di 4 secondi. Fatto ciò, si potrà decidere se uscire dalla modalità di acquisizione oppure se acquisire un nuovo ID e relativo canale per la gestione delle due uscite OUT_0 e OUT_1; per abbandonare l'acquisizione, premete per più di un secondo il pulsante LRN (il led LD1 si spegnerà). Conclusa l'acquisizione è possibile provare subito il modulo. Supponendo di avere acquisito il canale "A" del modulo PTM200, abbiamo le seguenti possibilità di funzionamento.

1. Se si preme il pulsante "I" per un tempo inferiore a 500 ms si attivano le uscite OUT_0 e OUT_1; il duty-cycle del segnale PWM sull'uscita OUT_0 viene portato all'ultimo valore memorizzato. Ogni qual volta viene spenta l'uscita, l'ultimo valore impostato del duty-cycle viene salvato in RAM e non





in EEPROM, quindi se viene a mancare l'alimentazione si perde l'informazione relativa all'ultimo valore del duty-cycle impostato per l'uscita OUT_0.

2. Se invece si preme il pulsante "O" per un tempo inferiore a 500 ms, si spengono le uscite OUT_0 e OUT_1. Inoltre viene salvato il valore del duty-cycle attuale prima dello spegnimento.
3. Infine, se i pulsanti "I" e "O" vengono premuti per più di 500 ms, si ottiene la variazione del duty-cycle del segnale

PWM, quindi l'aumento o la diminuzione (a seconda di qual è il tasto premuto) della tensione di uscita e quindi la variazione della luminosità della lampada collegata all'alimentatore elettronico.

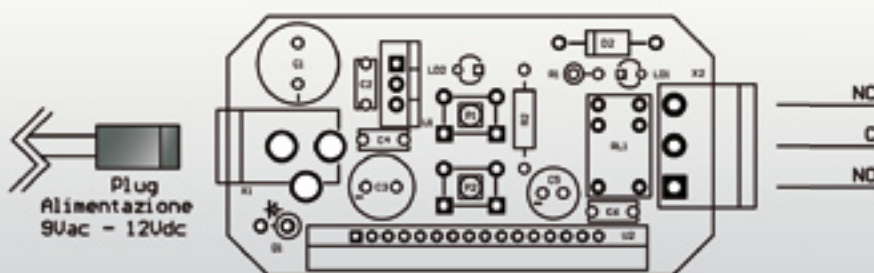
RICEVITORE C: MINI-RX MONOCANALE ON/OFF

L'ultima applicazione esaminata (vedere lo schema elettrico corrispondente) riguarda un ricevitore miniatura provvisto di un solo relé collegato direttamente

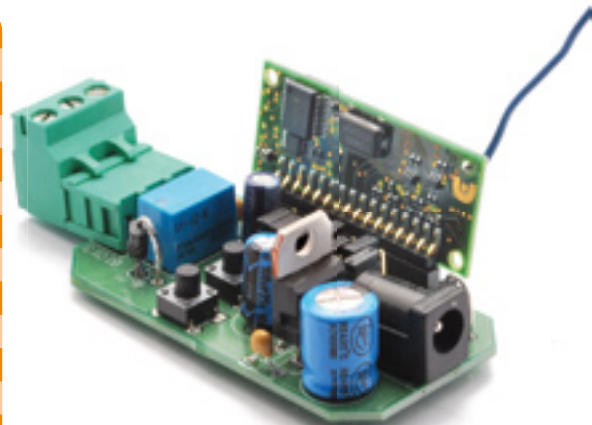
all'uscita OUT_0. Il modulo può essere abbinato ad un unico trasmettitore PTM200, di cui userà il solo canale "A" oppure il solo canale "B". Il circuito corrispondente impiega il solito RCM110 configurato per gestire una sola uscita: in particolare, l'uscita OUT_0, la quale viene collegata direttamente alla bobina del relé. RL1 è del tipo miniatura e può gestire carichi che assorbono una corrente massima di 1A e lavorano a una tensione di 125 Vca. Quindi il modulo nasce per commutare circuiti a bassa tensione; volendo lavorare su circuiti connessi alla rete si deve utilizzare un relé esterno di appoggio. Si osservi che in questa applicazione non è stato utilizzato il dip-switch, in quanto non è richiesto e non ha senso selezionare una configurazione di funzionamento; infatti usando una sola uscita è possibile una sola configurazione, che è quella corrispondente alla prima riga della Tabella 1. Non a caso, sul circuito stampato il pin CODE_0 è collegato a massa e CODE_1 e CODE_2 sono lasciati flottanti.

I due pulsanti, LRN e CLR, svolgono le funzioni già trattate nelle precedenti schede: il primo serve per portare in modalità di acquisizione il modulo RCM110, mentre il secondo serve per

SCHEMA DI COLLEGAMENTO RICEVITORE C



Il ricevitore a bassa tensione richiede un'alimentazione a 12 Vcc.



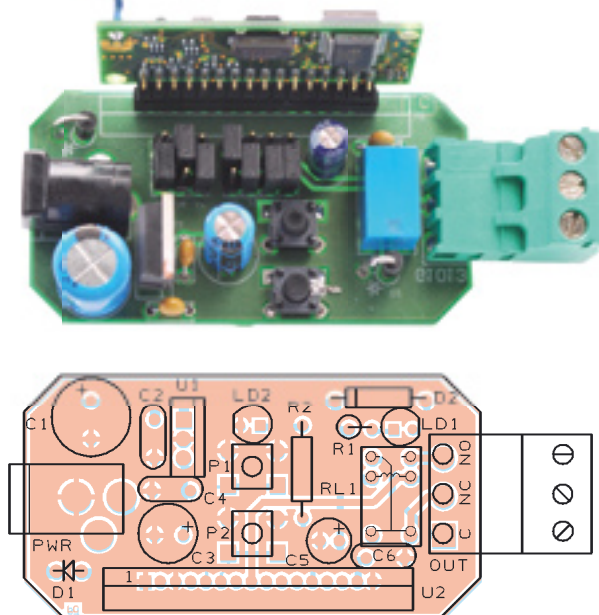
[piano di **MONTAGGIO** **RICEVITORE C]**

Elenco Componenti:

R1: 4,7 kohm
R2: 680 ohm
C1: 470 μ F 25 VL
elettrolitico
C2: 100 nF 50 VL
ceramico
C3: 100 μ F 25 VL
elettrolitico
C4: 100 nF 50 VL
ceramico
C5: 10 μ F 25 VL
elettrolitico
C6: 100 nF 50 VL
ceramico
D1: 1N4002
D2: 1N4002
U1: 7805
U2: RCM110
Ricevitore Enocean
P1: Microswitch
P2: Microswitch
LD1: led 3 mm rosso

LD2: led 3 mm rosso
RL1: Relé singolo
scambio 12V miniatura
Varie:

- Plug alimentazione
- Morsettiera
componibile 3 poli
- Circuito stampato



resettare la configurazione del modulo stesso. Oltre agli ingressi abbiamo previsto due led di diagnostica: LD2 si occupa di avvisare l'operatore che il modulo RCM110 è entrato in modalità di acquisizione; in questa modalità il modulo RCM110 acquisisce l'Id del modulo trasmettitore PTM200. Il led LD1 ha invece due funzioni: durante l'acquisizione del segnale del modulo trasmettitore lampeggerà con una cadenza di un secondo ON e un secondo OFF, mentre durante il normale funzionamento si accenderà quando il relé sarà eccitato. La tensione di alimentazione viene ricavata con il solito regolatore di tensione L78M05, al cui ingresso raccomandiamo

di applicare non più di 13 Vcc; questo perché la stessa linea che porta al regolatore va ad alimentare la bobina del relé utilizzato nell'applicazione. È quindi evidente che al plug di alimentazione va applicata una tensione continua fino a 13 V oppure una tensione alternata (il diodo D1 lo permette, in quando raddrizza a singola semionda) di 9 Veff.

REALIZZAZIONE PRATICA

Assemblare le schede proposte è molto semplice, a patto di seguire poche semplici regole, la prima delle quali è iniziare a montare tutti i componenti a basso profilo come le resistenze e i diodi (le resistenze da montare verticalmente vanno inserite più avanti);

ora disponete il dip-switch (serve solo se state montando i primi due RX...) i pulsanti e i condensatori da 100nF. Il passo successivo prevede le resistenze montate verticalmente e i condensatori elettrolitici, il ponte a diodi e il regolatore di tensione.

Montate il termofusibile e il varistore, le morsettiera e successivamente i relé. Infine, nei moduli in cui è richiesto, montate il trasformatore.

Il modulo ricevitore RCM110 andrà montato solo dopo essersi accertati che tutte le alimentazioni presenti sulla scheda in esame sono corrette.

Non rimane ora che acquisire il o i moduli trasmettitori PTM200 e iniziare a sfruttare la tecnologia Enocean nelle vostre applicazioni di tutti i giorni.

Con questo riteniamo conclusa la seguente puntata sui moduli Enocean. Nel prossimo numero tratteremo una applicazione più complessa dove un micro gestirà il modulo ricevitore RCM120 permettendo così di realizzare una applicazione più flessibile e a largo raggio.



per il **MATERIALE**

Tutti i componenti utilizzati in questi progetti sono di facile reperibilità. I master dei circuiti stampati possono essere scaricati gratuitamente dal sito della rivista. Il modulo ricevente utilizzato nei tre progetti (RCM110) costa 51,00 Euro mentre il trasmettitore autoalimentato PTM200 costa 58,00 Euro. I prezzi sono tutti comprensivi di IVA.

Il materiale va richiesto a:
Futura Elettronica, Via Adige 11,
21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 • Fax: 0331-792287
<http://www.futurashop.it>

Come interfacciare un modulo di conversione Ethernet con un modem GSM per realizzare un bridge tra questi due mondi trasformando, ad esempio, un SMS in un messaggio di posta elettronica.

BRIDGE GSM-ETHERNET

di SAVINO GIUSTO

Nelle varie puntate del Corso dedicate al modulo "Tibbo EM1000" abbiamo descritto dettagliatamente il funzionamento di questo componente realizzando con esso un primo esempio pratico che riassume le nozioni esposte: il telecontrollo tramite mail-server. Però negli esempi applicativi sviluppati nel corso di questi anni non abbiamo mai pensato ad un esempio pratico di come interfacciare il modulo EM1000 con altri dispositivi elettronici: ad esempio, realizzare uno di quei dispositivi chiamati Bridge, che servono a

trasferire dei dati da un sistema di comunicazione ad un altro. Questo articolo vuole sopperire proprio a tale carenza, evidenziando come sia semplice far interagire il prodotto Tibbo con il modem GSM GM862 della Telit. In queste pagine spiegheremo come realizzare un bridge SMS, termine con il quale si intende un dispositivo che fa da ponte tra il mondo GSM (nella fattispecie, il servizio SMS) ed il mondo ethernet; quindi qualcosa di più di un comune modem cellulare, che pure rappresenta un ponte tra la rete telefonica radiomobile e un compu-

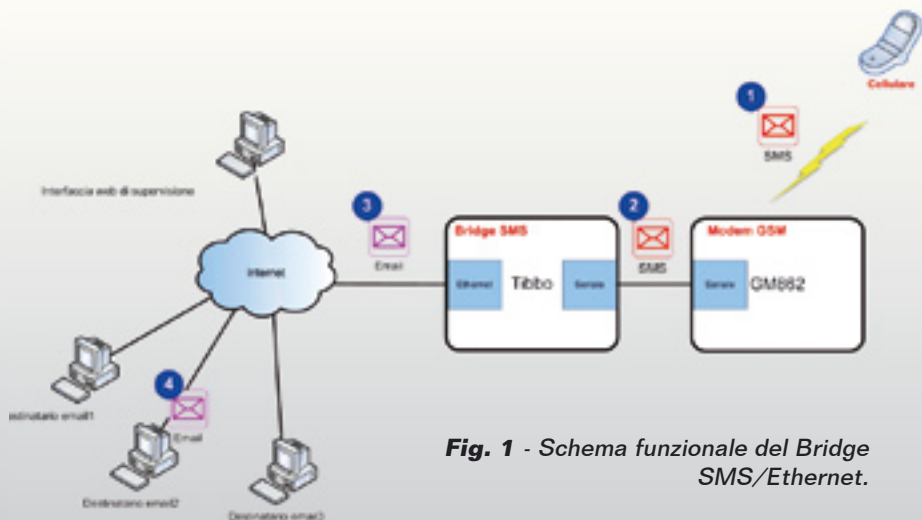


Fig. 1 - Schema funzionale del Bridge SMS/Ethernet.

ter. Nello specifico, il bridge qui descritto permetterà di "incapsulare" semplici SMS all'interno di e-mail, ovvero di ricevere SMS e trasformarli in dati inviati in rete locale e in Internet sotto forma di messaggi di posta elettronica: il bridge riceve un SMS ed in base al suo contenuto lo gira ad uno specifico indirizzo e-mail. Facciamo un esempio per chiarire il concetto e supponiamo che l'SMS ricevuto dal numero 3401234567 sia il seguente:

Ordine 1 pz del kit FT654, 2 pezzi del kit FT650, spedite tutto a pinco e pallino....

Il bridge lo elabora e lo invia (per esempio) a *ordine@dominio.it* nel seguente formato:

*oggetto: SMS da 34012345678
25/12/08 15.53
testo mail: Ordine 1 pz del kit FT654, 2 pezzi del kit FT650, spedite tutto a pinco e pallino....*

Per chiarire ulteriormente le idee supponiamo che il bridge riceva il seguente SMS:

Tabella 1

Parola	Indirizzo email
Ordine	ordine@dominio.it
Consulenza	consulenza@dominio.it
Prenotazione	prenotazione@dominio.it
web	web@dominio.it
	info@dominio.it

Consulenza Ciao a tutti sono Andrea e vorrei qualche informazione sul kit FT650.....

Il bridge lo elabora e lo invia a una casella di posta che è del tipo *supporto@dominio.it* nel seguente formato:

*oggetto: SMS da 34012345678
25/12/08 15.53
testo mail: Consulenza Ciao a tutti sono Andrea e vorrei qualche informazione sul kit FT650.....*

Come è evidente dagli esempi fatti, il bridge dovrà avere una pagina HTML che permetta di configurare una look-up-table per creare delle regole di invio basate sulla prima parola dell'SMS, come riassunto nella Tabella 1.

L'ultima riga della tabella riporta l'indirizzo email *info@dominio.it* al quale, come potete notare, non corrisponde alcuna parola chiave; tale indirizzo sarà utilizzato infatti solo nel caso l'SMS non contenga alcuna parola chiave. Potrebbe capitare che l'utente, inviando l'SMS, dimentichi di inserire la parola chiave o la scriva in modo errato: se non ci fosse un indirizzo di questo tipo, l'SMS non verrebbe inoltrato via e-mail. La Figura 1 riporta uno schema funzionale del bridge SMS, evidenziando la sequenza delle operazioni sulla base delle quali

avviene l'inoltro dell'email:

1. Invio dell'SMS.
2. Ricezione ed elaborazione da parte del bridge, il quale deve:
 - a. Intercettare l'evento "ricezione SMS" dal modem.
 - b. Leggerne il contenuto.
 - c. Leggerne il numero del mittente.
 - d. Estrarre la parola chiave.
3. Invio dell'e-mail, consultando la look-up-table.
4. Ricezione dell'e-mail da parte del destinatario dell'SMS.

SCHEMA ELETTRICO

Partiamo dall'alimentazione, dicendo che il circuito funziona con una tensione continua, anche non stabilizzata (applicata ai punti + e - PWR) di valore compreso tra 5 e 32 V, che viene filtrata a valle del diodo di protezione

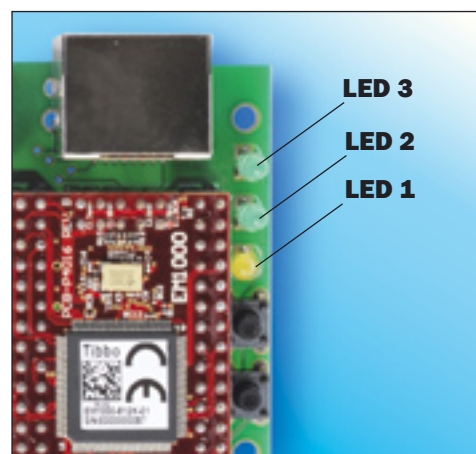
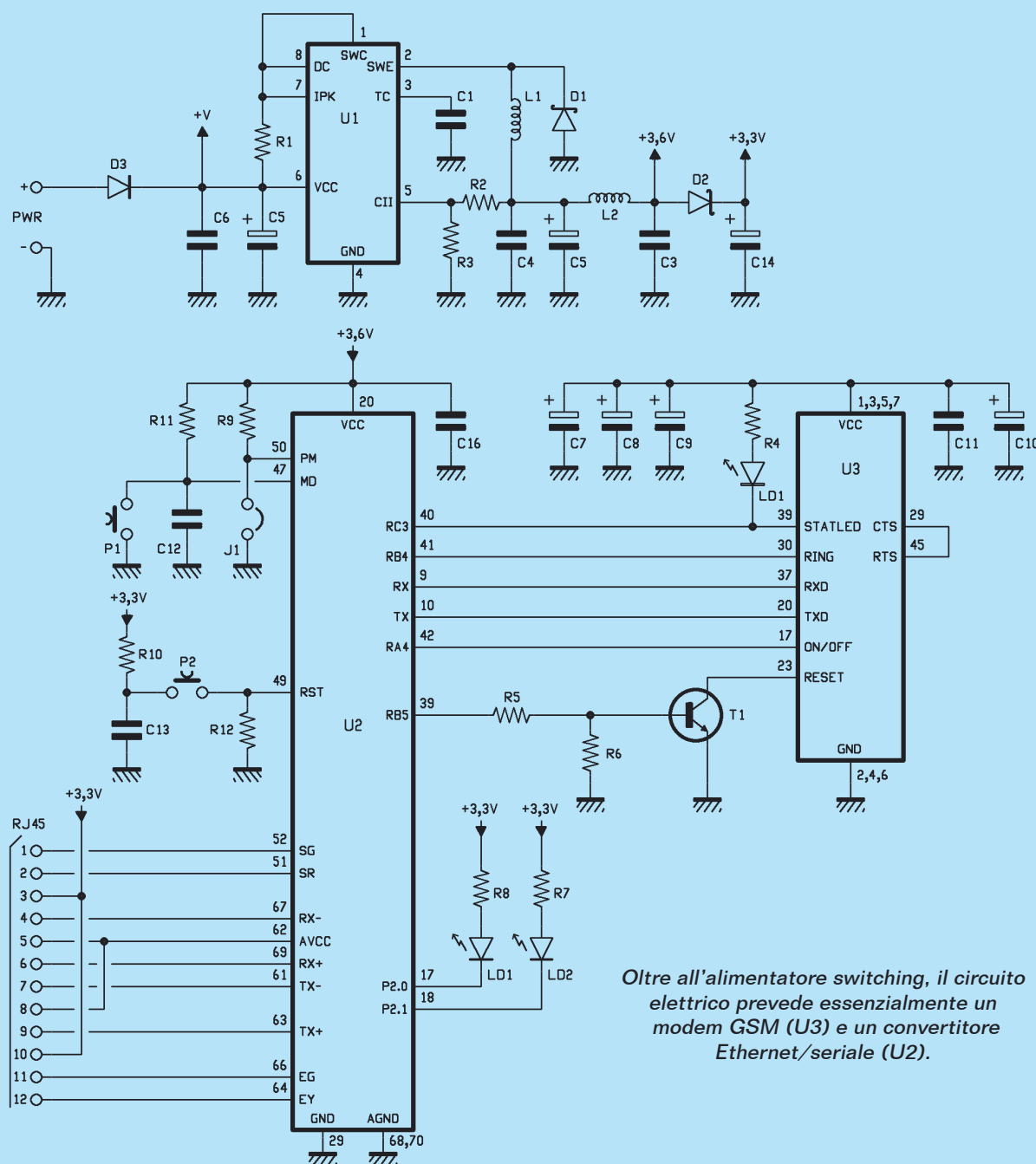


Fig. 2 - Disposizione dei led sulla scheda del prototipo da noi realizzato.

contro l'inversione di polarità (D1) mediante i condensatori C1 e C2; dalla differenza di potenziale ai capi di questi ultimi il regolatore switching U1 ricava 3,6 V stabilizzati, con i quali alimenta il modem. Il regolatore è uno switching step-down siglato MC34063, che incorpora un regolatore PWM, il cui transistor d'uscita carica l'induttanza L1



Oltre all'alimentatore switching, il circuito elettrico prevede essenzialmente un modem GSM (U3) e un convertitore Ethernet/seriale (U2).

con impulsi la cui larghezza dipende dalla tensione livellata da C4 e C5 e retrocessa dal partitore resistivo R2/R3; più la tensione scende per effetto del carico, più si allargano gli impulsi e viceversa. Il tasso di retroazione del partitore R2/R3 stabilisce la tensione d'uscita, che nel nostro caso è 3,6 V. In pratica il modulatore interno pilota la base di un transistor

NPN interno al chip, il cui emettitore eroga impulsi di corrente che attraversano L1 dirigendosi verso C4 e C5; nelle pause il transistor è interdetto e l'induttore tende a mantenere il flusso di corrente ma, essendosi aperto il circuito che l'alimentava fino all'istante precedente, restituisce l'energia immagazzinata forzando lo scorrimento di corrente nei

condensatori e attraverso il diodo Schottky D5. Quest'ultimo serve anche per proteggere il transistor interno all'integrato, che altrimenti verrebbe danneggiato dall'extratensione inversa generata dalla L1 nel momento dell'interdizione. Notate i numerosi condensatori di filtro posti sulla linea dei 3,6 volt: il loro scopo è sopprimere i disturbi e impedire



Due mondi non troppo lontani...

GSM ed Ethernet sono due mondi troppo importanti per ritenere che debbano restare nelle loro orbite: farli interagire può certamente essere vantaggioso in molte situazioni. Il sistema GSM è più in generale la telefonia cellulare (quindi anche il GPRS e l'UMTS, senza scordare il vecchio E-TACS) è quello che ha aperto la strada alla comunicazione e allo scambio di dati nelle zone prive di linee telefoniche e sugli autoveicoli; grazie al cellulare, sono nati sistemi di comunicazione e dispositivi come i modem GPRS e UMTS, i telecontrolli, i teleallarmi radiomobili e, importantissimi, i localizzatori satellitari che tanti beni e vite hanno messo al sicuro. Ethernet è invece lo standard di scambio dati in impianti cablati ed ora anche wireless, adottato dai computer: nato con il nome di IEEE 802 e basato sul protocollo di comunicazione TCP/IP, ha consentito inizialmente l'interconnessione tra elaboratori posti nello stesso luogo (tramite le LAN -Local Area Network- o Reti Locali che dir si voglia), successivamente la comunicazione fra Reti Locali di una stessa area geografica inserite in un'area telematica più grande (WAN, ossia Wide Area Network) e infine il dialogo fra computer di tutto il mondo cablati, tramite Internet, appoggiandosi in un primo momento alle linee telefoniche commutate (e modem telefonici) e in un secondo momento a speciali linee dedicate sempre connesse (tramite modem ISDD o DSL e router). Creare un ponte (un *bridge*, appunto) tra il sistema telefonico cellulare e la Ethernet può permettere di trasferire informazioni che viaggiano via telefono a un computer o a Internet e viceversa, facendo qualcosa più di ciò che farebbe un modem GMS, che pure interconnette due sistemi: un generico bridge converte dati dal formato dei messaggi di testo a quello delle e-mail e viceversa.

cali della tensione di alimentazione che si verificherebbero, causa il forte assorbimento di corrente, ad ogni entrata in trasmissione del modulo Telit.

Il modulo Tibbo deve essere invece alimentato con una tensione pari a 3,3 V; per questo motivo nel circuito è stato inserito un diodo Schottky in serie alla linea dei 3.6V, scopo del quale è determinare una caduta di tensione pari a 0,3 V.

Lo schema elettrico mostra chiaramente il circuito di alimentazione appena descritto e la circuiteria necessaria ad implementare le funzioni dell'intero sistema. Per consentire la comunicazione tra il modem e Tibbo sono state collegate le linee 9 e 10 (porta seriale 0 di Tibbo) con le linee 37 e 20 (porta seriale GM862) rispettivamente. I livelli elettrici di entrambi i dispositivi sono compatibili tra loro e quindi non è stato necessario inserire alcun adattatore di livello.

Le restanti connessioni sono quelle descritte nei precedenti articoli sull'argomento; in particolare l'RJ1000 va utilizzato per la connessione Ethernet del modulo EM1000.

La Figura 2 riporta un'immagine del prototipo con l'indicazione degli elementi fondamentali presenti sulla scheda. Come si nota, gli elementi fondamentali che costituiscono la scheda sono il modulo EM1000 e il modem

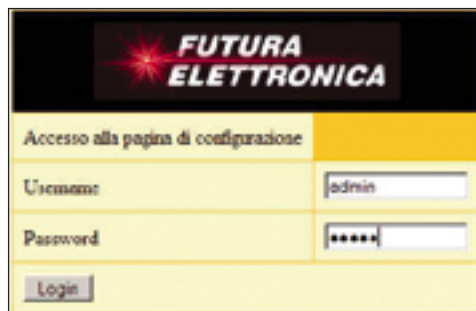


Fig. 4 - Login per accedere all'interfaccia web.

Fig. 5 - Interfaccia per il management remoto del modulo.

GM862. Sulla parte sinistra del modem possiamo notare il connettore per il collegamento dell'antenna esterna; la scheda realizzata prevede comunque la possibilità di utilizzare un'antenna integrata direttamente sul PCB. Completano la scheda il connettore RJ45 per la connessione LAN ed il connettore plug di alimentazione a 9 Vcc.

IL FIRMWARE

Il programma di gestione del modulo EM1000 è suddiviso in più parti, che analizziamo una alla volta partendo dalla porzione riguardante l'inizializzazione e l'interfaccia web. La Figura 3 riporta il diagramma di flusso che riassume il funzionamento dell'applicazione realizzata. Gran parte del codice utilizzato dal mail-server è stato la base per implementare il bridge SMS ed in particolare la gestione dell'interfaccia Web, la memorizzazione dei dati permanenti in flash e la gestione e l'invio di e-mail. Per

realizzare il firmware del bridge è stata introdotta la porzione di codice che serve per la gestione e la comunicazione tra Tibbo e modem attraverso la porta seriale.

Come al solito l'inizializzazione del modulo viene effettuata all'interno della routine *on_sys_init*. Il relativo codice è riportato nel Listato 1. La maggior parte delle istruzioni è già stata esaminata nei precedenti articoli (inizializzazione oggetto *net*, configurazione oggetto *sock* come web server, inizializzazione parametri SMTP). Le istruzioni

che rappresentano una novità sono, invece, quelle relative all'accensione e configurazione del modem, contenute nelle funzioni *GM862_On* e *GM862_Init*.

Per accendere il modem è necessario portare al valore logico '0' (per almeno 1 secondo) la linea ON/OFF che corrisponde al pin 17. La linea di Tibbo utilizzata per questo scopo è indicata con *PL_IO_NUM_33*, mentre per la misura della durata dell'impulso è stata definita la funzione, *delay(second_wait as byte)*, a cui è sufficiente passare come input il valore del tempo di attesa (espresso in multipli di 0,5 secondi). Il Listato 2 riporta il codice della funzione *GM862_On()*, mentre il LED 1 della scheda si accenderà per confermare lo stato del modem. L'inizializzazione del modem, tramite la funzione *GM862_Init* riportata nel Listato 3, serve per predisporlo alla ricezione degli SMS. In particolare, il comando *AT+CMGF=1* inviato tramite seriale da Tibbo serve ad

indicare al modem di trattare gli SMS nel formato Text, anziché nel formato PDU (quest'ultimo è un formato codificato degli SMS, usato per l'inoltro). Invece, il comando *AT+CNMI=1,1,0,0,0* imposta il comportamento del modem quando riceve un SMS; in questo modo non sarà necessario che Tibbo interroghi ciclicamente il modem per sapere se è presente un nuovo SMS, sarà infatti quest'ultimo a segnalarne la presenza, indicando anche la relativa posizione. I dati inviati sulla seriale da GM862 a EM1000 saranno in un formato simile al seguente:

+CMTI: "SM",7

In tal modo il modem sta segnalando che è stato ricevuto un

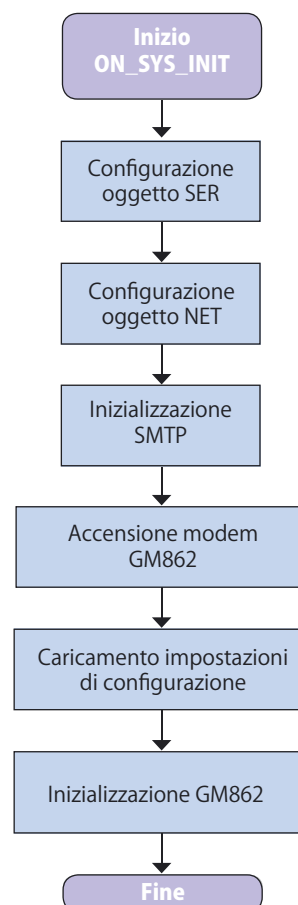
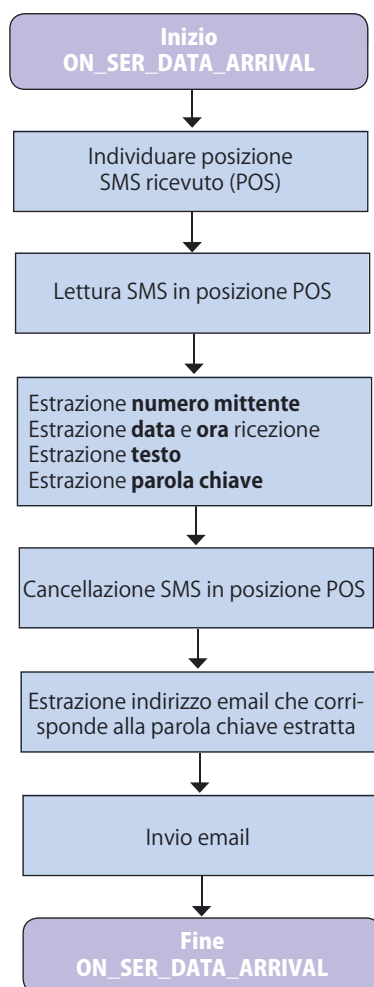
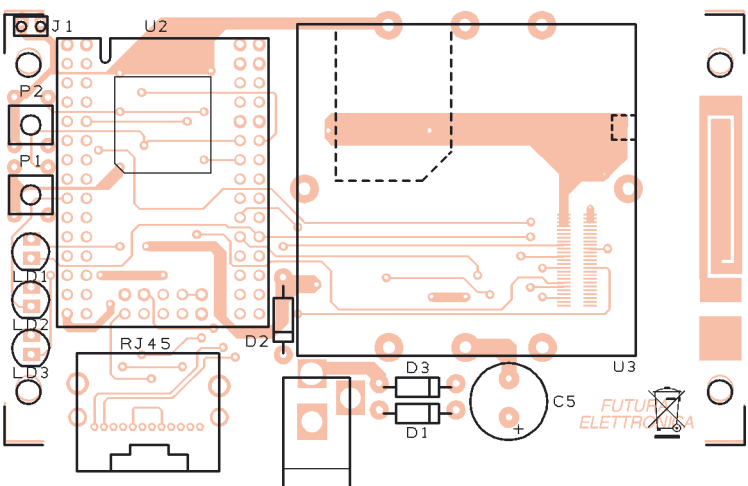
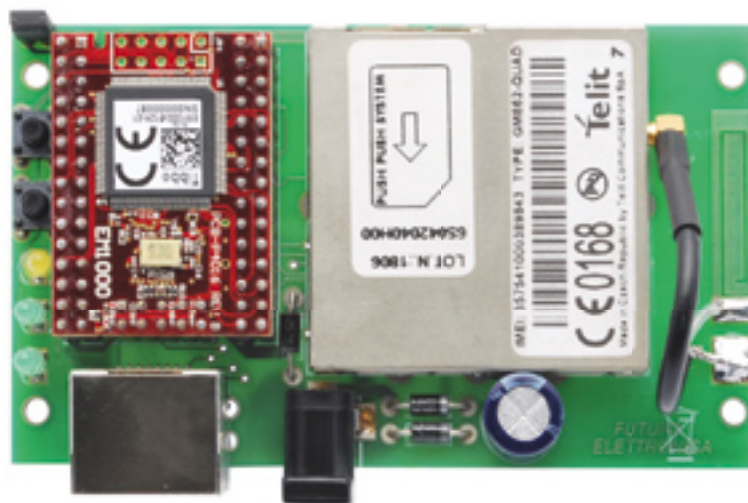


Diagramma di flusso della parte di firmware che si occupa dell'inizializzazione del sistema, ovvero del modulo Telit e del Tibbo.

SMS e che lo stesso è stato memorizzato in posizione 7. L'accesso all'interfaccia web è protetto da username e password che di default sono *admin* e *admin*, come mostrato nella Figura 4. Nella Figura 5 è mostrata l'interfaccia web di gestione del modulo, a cui si accede dopo aver effettuato il login. Come si può notare essa è molto simile a quella del mail server, eccetto che per la prima parte in cui l'utente dovrà configurare le corrispondenze *parola chiave/indirizzo email*; tale look-up-table servirà al modulo di controllo per decidere a quale indirizzo email inviare il testo dell'SMS



Ricezione dati da parte del GM862.



ricevuto. Si possono assegnare fino a 5 corrispondenze tra parola chiave ed indirizzo email. Inoltre, sarà possibile specificare un indirizzo email di default, che sarà utilizzato da Tibbo qualora l'utente non abbia specificato alcuna parola chiave nell'SMS oppure questa risulti errata. Dopo aver selezionato tutte le opzioni sarà sufficiente premere il tasto *Salva* per trasferire queste informazioni nel modulo. Per la memorizzazione delle parole chiave è stato utilizzato l'array di stringhe *parola(i)*, mentre per i corrispondenti indirizzi l'array *ind_email(i)*. È importante ricordare che l'inserimento di questi dati è

propedeutico all'invio degli SMS al bridge, altrimenti Tibbo non sarà in grado di decidere l'invio degli SMS.

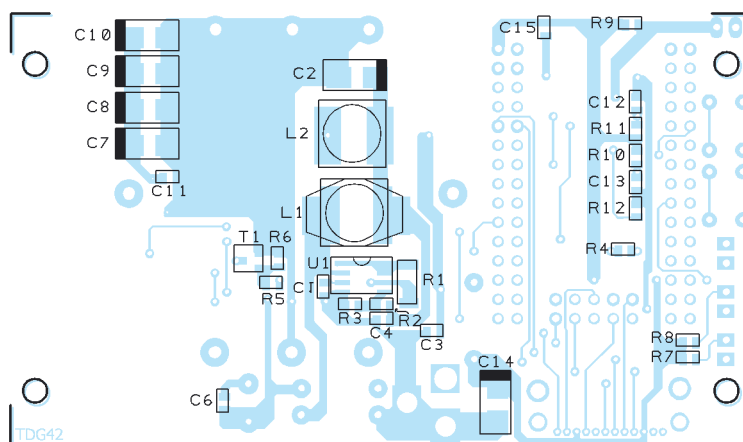
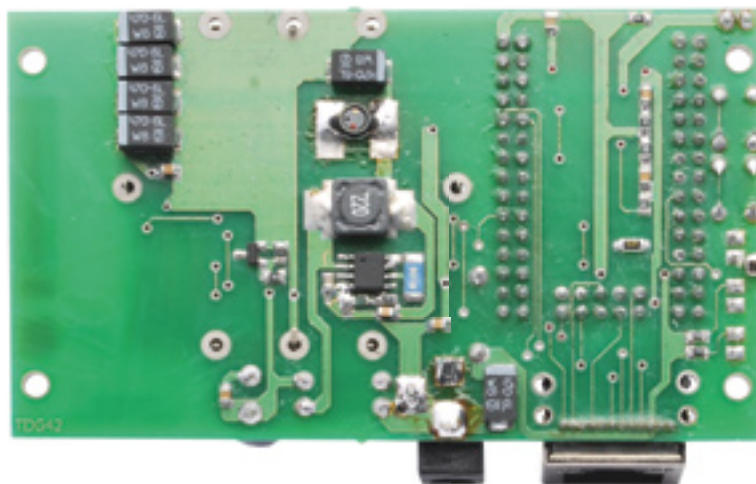
Infine, la routine di *on_sys_init* contiene anche l'inizializzazione dell'interfaccia seriale di Tibbo. La velocità di comunicazione è stata impostata a 9600 baud, poiché questo è il bit-rate impostato come predefinito anche nel modem.

INTERPRETAZIONE SMS ED INVIO EMAIL

Il cuore di tutto il firmware è contenuto proprio nell'evento *on_ser_data_arrival*, richiamato quando il modulo Tibbo riceve dei caratteri sulla sua porta seriale.

Elenco Componenti:

R1: 0,1 ohm 1W (1206)	poliestere (0805)
R2: 2,2 kohm (0805)	C13: 100 nF 6,3 VL
R3: 1,2 kohm (0805)	poliestere (0805)
R4: 470 ohm (0805)	C14: 470 μ F 6,3 VL
R5: 4,7 kohm (0805)	tantalio (CASE-D)
R6: 10 kohm (0805)	C15: 100 nF multistrato
R7, R8: 220 ohm (0805)	(0805)
R9, R11: 10 kohm	U1: MC34063AD
(0805)	U2: TIBBO EM1000
R10: 1 kohm (0805)	U3: Modulo GSM
C1: 100 pF ceramico	GM862
(0805)	D1: 1N5819
C2: 220 μ F 16 VL	D2: 1N5817
tantalio (CASE-D)	D3: 1N4007
C3: 100 nF ceramico	T1: BC817
(0805)	LD1: led 3 mm verde
C4: 100 nF multistrato	LD2: led 3 mm giallo
(0805)	LD3: led 3 mm rosso
C6: 100 nF multistrato	L1: Bobina 20 μ H
(0805)	L2: Bobina 1 μ H
C11: 100 nF multistrato	P1, P2: Microswitch
(0805)	RJ45: Connettore RJ1202
C5: 470 μ F 36 VL	
elettrolitico	Varie:
C7: 470 μ F 6,3 VL	- Plug alimentazione
tantalio (CASE-D)	- Strip maschio 2 pin
C8: 470 μ F 6,3 VL	- Jumper
tantalio (CASE-D)	- Connettore per
C9: 470 μ F 6,3 VL	modulo GSM
tantalio (CASE-D)	- Strip femmina 15 poli
C10: 470 μ F 6,3 VL	(4 pz.)
tantalio (CASE-D)	- Strip poli 5 poli (2 pz.)
C12: 100 nF 6,3 VL	- Circuito stampato



Come descritto in precedenza, il modem è stato configurato (routine *GM862_Init*) in modo tale da segnalare la ricezione di un SMS tramite la porta seriale di cui dispone; quindi, non appena un SMS è ricevuto, scatta la routine riportata nel Listato 4. La prima operazione eseguita è quella di inserire nella variabile buffer (riga 11) quanto ricevuto dal GM862, avendo atteso precedentemente 1 secondo (questo tempo serve per essere sicuri di aver ricevuto tutto il messaggio e non soltanto una parte di esso). La segnalazione avviene tramite il messaggio:

+CMTI: "SM",7

L'informazione utile dell'intera stringa ricevuta è l'ultimo numero (nell'esempio 7) che indica la posizione in cui è stato ricevuto l'SMS. La riga 41 permette di capire che si tratta di un messaggio di notifica SMS, quindi il processore spegne il LED 2, esegue l'estrazione dell'indice dell'SMS (riga 48) e lo memorizza nella variabile *SMS_index_str*. In questo progetto è essenziale che il modulo EM1000 sia in grado di effettuare delle ricerche ed estrazioni delle stringhe provenienti dal modem. Ancora una volta facciamo notare come grazie all'ambiente *Tide* sia semplice ed intuitivo realizzare queste funzioni. Le istruzioni utilizzate

sono fondamentalmente due:

1. *instr*, che serve per conoscere la posizione di una sottostringa (se esiste) all'interno di una stringa
 2. *mid*, che serve per estrarre una sottostringa da una stringa.
- Per chiarire il concetto mostriamo come estrarre la posizione dell'SMS ricevuto dalla stringa di notifica inviata dal modem (cioè, +CMTI: "SM",7 che supponiamo sia memorizzata all'interno della variabile buffer):

• *pos = instr(1,buffer,"...+CMTI: ",1)*

Con la suddetta istruzione stiamo chiedendo che sia ricercata la sottostringa +CMTI: all'interno

Listato 1 - CONFIGURAZIONE INIZIALE

```
sub on_sys_init
leggi_SMS = false
GM862_On()
carica_dati()
SMTPInit()

sock.num=1
sock.rxbufrrq(4)
sock.txbufrrq(4)
sock.varbufrrq(4)

ser.num=0
ser.rxbufrrq(4)
ser.txbufrrq(4)

sys.buffalloc

sock.num=1

sock.protocol=PL_SOCKET_PROTOCOL_TCP
sock.httpmode=YES
sock.inconmode=PL_SOCKET_INCONMODE_ANY_IP_ANY_PORT
sock.httpportlist="80"

ser.num=0
ser.flowcontrol= DISABLED

ser.baudrate=ser.div9600

ser.enabled=YES

delay(12)
io.num = PL_IO_NUM_16_INT0
io.enabled = YES
io.state = LOW

GM862_Init()

io.num = PL_IO_NUM_16_INT0
io.enabled = YES
io.state = HIGH
delay(2)
io.num = PL_IO_NUM_16_INT0
io.enabled = YES
io.state = LOW

pat.play("B-B-B-----",YES)
end sub
```

della stringa +CMTI: "SM",7 e che ne venga restituita (nella variabile pos) la relativa posizione. Il risultato, nella fattispecie, sarà 4. Questo significa che l'indice dell'SMS si troverà dopo 12 cifre a partire dalla quarta posizione. Chiediamo quindi di estrarre la sottostringa che inizia da 4+12=16 e che è formata da un solo carattere:

- `SMS_index_str = mid(buffer,pos+12,1)`

Nota la posizione dell'SMS, non resta che effettuare la lettura del

messaggio tramite il comando:

`AT+CMGR= <SMS_index_str>`

Poi bisogna impostare la variabile `leggi_SMS = true` ed uscire dalla routine `on_ser_data_arrival`. La risposta del modem a questo comando sarà nel formato di Figura 6; ciò provocherà una nuova chiamata dell'evento `on_ser_data_arrival`. Questa volta però sarà eseguita la porzione di codice dalla riga 12 alla riga 40 perché la variabile `leggi_SMS` è `true`. Per l'estrazione di tutti i parametri necessari (evidenziati nella Figura 6) è necessario avere un riferimento (marker) all'interno delle stringa ricevuta: in questo caso è stata scelta la parola READ. A partire da questo, con un opportuno offset, è possibile estrarre nell'ordine:

1. Cellulare mittente (variabile `num_tel_mitt`).
2. Ora e data di ricezione (variabile `data_ora`).
3. Parola chiave (variabile `para-`

Listato 2 - ACCENSIONE DEL MODEM

```
public sub GM862_On
io.num = PL_IO_NUM_33
io.enabled = YES
io.state = LOW

io.num= PL_IO_NUM_34
io.enabled = YES
io.state = HIGH
delay(3)
io.state = LOW
delay(2)
io.state = HIGH

end sub
```

Listato 3 - INIZIALIZZAZIONE GM862

```
public sub GM862_Init
ser.setdata("AT+CNMI=1,1,0,0,0")
ser.setdata(chr(13))
ser.send

delay(3)

ser.setdata("AT+CMGF=1")
ser.setdata(chr(13))
ser.send

delay(3)

end sub
```

la_chiave).

4. Testo SMS (variabile *testo*).

A questo punto non resta che fare una ricerca della parola chiave individuata tra quelle contenute nell'array di stringhe *parola(i)* definito durante l'immissione dei dati nell'interfaccia web (righe 31÷35). Se ad esempio *parola_chiave* risulta a uguale *parola(2)*, allora l'indirizzo email del destinatario sarà *ind_email(2)*. Tutti i dati che serviranno sono stati recuperati, ora l'invio dell'email può essere eseguito. Come al solito saranno utilizzate le due funzioni:

1. `SetAccounts(user,pass,mitt,ind_email_to_send)`
2. `SMTPConnect(IP_Provider, Porta_provider)`

Il termine della procedura di inoltro sarà segnalato dall'accensione del LED 2. Prima di utilizzare la scheda è necessario programmare il modulo EM1000 in quanto esso

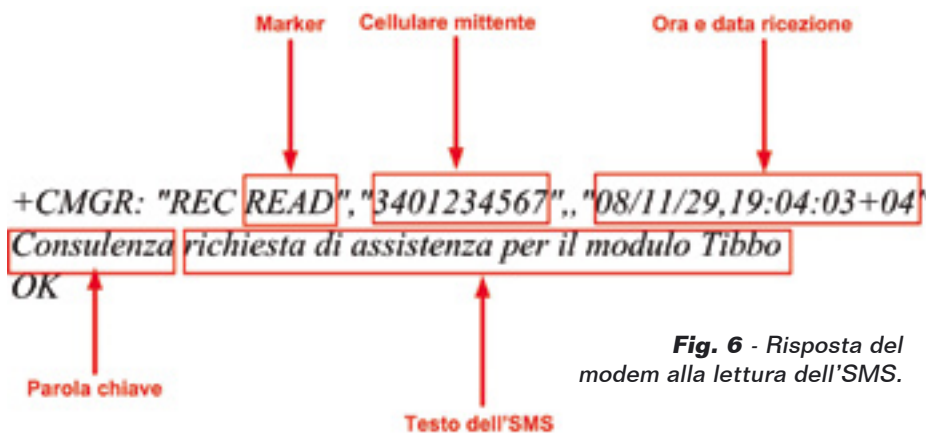


Fig. 6 - Risposta del modem alla lettura dell'SMS.

viene fornito con precaricato il solo boot loader (codice che consente di effettuare il download del programma); per fare ciò dovreste seguire la procedura completa (riportata tra poche righe) sapendo che i parametri di rete predefiniti sono:

- indirizzo IP 192.168.0.95
- subnet mask 255.255.255.0
- gateway 192.168.0.1.

Se essi sono compatibili con la vostra rete, potete programmare e configurare la scheda direttamente dal browser, accedendo ad essa digitando nella casella degli indirizzi IP quello della scheda. Se così non fosse, l'unica alternativa è riconfigurare la rete con la suddetta subnet e modificare l'indirizzo IP di Tibbo dall'interfaccia web. La sequenza è la

seguente:

1. Aprire il file del progetto, scaricabile gratuitamente dal sito, con l'ambiente di sviluppo TIDE
2. Visualizzare nell'editor di testi il file *main.tbs*
3. Ricompilare l'intero progetto premendo il tasto *Build*.
4. Alimentare la scheda con una tensione di ingresso pari a 12Vdc
5. Collegare un cavo di rete Ethernet tra il modulo ed uno switch che a sua volta sia collegato al router che effettua la connessione Internet. A questo punto i led Ethernet arancione e verde del modulo RJ1000 si accenderanno, a conferma del fatto che l'interfaccia è stata correttamente riconosciuta.
6. Selezionare Project > Settings e fare clic sul tasto *Select*, assicu-

randosi che il modulo EM1000 sia stato correttamente riconosciuto. Premere il tasto *OK*.

7. Fare clic sul tasto *Build and Upload* per trasferire il codice compilato all'interno del modulo.
8. Accertarsi di aver inserito una SIM card all'interno del modem e che questa non richieda l'inserimento del codice PIN. Accertarsi, inoltre, che sulla SIM non siano presenti SMS precedentemente memorizzati.
9. Fare clic sul tasto *Run*.
10. Attendere qualche secondo per l'accensione del LED 1: questo indica la corretta alimentazione del modem.
11. Successivamente, all'accensione del LED 1, attendere l'accensione del LED 2: questo segnala la corretta inizializzazione del modem.
12. A questo punto l'applicazione è già in esecuzione sulla scheda. Aprire il browser e digitare nella barra degli indirizzi: <http://192.168.0.95> (nell'ipotesi di aver scelto questo come indirizzo IP del modulo). Sarà visualizzata la schermata mostrata nella Figura 4. Digitare *admin* come username e *admin* come password. Premere *Invio*. Sarà mostrata

RM ELETTRONICA

Forniture per hobbisti, scuole e industria

Distributore autorizzato:

FUTURA
ELETTRONICA

ELSE
Kit

ELETTRONICA

Via Val Sillaro 38 • 00141 Roma • Tel: 06-8104753

Il tuo punto
di riferimento
per l'elettronica
a ROMA

Listato 4 - GESTIONE SMS RICEVUTO E INVIO E-MAIL

```

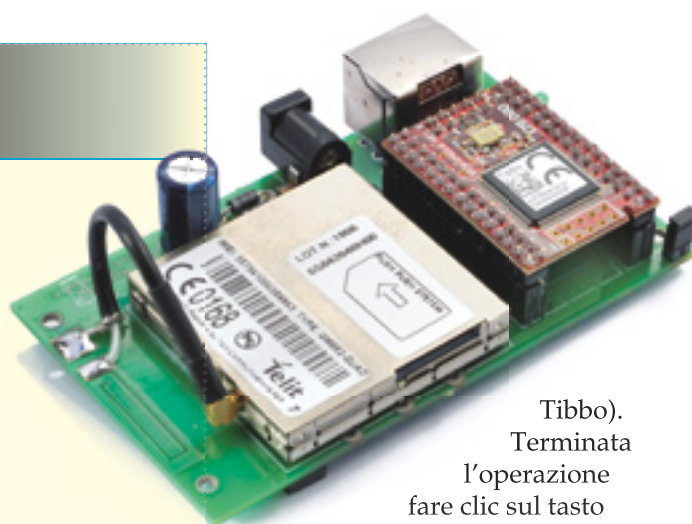
1.  sub on_ser_data_arrival
2.    dim buffer as string
3.    dim SMS_index as word
4.    dim pos as byte
5.    dim pos2 as byte
6.    dim pos3 as byte
7.    dim pos4 as byte
8.    dim i as byte
9.
10.   delay(2)
11.   buffer = ser.getdata(sock.txfree)
12.   if (leggi_SMS = true) then
13.     pos = instr(1,buffer,"READ",1)
14.     ' Estrazione cellulare mittente
15.     num_tel_mitt = mid(buffer,pos + 7,11)
16.     ' Estrazione data e ora della ricezione
17.     data_ora = mid(buffer,pos + 22,20)
18.     pos2 = instr(pos,buffer,chr(13),1)
19.     pos3 = instr(pos,buffer,chr(13),2)
20.     ' Estrazione testo SMS
21.     testo = mid(buffer,pos2,pos3-pos2)
22.     pos4 = instr(1,testo," ",1)
23.     ' Estrazione parola chiave
24.     parola_chiave = mid(testo,3,pos4-3)
25.     ' Cancello SMS appena ricevuto
26.     ser.setdata("AT+CMGD=" + SMS_index_str)
27.     ser.setdata(chr(13))
28.     ser.send
29.     delay(3)
30.     ' Cerco nella look-up table l'indirizzo che
31.     ' corrisponde alla parola chiave estratta
32.     for i = 0 to 9
33.       if (parola_chiave = parola(i)) then
34.         ind_email_to_send = ind_email(i)
35.       end if
36.     next i
37.     ' Invia l'email a destinatario estratto dalla look-up-table
38.     SetAccounts(user,pass,mitt,ind_email_to_send)
39.     SMTPConnect(IP_Provider, Porta_provider)
40.     leggi_SMS = false
41.   end if
42.   pos = instr(1,buffer,"+CMTI: ",1)
43.   if (pos <> 0) then
44.     ' Ricevuto un SMS
45.     io.num = PL_IO_NUM_16_INT0
46.     io.enabled = YES
47.     io.state = HIGH
48.     ' Estrazione della posizione dell'SMS appena ricevuto
49.     SMS_index_str = mid(buffer,pos+12,1)
50.     ' Lettura dell'SMS
51.     ser.setdata("AT+CMGR=" + SMS_index_str)
52.     ser.setdata(chr(13))
53.     ser.send
54.     delay(3)
55.     leggi_SMS = true
56.   else
57.     ' sock.setdata(ser.getdata(sock.txfree))
58.     ' sock.setdata(buffer)
59.     ' sock.send
60.   end if
61. end sub

```

la schermata di configurazione riportata in Figura 5.

13. Come prima operazione è necessario configurare per ciascuna parola chiave un in-

dirizzo email a cui sarà girato l'SMS. Inserire i parametri necessari per l'inoltro delle email (come già descritto nelle precedenti puntate del corso su

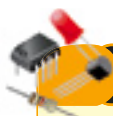


Tibbo).
Terminata
l'operazione
fare clic sul tasto
Salva per memorizzare
questa impostazione.

14. Inviare un SMS con il seguente testo (ad esempio) al numero di cellulare della SIM contenuta nel bridge SMS:

Ordine 1 pz del kit FT654, 2 pezzi del kit FT650, spedite tutto a pinco e pallino

15. La notifica dell'SMS sarà data dallo spegnimento del LED 2, mentre la notifica dell'invio tramite e-mail avverrà mediante la riaccensione dello stesso led.



per il MATERIALE

Tutti i componenti utilizzati in questo progetto sono di facile reperibilità. Il master del circuito stampato può essere scaricato dal sito della rivista così come il firmware utilizzato per programmare il modulo Tibbo. Quest'ultimo (EM1000-512) costa 62,00 Euro mentre il connettore Ethernet RJ1202 costa 11,50 Euro. Il modulo GSM Telit utilizzato nel progetto (cod. 8170-GM862-GPRS) costa 120,00 Euro. Tutti i prezzi includono l'IVA.

Il materiale va richiesto a:
Futura Elettronica, Via Adige 11,
21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 • Fax: 0331-792287
<http://www.futurashop.it>



CORSO ZigBee[®]

in collaborazione con
AUREL
di FRANCESCO FICILI

Dopo aver descritto hardware e software di installazione del kit di sviluppo ZigBee Aurel, è giunto il momento di scendere nei dettagli della programmazione. Terza puntata.

Nelle precedenti puntate è stato introdotto il protocollo ZigBee e si è avuto modo di valutare il sistema di sviluppo ZigBee dell'Aurel. Sono stati esaminati in dettaglio le caratteristiche dello standard e i componenti del kit proposto dall'Aurel per la sperimentazione con i moduli XTR-ZB1. È stato inoltre presentato il software demo che permette la gestione ad alto livello di una PAN ZigBee attraverso un'intuitiva interfaccia grafica realizzata in Visual Basic 6. In questa terza puntata del corso analizzeremo in

dettaglio il componente OCX fornito dall'Aurel, che permette di realizzare interfacce di gestione della rete; inizieremo, inoltre, la scrittura di un nostro software di interfacciamento e controllo della rete.

IL COMPONENTE OCX DI AUREL

OCX è l'acronimo di OLE Control eXtension. I controlli OCX sono utilizzati in linguaggi come ad esempio il Visual Basic o il Visual C++ per aggiungere funzionalità ad un programma che si

Tabella 1.a - Proprietà del componente OCX

Proprietà	Descrizione
Public Property Get OCXVersion()	Ritorna una stringa contenente la versione dell'OCX installato.
Public Property Get Commport()	Ritorna un integer contenente la Virtual COM Port utilizzata.
Public Property Let Commport (COMPort byVal as Integer)	Setta la porta COM che si intende utilizzare ed inizializza la seriale con i relativi buffer e timer utilizzati dall'OCX per la gestione della stessa. In particolare, l'OCX utilizza un buffer all'interno del quale vengono memorizzate le stringhe ricevute via seriale dal Coordinator ed un timer a 50ms che verifica la presenza di stringhe nel buffer di ricezione.

Tabella 1.b - Eventi del componente OCX

Eventi	Descrizione
Public Event StringReceived (ByVal RecString as String)	Evento generato quando l'OCX rileva la presenza di una stringa nel buffer di ricezione. L'evento restituisce la stringa così come ricevuta sulla seriale.
Public Event StringSent (ByVal SentString as String)	Evento generato quando l'OCX invia via seriale una stringa. L'evento ritorna la stringa inviata.
Public Event DataReceived (ByVal ShortAddr as String, Data as String)	Evento generato quando viene rilevata la presenza di una stringa inviata da un dispositivo remoto. L'evento ritorna l'indirizzo short del dispositivo remoto (ShortAddr) e i dati utili (Data).
Public Event ErrorDetected (ErrorCode as Integer)	Evento generato quando viene rilevato un errore sulla seriale. Viene restituito il codice di errore corrispondente.

Tabella 1.c - Funzioni del componente OCX

Funzioni	Descrizione
Public Sub StartNet ()	Funzione che invia su seriale il comando CMD:04; (Start Net).
Public Sub StartOPERATIONS ()	Funzione che inizializza la porta seriale, i buffer ed i timer utilizzati dall'OCX. Deve essere utilizzata nell'applicativo durante la fase di inizializzazione della rete, subito dopo aver effettuato i settaggi della porta seriale.
Public Sub StopOPERATIONS ()	Funzione che disabilita il timer utilizzato dall'OCX per la gestione della seriale.
Public Sub LockNet ()	Funzione che invia su seriale il comando CMD:0A:00;
Public Sub UnlockNet ()	Funzione che invia su seriale il comando CMD:0A:FF;
Public Sub PanInfo ()	Funzione che invia su seriale il comando CMD:0D;
Public Sub SendData (ByVal ShortAddr as String, By Val Dati as String)	Funzione che invia su seriale il comando SNT: shortaddr:#dati:Dati; dove #dati è la lunghezza della stringa "Dati" inserita come parametro. Viene eseguito un controllo sui parametri inseriti: se ShortAddr e/o Dati sono stringhe vuote la funzione non fa nulla.
Public Sub AddItem (ByVal MACAddr as String)	Funzione che invia su seriale il comando CMD:03: MACAddr; dove "MACAddr" rappresenta l'indirizzo MAC del dispositivo che si intende possa far parte della rete.
Public Sub SetRfCH (ByVal RfCH as Integer)	Funzione che invia su seriale il comando CMD:07:RfChannel; dove RfChannel è la conversione in esadecimale del parametro RfCH che rappresenta il nuovo canale nella quale verrà instaurata la rete. Il parametro RfCH può assumere i valori da 11 a 26. Se viene inviato 0 come parametro viene eseguito un nuovo scan su tutti i canali. La funzione esegue un controllo sul parametro RfCH inserito: se è minore di 11 o maggiore di 26 e diverso da zero la funzione non fa nulla.

sta sviluppando. Di fatto si tratta di una collezione di funzioni di libreria, eventi e metodi, che possono essere importati ed utilizzati in

un'applicazione ospite. Il componente OCX di Aurel fornisce appunto una serie di funzioni che permettono la gestione dei moduli XTR-ZB1 (come ad esempio l'inizializzazione della porta seriale dei buffer e dei timer, la ricezione e l'invio di stringhe di dati, ecc.) senza dover passare attraverso i comandi di interfaccia dei moduli stessi. L'uso di questo componente costituisce per lo sviluppatore un ulteriore livello di astrazione (e di semplificazioni) nella scrittura di interfacce di gestione della rete. In tabella 1.a, 1.b ed 1.c sono riassunte rispettivamente le proprietà e gli eventi ed alcune tra le funzioni più significative del componente. Tramite questo ricco assortimento di funzioni, proprietà ed eventi è possibile creare un completo programma di gestione della rete wireless generata con i dispositivi Aurel. Il componente OCX contiene diverse altre funzioni che non sono state, per semplicità, riportate. Per chi desiderasse una guida più esaustiva è possibile scaricare il manuale del componente direttamente dal sito della Aurel (www.aurel.it).

CREAZIONE DI UN SOFTWARE DI GESTIONE PER RETI AUREL

Vediamo adesso come sfruttare il componente OCX per scrivere un nostro software di gestione per reti ZigBee Aurel. Per la scrittura del software di gestione abbiamo scelto Visual Basic 6 e il relativo ambiente di sviluppo, Visual Studio.

La prima cosa da fare è quindi creare un nuovo progetto in questo ambiente. Una volta aperto e salvato il workspace, bisogna, prima di tutto, inserire nel nuovo form il componente OCX. Per far ciò bisogna selezionare, dal menu a tendina Progetto, la voce Componenti. Comparirà una schermata come quella di Fig. 1, all'interno della quale è possibile selezionare il componente che si desidera aggiungere al progetto.

Vi ricordiamo che, per poter essere importato, il componente deve prima essere correttamente installato, come si era fatto nel corso della seconda puntata quando era stato installato il software demo client dell'Aurel.

Una volta importato, il componente diventa accessibile dalla toolbar di Visual Studio, come illustrato in Fig. 2. Non dovete far altro che selezionarlo e trasportarlo sul form,

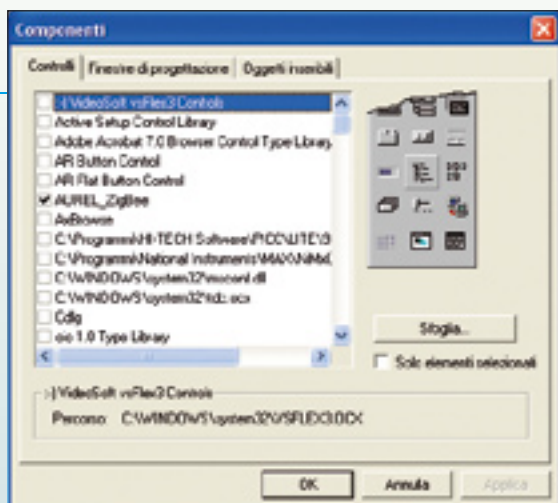


Fig. 1 - Inserimento del componente OCX Aurel.

inserendolo in un punto qualsiasi dell'area di lavoro. Una volta eseguita questa operazione, all'interno del form comparirà il componente ZigBeeNet1, e sarà possibile accedere alle sue funzioni.

Per prima cosa iniziamo a fornire al nostro nuovo software alcune funzioni di base, sfruttando le proprietà dell'OCX, come ad esempio la possibilità di ricavare e quindi visualizzare la versione dell'OCX stesso. L'operazione è resa possibile dalla proprietà Get OCXVersion(), che ritorna una stringa contenente la versione dell'OCX installato. Per la visualizzazione si è scelto di utilizzare l'oggetto status bar, e unitamente alla visualizzazione dell'OCX si è scelto di rendere visibile anche la major e minor revision del software, dichiarate come costanti nella sezione dichiarativa del form. È sempre consigliabile visualizzare e mantenere aggiornate queste informazioni, in quanto molti errori possono derivare dall'uso (a volte inconsapevole) di versioni obsolete, o nel caso di programmi più articolati, che sfruttano componenti diversi, di versioni di tali componenti incompatibili tra loro o con il programma ospite.

Il codice che permette di ricavare e visualizzare la versione dell'OCX e versione del software è rappresentato nel Listato 1.

Il risultato potete vederlo nella Fig. 3: Vediamo adesso qualcosa di più corposo, come l'inizializzazione dell'apparato di comunicazione con il Coordinator (attraverso

Listato 1

```
Visualizzo versioni OCX e SW sulla status bar
StatusBar1.Panels.Add
StatusBar1.Panels(1).Text = "OCX Version " & ZigBeeNet1.OCXVersion
StatusBar1.Panels(2).Text = "SW Version " & SW_Major & "." & SW_Minor
```

Listato 1 - Visualizzazione versione OCX e versione SW.

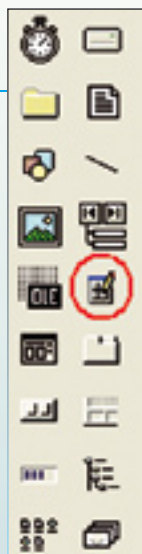


Fig. 2 - Posizione del componente nella toolbar di Visual Studio.



Fig. 3 - Versione OCX e versione SW visualizzate sulla status bar.

la porta seriale emulata su bus USB) e la procedura di avvio della rete.

Dal punto di vista software, per avviare la rete occorre aggiungere nel form due pulsanti, una label ed una textbox. I due pulsanti saranno utilizzati per l'avvio e la chiusura della comunicazione con il Coordinator, la textbox è utilizzata per ricevere in input il numero della porta COM virtuale e la label serve solo come indicazione sullo stato della rete (online ed offline).

Per avviare le comunicazioni bisogna prima di tutto settare i parametri della porta seriale. Per far ciò si usa la proprietà Let Commport(), che riceve in input il numero della porta seriale sulla quale è collegato il Coordinator. Il numero della porta seriale da utilizzare viene passato alla proprietà tramite la variabile VCP, che immagazzina il valore ricavato dalla textbox creata appositamente allo scopo. Il Listato 2 riporta il codice relativo a quanto illustrato sopra.

Listato 2

```
'Imposto la porta COM virtuale
VCP = txtCOMPortSelection.Text
ZigBeeNet1.CommPort = VCP
```

Listato 2 - Impostazione dei parametri della porta seriale.

Listato 3

```
Creazione rete
ZigBeeNet1.StartOPERATIONS
ZigBeeNet1.StartNet
lblStatus.BackColor = vbGreen
lblStatus.Caption = "ONLINE"
```

Listato 3
Avvio comunicazioni e creazione della rete.

A questo punto si possono utilizzare le due funzioni Sub StartOPERATIONS() e Sub StartNet() per avviare le comunicazioni e comandare al Coordinator di avviare la net, come illustrato nel Listato 3.

La Fig. 4 fa vedere come si presenta la sezione start/stop network del software di controllo quando viene avviata la "net". Una label verde con la scritta "ONLINE" informa l'operatore sullo stato della connes-

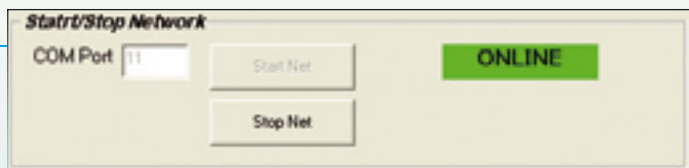
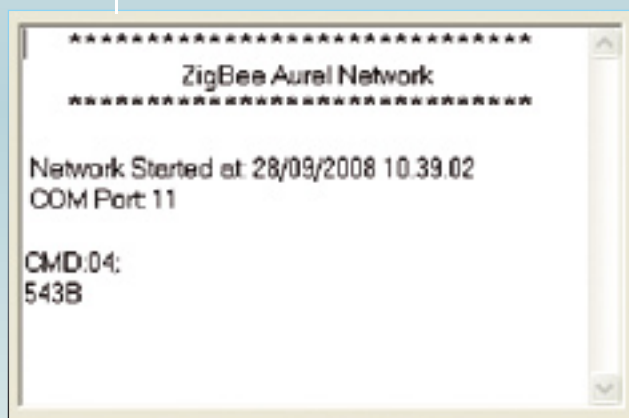


Fig. 4 - Sezione Start/Stop Network del software di controllo.

sione (ONLINE, nel caso della figura). Appena il Coordinator riceve il comando di avvio della rete, esegue uno scan su tutti i canali disponibili (dall'11 al 26) e crea la rete sul canale ritenuto più libero da disturbi. La rete viene identificata tramite un codice a 14 bit, chiamato PAN ID ed uguale ai 14 bit meno significativi del MAC address del Coordinator. All'atto della creazione della rete viene inoltre creata, tramite un algoritmo di generazione di numeri random, la chiave di encryption a 128 bit per la crittografia dei dati. Da questo momento il Coordinator si mette in attesa di associazioni alla rete di altri dispositivi Aurel. Eventuali tentativi di associazione di dispositivi non Aurel vengono rifiutati. Alla sua prima accensione, un dispositivo remoto (Router o End Device) cerca, su tutti

Fig. 5
Finestra di log.



i canali e senza alcun vincolo, una rete cui associarsi. Quando la trova e si associa, gli viene assegnato un indirizzo short a 16 bit, tramite il quale gli verranno indirizzati tutti i successivi pacchetti di rete (per convenzione il Coordinator ha sempre indirizzo short 0x0000). Tale indirizzo short rimane lo stesso per i router, a meno che non venga eseguito un Reset sul dispositivo. L'End Device, invece, cambia indirizzo short a seconda del router cui è associato. Pertanto se l'End Device si muove, uscendo dalla portata radio del suo "padre", e si associa ad un nuovo router, cambia indirizzo short. Allo stesso

Output del comando su coordinatore

Msg Type -> 1 byte
• 0xCC -> Nwk update
Indirizzo a 16 bit del nodo -> 2 byte
Indirizzo a 64 bit del nodo -> 8 byte
Tipo di dispositivo interrogato -> 1 byte
Punto e virgola -> 1 byte

Tabella 2
Network update.

modo, se il router padre di un End Device viene spento e l'End Device trova un nuovo router cui associarsi, gli viene assegnato un nuovo indirizzo short.

Per mantenere traccia dei messaggi scambiati sulla seriale tra il software ed il Coordinator, si è deciso di aggiungere al software una textbox che funge da finestra di log contenente tutti i messaggi transitati sulla seriale. Su questa textbox vengono stampati sia i messaggi inviati dal Coordinator al PC sia quelli inviati dal PC al Coordinator, quindi si fa uso sia dell'evento StringReceived che dell'evento StringSent.

All'apertura delle comunicazioni, la finestra si presenta come quella visibile nella Fig. 5. Come si vede vengono visualizzati, oltre all'intestazione della finestra, anche la data e l'ora in cui viene avviato il Coordinator nonché la porta COM virtuale utilizzata.

Vediamo adesso come avviene la fase di associazione vera e propria di un dispositivo alla rete appena creata e come si gestisce il tutto a livello del software di controllo.

Se un dispositivo si associa alla rete, il Coordinator lo notifica sulla seriale con l'invio di un messaggio con codice identificativo 0xCC (Network Update) e contenente l'indirizzo short, l'indirizzo MAC e la tipologia del dispositivo che si sta associando, secondo quanto esposto nella Tabella 2.

Per visualizzare a schermo i dati dei nuovi dispositivi, bisogna prima intercettare le stringhe contenenti i dati che vengono inviati dal Coordinator sulla seriale. Per fare ciò si fa uso dell'evento StringReceived (recString

Listato 4 - Visualizzazione dei messaggi in transito sulla seriale.

Listato 4

```
'Intercetto l'evento scrittura stringa su seriale e plotto su schermo
For i = 1 To Len(recString)
    txtComWindows.Text = txtComWindows.Text & Hex(Asc(Mid(recString, i, 1)))
Next i
txtComWindows.Text = txtComWindows.Text & vbCrLf
```

As String) che restituisce la stringa di dati ricevuta sulla seriale. Prima di prelevare e stampare opportunamente i dati su video, si stampa la stringa così come è stata ricevuta sulla finestra di log, secondo quanto visibile nel Listato 4. Questo piccolo frammento di codice, collocato all'interno dell'evento StringReceived, permette di stampare tutti i messaggi inviati dal Coordinator al PC. Dopo aver stampato la stringa dati sulla textbox bisogna anche decodificarla opportunamente ed aggiornare una tabella dei dispositivi associati con i relativi indirizzi short. Il Listato 5 illustra il codice che effettua la decodifica della stringa dati e la creazione della tabella di indirizzi short.

L'informazione contenuta nella stringa dati inviata dal Coordinator all'atto dell'associazione di un nuovo dispositivo, a parte il message type (0xCC) ed il punto e virgola finale, è costituita da 11 byte.

I primi due corrispondono all'indirizzo short del dispositivo, i successivi 8 al suo indirizzo MAC e l'ultimo alla tipologia del dispositivo, secondo quanto riportato nella tabella 3. Per riconoscere il Coordinator può essere utilizzato a scelta il suo codice identificativo (0x09) oppure il suo indirizzo short, dal momento che tale indirizzo per il coordinator è sempre 0x0000. Come

Tabella 3 - Tipologie dei dispositivi.

Dispositivo	Codice
Coordinatore	0x09
Router	0x07
End Device	0x06
Rejoin End Device	0x04

Listato 5

```
'Evento 0xCC: Network Update
If (Asc(Mid(recString, 1, 1)) = &HCC) Then

    DevCount = DevCount + 1
    TimerUpdate.Enabled = True

'Aggiorno la lista degli indirizzi short
ShortAddr(DevCount) = Hex(Asc(Mid(recString, 2, 1))) & Hex(Asc(Mid(recString, 3, 1)))

'Numero di sequenza del dispositivo
lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & "N°:" & DevCount & " "

'Indirizzo short
lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & "Short:"
If (Asc(Mid(recString, 2, 1)) < 10) Then
    lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & "0" & Hex(Asc(Mid(recString, 2, 1)))
Else
    lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & Hex(Asc(Mid(recString, 2, 1)))
End If
If (Asc(Mid(recString, 3, 1)) < 10) Then
    lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & "0" & Hex(Asc(Mid(recString, 3, 1)))
Else
    lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & Hex(Asc(Mid(recString, 3, 1)))
End If
lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & " "

'MAC address
lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & "MAC:"
lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & Hex(Asc(Mid(recString, 4, 1))) & ":"
lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & Hex(Asc(Mid(recString, 5, 1))) & ":"
lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & Hex(Asc(Mid(recString, 6, 1))) & ":"
lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & Hex(Asc(Mid(recString, 7, 1))) & ":"
lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & Hex(Asc(Mid(recString, 8, 1))) & ":"
lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & Hex(Asc(Mid(recString, 9, 1))) & ":"
lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & Hex(Asc(Mid(recString, 10, 1))) & ":"
lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & Hex(Asc(Mid(recString, 11, 1)))
lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & " "

'Tipo dispositivo
If (Asc(Mid(recString, 3, 1)) = 0) Then
    lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & "Type:"
    lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & "Coordinator"
End If

If (Asc(Mid(recString, 12, 1)) = 7) Then
    lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & "Type:"
    lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & "Router"
End If

If (Asc(Mid(recString, 12, 1)) = 6) Then
    lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & "Type: "
    lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & "End Device"
End If

    lblDeviceInfo.Caption = lblDeviceInfo.Caption & vbCrLf
End If
```

si può vedere dal Listato 5, al riconoscimento di un message type con codice 0xCC viene per prima cosa aggiornato il contatore del numero di dispositivi (DevCount) ed attivato il TimerUpdate, che determina il lampeggio della spia "UPDATING" all'interno della finestra di comando. Successivamente, per mezzo dell'istruzione:

```
ShortAddr(DevCount) = _Hex(Asc(Mid(recString, 2, 1))) _
& Hex(Asc(Mid(recString, 3, 1)))
```

viene aggiornata la tabella degli indirizzi short dei dispositivi associati alla rete. Questa tabella può essere utilizzata per inviare mes-

Listato 5
Visualizzazione
dei dati dei
dispositivi
e creazione
della tabella di
indirizzi short.

Caratteristiche del software di gestione

Il software di gestione utilizzato in questa ultima puntata del corso ha lo scopo di mostrare come sia possibile, utilizzando il componente OCX, gestire una rete wireless formata da dispositivi Aurel ZigBee. Il software ha una serie limitata di funzioni, ma permette comunque di ricavare e salvare gli indirizzi MAC e short dei dispositivi collegati, ottenere informazioni sulla rete, bloccare e sbloccare la rete ed anche cambiare il canale RF attivo. Può inoltre essere facilmente ampliato per consentire il controllo remoto dei dispositivi.

Opzioni di visualizzazione e salvataggio

- Monitor messaggi inviati e ricevuti sulla seriale.
- Visualizzazione degli indirizzi short, MAC e tipologia del dispositivo.
- Visualizzazione dei dati della rete (RFchannel e PAN ID).
- Salvataggio dell'elenco degli indirizzi MAC e short.
- Salvataggio Log History File.

Opzioni di controllo

- Blocco e Sblocco della rete.
- Selezione dal canale RF.



N°	Short	MAC	Type
1	3C80	0:12:4B:0:0:0:2	Router
2	0001	0:12:4B:0:0:0:3	Router
3	143E	0:12:4B:0:0:0:4	Router
4	287B	0:12:4B:0:0:0:5	Router

Fig. 6 - Device List.

caso viene aperta una finestra di dialogo che permette di selezionare il percorso in cui salvare il file ed il nome del file stesso. Nella figura 7 è illustrato un esempio di file di testo nel quale è stata memorizzata la device list. Si noti che se alcuni dispositivi vengono associati e poi le comunicazioni vengono

N°	Short	MAC	Type
1	287B	0:12:4B:0:0:0:2	Router
2	0001	0:12:4B:0:0:0:3	Router
3	143E	0:12:4B:0:0:0:4	Router
4	3C80	0:12:4B:0:0:0:5	Router

Fig. 7 - Salvataggio dettagli dei dispositivi associati.

interrotte (Stop Net) ed il software riavviato, per ottenere nuovamente la Device list e la tabella di corrispondenza degli indirizzi short, bisognerà effettuare un half reset su tutti i nodi, in quanto nel programma non è stato previsto alcun meccanismo per il recupero dei dati della rete attraverso il Coordinator (cosa possibile solo a patto che il Coordinator stesso non venga resettato).

Vediamo adesso come sono stati implementati alcuni controlli e sistemi per ricavare informazioni sulla rete creata: il primo di essi disponibile è il controllo PanInfo, che restituisce una serie di informazioni sulla rete, come il canale RF in uso e l'identificativo univoco della rete (PAN ID). Per ricavare queste informazioni

Tabella 4 - Output del comando PANInfo.

Output del comando
Codice di terminazione -> 1 byte
• 0x30 -> no_error
• 0x33 -> numero di parametri errato
• 0x42 -> il dispositivo non è parte della rete
Punto e virgola -> 1 byte
MsgType -> 1 byte
• 0x11 -> Pan info
Canale su cui è instaurata la rete -> 1 byte
Identificativo della rete (PAN ID) -> 2 byte
Punto e virgola -> 1 byte

saggi ad uno qualsiasi dei dispositivi associati, per mezzo del suo indirizzo short.

La tabella non è altro che un array di stringhe dove l'indice costituisce il numero sequenziale del dispositivo associato e la stringa contiene i due byte dell'indirizzo short.

Le istruzioni successive servono a stampare sulla label DeviceList le informazioni relative ai dispositivi associati, nel seguente ordine: numero di sequenza, indirizzo short, indirizzo MAC e tipologia del dispositivo.

La figura 6 mostra l'output sulla finestra dell'associazione di 4 dispositivi di tipo router (i 4 dispositivi costituenti il kit). È anche possibile salvare le informazioni ottenute su file di testo, utilizzando l'opzione del menu a tendina File->Save Device List. In questo

Listato 6

```
Evento 0x11: PanInfo
If (Asc(Mid(recString, 1, 1)) = &H11) Then
    lblRFch.Caption = Asc(Mid(recString, 2, 1))
    lblPANid.Caption = Asc(Mid(recString, 3, 1)) & Asc(Mid(recString, 4, 1))
End If
```

Listato 6 - Decodifica del messaggio PanInfo.

viene utilizzata la funzione *Sub PanInfo ()*, disponibile tra le funzioni dell'OCX Aurel. L'output che viene restituito sulla seriale quando è utilizzato tale comando, è riportato nella Tabella 4; per intercettarlo, si utilizza sempre l'evento *StringReceived*. Per distinguerlo da altri tipi di messaggi si usa il suo codice identificativo (*MsgType*). Il codice che decifra il messaggio è riportato nel Listato 6. Come si può vedere dal codice, il numero di canale RF e l'identificativo della PAN vengono scritti, rispettivamente, nelle label *lblRFch* e *lblPANid*. Ciò che si ottiene nella finestra principale del programma è visibile nella figura 8. Uno degli altri controlli implementati è il controllo di blocco e sblocco della rete. Se la rete è bloccata, i dispositivi che non siano già stati precedentemente associati ovvero che non siano stati espressamente autorizzati tramite l'uso del MAC address identificativo, non possono entrare a far parte della rete. Per bloccare e sbloccare la rete si usano i tasti "Lock Net" e "Unlock Net", il cui funzionamento è piuttosto intuitivo. I listati 7 ed 8 illustrano il codice VB6 utilizzato per l'implementazione di tali comandi. Come si vede, in essi viene fatto uso delle funzioni *LockNet* ed *UnlockNet*, rese disponibili dall'OCX.

Oltre all'invio del comando verso il Coordinator, viene

evidenziato su una label lo stato attuale della rete (LOCKED ed UNLOCKED). È importante tenere sempre presente questa label, in quanto se il Coordinator viene privato della sua sorgente di alimentazione perde i dati relativi ai dispositivi associati, quindi al successivo

ripristino della rete quest'ultima deve essere sbloccata, altrimenti qualsiasi tentativo di associazione da parte di Routers o End Device risulterebbe vano. Infine, il software da noi proposto fornisce anche la possibilità di cambiare il canale RF in uso. Per farlo bisogna fare clic sul pulsante "Change Channel"; dato questo

comando, comparirà la finestra illustrata nella Fig. 9, che richiede l'immissione del nuovo canale sul quale il Coordinator dovrà creare la rete. I valori ammessi vanno da 11 a 26. Se viene inserito il valore 0, il Coordinator effettuerà uno scan su tutti i canali disponibili e sceglierà tra questi quello ritenuto più libero da interferenze. Il Listato 9 mostra il codice utilizzato per l'implementazione di questo comando; in esso viene utilizzata la funzione dell'OCX Aurel "SetRfCh (NewCh)" la quale prende come argomento il numero del nuovo canale RF. Dopo l'impostazione del nuovo canale, viene attivato un timer che genera il lampeggio del led "Updating Nwk", il quale indica un update del sistema; nel contempo, viene ripulita la label contenente le informazioni sui dispositivi, in attesa delle nuove associazioni. Nella Fig. 10 è illustrato come si presenta il frame PAN Control, tramite il quale è possibile accedere alle funzioni appena descritte.

Fig. 8
Visualizzazione RFchannel e PAN ID.

Fig. 9
Cambio del canale RF attivo.

Listato 7

```
Private Sub cmdLock_Click()
    ZigBeeNet1.LockNet
    lblLock.BackColor = vbRed
    lblLock.Caption = "LOCKED"

    'Comandi associati
    cmdLock.Enabled = False
    cmdUnlock.Enabled = True
End Sub
```

Listato 7 - Blocco della rete.

Listato 8

```
Private Sub cmdUnlock_Click()
    ZigBeeNet1.UnlockNet
    lblLock.BackColor = vbGreen
    lblLock.Caption = "UNLOCKED"

    'Comandi associate
    cmdLock.Enabled = True
    cmdUnlock.Enabled = False
End Sub
```

Listato 8 - Sblocco della rete.

Listato 9

```
NewCh = txtNewCh.Text
ZigBee_Aurel.ZigBeeNet1.SetRfCh (NewCh)
ZigBee_Aurel.TimerUpdate.Enabled = True
ZigBee_Aurel.lblDeviceInfo = ""
```

Listato 9 - Cambio del canale RF attivo.

Fig. 10
Sezione PAN Control.

