

Mensile di elettronica applicata, attualità scientifica, novità tecnologiche.

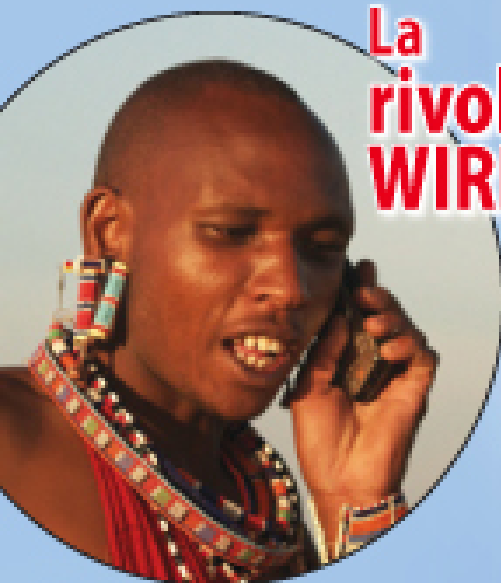
€ 5,00

Elettronica In

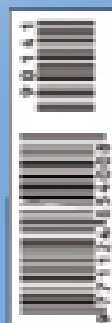
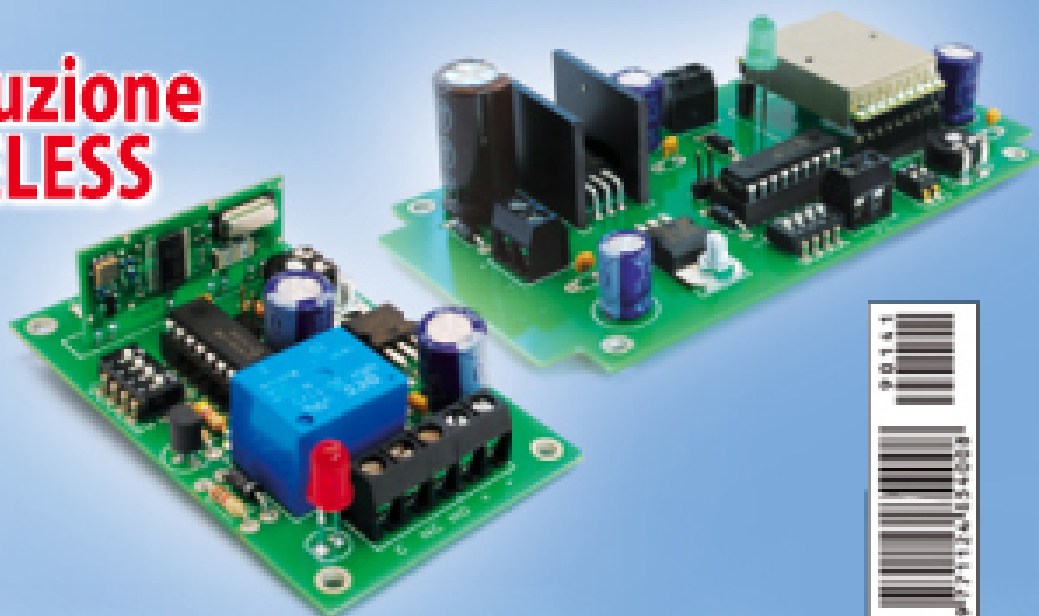
oltre l'elettronica

Anno XV - n. 141
Ottobre 2009

www.elettronicaonline.it



La
rivoluzione
WIRELESS



Telecontrollo UHF 500 mW long-distance

- Avvisatore AUTOVELOX
- Termometro cromatico per liquidi
- Una matita... che scrive e suona
- TX/RX per segnali analogici e digitali
- Il fantasma dell'elettronica
- Corso FPGA

ESCLUSIVO!
Corso Wireless CPU

TERMOMETRO CROMATICO PER LIQUIDI

di BORIS LANDONI

Certamente tutti sappiamo che per misurare la temperatura nell'ambiente o quella di un liquido dobbiamo utilizzare un termometro; poi, quale tipo e con quale visualizzazione dipende da numerosi fattori, tra i quali le condizioni operative, come deve avvenire la lettura, il budget e, non ultimo, il gusto e le preferenze della persona che deve leggere il valore misurato. In tal senso abbiamo termometri a scala graduata a colonnina di mercurio o ad alcool, con visualizzatore a display LCD o led, o con lancetta a scala colorata. Proprio ispirandoci a quest'ultimo tipo, che poi è quello usato nei quadri strumenti delle automobili per indicare la temperatura del liquido di raffreddamento del motore, abbiamo pensato di realizzare un semplicissimo indicatore di temperatura per liquidi utilizzabile per tutti i fluidi non corrosivi e quindi per acqua, oli,

miscele di vario tipo; l'unica condizione richiesta per il corretto funzionamento è che il liquido sia elettricamente conduttivo e ciò per una ragione che apparirà chiara quando spiegheremo il fun-

Indica, utilizzando un led RGB, la temperatura dell'acqua e di liquidi non corrosivi ed elettricamente conduttivi, mediante una scala di colore, usando azzurro per il freddo, verde per il tiepido e rosso per il caldo.



zionamento del circuito. Per tale ragione, non è possibile misurare, ad esempio, la temperatura degli oli dielettrici (quelli inseriti nella lubrificazione di parti sotto tensione o nel raffreddamento dei grandi trasformatori e grandi condensatori per alta tensione) in quanto, per definizione, un composto dielettrico è isolante. Il nostro progetto non vuole essere un preciso strumento di misura, quanto piuttosto un indicatore, una sorta di spia in grado di evidenziare tre condizioni, corrispondenti ciascuna ad un campo di temperatura del liquido; infatti non distingue i gradi

semplice: basta introdurre la sua sonda parzialmente nel liquido e attendere qualche istante che il circuito si attivi; poi, la luce prodotta dirà se il liquido è freddo, tiepido o bollente.

SCHEMA ELETTRICO

Il circuito che realizza l'indicatore di temperatura è davvero l'essenza della semplicità: un piccolo microcontrollore a 8 pin, un led RGB, quattro resistenze, un condensatore, un sensore termico integrato e una pila (inserita o scollegata da un interruttore) che alimenta l'insieme. Il micro è un PIC12F675 programmato per

perché ogni linea del PIC12F675 usata come uscita può erogare (modo source) o assorbire (modo sink) fino a 25 milliampere, più che sufficienti a far illuminare decisamente qualsiasi diodo luminoso.

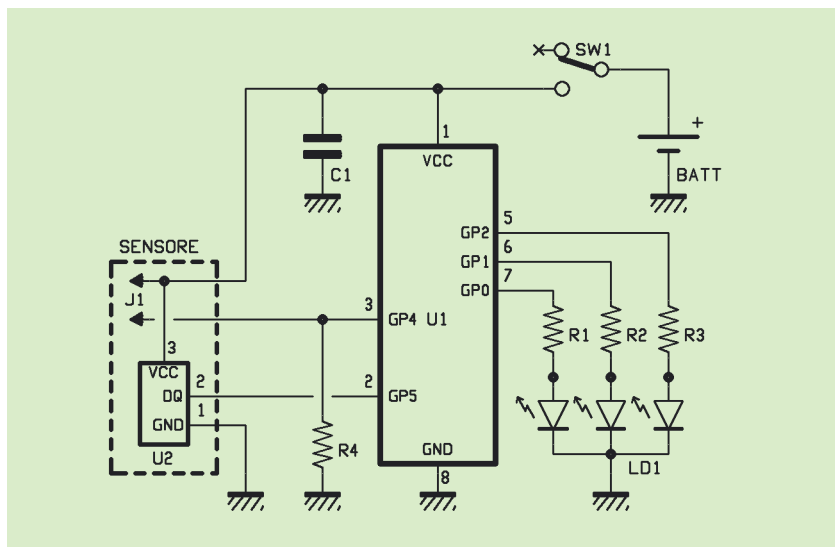
LA SONDA DI MISURA

Il "probe" impiegato per compiere le misure è formato da due punte e un sensore termico integrato; le punte servono a rilevare la presenza del liquido e ciò perché il microcontrollore, essendo alimentato da una pila a bottone, deve economizzare il più possibile l'energia.

Per questa ragione, normalmente si trova in modalità sleep e consuma pochissimi microampere; quando deve compiere una misura, si risveglia da tale condizione grazie agli elettrodi della sonda: bagnando entrambi, se il liquido ha una certa conducibilità elettrica il microcontrollore riceve l'1 logico sulla linea GP4 ed esce dalla condizione di sleep, eseguendo il programma di lettura e visualizzazione della temperatura, che prevede in una prima fase l'interrogazione del sensore termico e in un secondo momento l'elaborazione dei dati che questo fornisce in risposta e il comando delle uscite (GP0, GP1, GP2) destinate al comando del led tricolore.

L'interrogazione del sensore avviene ciclicamente fin quando GP4 riceve l'1 logico, ossia finché il liquido bagna entrambe le punte della sonda; quando smette di fluire corrente tra i contatti J1, GP4 si trova a zero logico e il firmware del micro interpreta questa condizione come la richiesta di ritorno in sleep. In questo caso il led viene spento e il micro si porta nella condizione di minimo assorbimento, attendendo il prossimo risveglio.

[schema ELETTRICO]



ma tre fasce ben definite, che evidenzia ognuna con una luce colorata. Per l'esattezza, il dispositivo segnala la temperatura o meglio, la gamma di temperature, mediante un led RGB che compone tre colori: l'azzurro indica che la temperatura è bassa, il verde che la stessa è a un valore intermedio e la luce rossa segnala, invece, che il liquido è troppo caldo. Un po' come avviene negli strumenti indicatori della temperatura del liquido di raffreddamento delle automobili. Usare il misuratore è molto

mantenersi normalmente in standby e, una volta attivato, leggere i dati in arrivo dal sensore termico, quindi comporre il colore corrispondente alla temperatura rilevata. All'accensione, ovvero quando riceve l'alimentazione dalla pila mediante SW1, il PIC inizializza le proprie linee di I/O, impostando GP4 come input, GP5 come linea bidirezionale e GP0, GP1, GP2 come output destinati all'alimentazione delle tre giunzioni del led RGB; possiamo far pilotare il led direttamente al micro

Il sensore integrato che abbiamo usato per leggere la temperatura è il DS18B20 della Dallas Semiconductor e viene collegato al PIC mediante la linea GP5, inizializzata come I/O (bidirezionale); dallo schema elettrico si intuisce che le connessioni sono estremamente semplici, infatti il tutto si riduce a collegare tre terminali, che sono i due pin d'alimentazione, quindi Vcc e GND, e la linea dati, che è bidirezionale e fa capo al pin che resta: DQ. Infatti la sonda della Dallas comunica sfruttando il protocollo One-Wire, che contempla la comunicazione dati mediante un solo filo (riferito alla massa, ovviamente).

Perché tutto funzioni correttamente, il canale dati necessita di una resistenza di pull-up, che in questo caso, a differenza di altre nostre realizzazioni, è implementata nel microcontrollore.

Essendo la comunicazione con i sensori di tipo digitale, si può sistemare la sonda anche molto lontano dal circuito senza preoccuparsi di disturbi ed interferenze provenienti dall'ambiente circostante. Il DS18B20 misura tra -55 e +125 °C ed esprime la temperatura rilevata con una risoluzione di 11 bit; inoltre presenta un tolleranza nella misura di appena 0,5 °C in un range che va da -10 °C a +85 °C. Per interrogarli utilizziamo un primo codice comando "Convert T" (codice 44h) corrispondente all'avvio dell'operazione di conversione della misura. La sonda risponde con uno 0 mentre esegue la conversione e con un 1 ad operazione terminata. A questo punto nei registri del componente sono disponibili due byte corrispondenti al valore della temperatura rilevata in gradi Celsius. Quindi, non ci resta che leggerli con un codice comando "Read Scra-



Da Galileo all'era atomica

Il primo termometro fu sviluppato da Galileo Galilei nel 1581, che riscaldò un'ampolla con un lungo tubo che si estendeva da essa e terminava in un recipiente pieno d'acqua. Mentre si raffreddava, l'aria presente dentro all'ampolla si contraeva, e l'acqua veniva attirata verso l'alto all'interno del tubo; man mano che la temperatura cambiava e l'aria all'interno dell'ampolla si raffreddava o si riscaldava, il livello dell'acqua saliva o scendeva di conseguenza, e dalla posizione del livello era possibile dedurre la temperatura. Nel 1699 il fisico francese Amontons inventò un termometro che misurava la temperatura tramite la variazione della pressione dei gas e dimostrò che l'acqua bolliva sempre alla stessa temperatura. La prima persona che ideò un termometro chiuso (e insensibile alla pressione atmosferica) fu Ferdinando II° de' Medici, nel 1654. Inizialmente i termometri sigillati utilizzavano acqua o alcol, che però producevano vapori tali da alterarla; inoltre, l'acqua non si espandeva e contraeva uniformemente con le variazioni di temperatura, come era necessario per ottenere una buona precisione, e l'alcol bolliva a una temperatura troppo bassa. Perciò si arrivò al mercurio, introdotto dal fisico tedesco Fahrenheit. Da pochi mesi, e per essere precisi, dal 3 aprile, il mercurio è stato bandito e gli unici termometri clinici che troviamo nei negozi sono quelli elettronici.

tchPad (codice BEh)". Il registro a 2 byte, per un campionamento a 11 bit, risulta essere strutturato

come mostra la **Fig. 1**. Nella modalità da noi scelta, dei 16 bit restituiti dal DS18B20 ogni

	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
LS Byte	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴
	bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8
MS Byte	S	S	S	S	S	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴

Fig. 1. Struttura dei due bit emessi in sequenza dal DS18B20 ogni volta che viene interrogato: il byte LS è quello di peso minore e l'MSB è quello più significativo. Questa struttura si riferisce alla rappresentazione a 11 bit più segno.

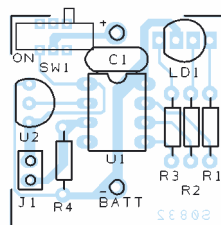
[piano di montaggio **SCHEDA BASE**]

Elenco Componenti:

R1: 150 ohm
R2: 150 ohm
R3: 150 ohm
R4: 1 Mohm
LD1: Led RGB 5 mm (540R2GBC-CC)
U1: PIC12F675 (MF832)
U2: DS18B20
SW1: Deviatore a slitta miniatura 90°

Varie

- Zoccolo 4+4
- Porta batteria CR2032
- Cavo 10 cm a 5 conduttori
- Circuito stampato



Il prototipo a montaggio ultimato: il portatile va alloggiato dal lato saldature della basetta.

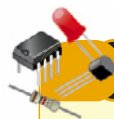
volta che il microcontrollore lo interroga, i primi 11 (tutto il byte meno significativo e primi tre bit di quello più significativo) esprimono il valore della temperatura e gli ultimi cinque il segno, che viene indicato con tutti 0 se la temperatura rilevata è positiva e tutti 1 se, invece, la misura si riferisce a una temperatura negativa (sotto lo zero). La particolarità del componente Dallas è che può esprimere la temperatura con i decimali, infatti, se guardate la **Fig. 1** vi accorgete che i primi quattro bit meno significativi si riferiscono a valori minori di 1, dato che il primo vale 2 alla -4, ossia 1/16, il secondo vale 0,125, il terzo 0,25 e il quarto 0,5. Così il sensore Dallas riesce ad esprime-

re praticamente tutti i valori di temperatura che può misurare. Per fare un esempio chiarificatore, immaginiamo di misurare 64,25 °C positivi; all'uscita dell'integrato DS18B20 avremo due byte, il primo dei quali sarà (partendo dal bit più significativo) 00000100 e il secondo (sempre tenendo a sinistra il bit maggiormente significativo) 00000100. Analizzando i dati, il byte LSB dà il valore di 0,25 e il secondo byte dà +64 gradi. Volendo considerare il dato nell'insieme, ossia il valore complessivo formato dai due byte, possiamo dire che i possibili valori esprimibili dall'uscita del DS18B20 sono compresi tra 1111101101110000 (-55 °C) e 0000011111010000 (+125 °C).

Trasferendo questi valori in formato esadecimale, possiamo dire che l'escursione è compresa fra AB70h e 07D0h.. Sempre ragionando in esadecimale, vediamo che una temperatura di 10,125 °C corrisponde a 00A2h e che una di -20 °C si esprime con BCC0h.

IL FIRMWARE

Vediamo adesso brevemente come funziona il circuito, analizzando il firmware del microcontrollore: all'avvio, dopo l'inizializzazione degli I/O vengono definiti i parametri della linea di comunicazione con il DS18B20 e impostati tre timer, utili per cadenzare la pulsazione dei led costituenti il diodo RGB. Vengono altresì definite le soglie di temperatura, che sono circa 14, 20 e 30 gradi; quindi le uscite destinate al comando del led tricolore vengono poste a zero logico. A questo punto il PIC inizia a interrogare la sonda Dallas per verificare qual è la temperatura rilevata nel liquido; possono quindi presentarsi tre casi: sotto i 14 gradi, maggiore di 14 e minore di 20 gradi, superiore a 30°. Nella prima evenienza il microcontrollore lascia fissa a zero logico l'uscita destinata al



per il MATERIALE

Tutti i componenti utilizzati in questo progetto sono facilmente reperibili in commercio. Il master dello stampato ed il firmware col quale programmare il PIC sono scaricabili gratuitamente dal sito della rivista (www.elettronica.in.it). Il micro è anche disponibile già programmato (cod. MF832) al prezzo di 8,00 Euro 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>

comando della giunzione rossa del led RGB (GP2) e fa pulsare con intervalli differenti quelle relative ai diodi verde (GP0) e blu (GP1); più esattamente, il periodo in cui il blu rimane illuminato è maggiore di quello in cui l'uscita che comanda il verde è a livello alto. Tanto più è freddo, tanto più la luce emessa dal led RGB tende al blu. Man mano che fa più caldo, il periodo di accensione del led verde si avvicina a quello di accensione del blu. Quando la temperatura oltrepassa i 14 gradi ma resta minore di 20 °C, il firmware pone fissa a zero logico l'uscita (GP1) destinata al comando della giunzione blu del led RGB e fa pulsare quelle dei diodi rosso e verde, alternativamente; il periodo di accensione del led rosso è inizialmente nullo, cosicché per temperature appena maggiori di 14 °C la luce emessa dal led RGB è verde, però cresce, a discapito di quello di illuminazione del led verde. Ne deriva che al salire della temperatura la luce diventa gialla. Superati i 20 °C, l'uscita del led blu resta sempre a zero e quella rossa resta progressivamente accesa sempre più della verde, fin quando, raggiunti i 50 °C, il led tricolore passa da arancione a rosso.

REALIZZAZIONE PRATICA

Bene, spiegato come è fatto e in che modo funziona il nostro termometro cromatico, vediamo come costruirlo; per prima cosa dovete preparare lo stampato, seguendo la traccia pubblicata nel nostro sito web www.elettronica.in. In verità, visto che si tratta di qualcosa di molto semplice nulla vi vieta di realizzare il tutto su un pezzetto di basetta millefori. Ottenuto il c.s. disponetevi i componenti iniziando dalle resistenze e dall'unico condensatore,

```

MAIN:
IF ACQUA =1 THEN
GOSUB TEMPERATURA

VALORE = (GRADI * 35)      '700=20 GRADI
IF VALORE>=700 THEN
VALORE=VALORE-700
IF VALORE>1000 THEN
VALORE=1000
ENDIF
ELSE
VALORE=0
ENDIF
'DEBUG #VALORE,13,10
FOR TMP3=0 TO 20
GOSUB COLORE
PAUSE 1
NEXT TMP3
ELSE
LOW G
LOW R
LOW B
GRADI=9999
SLEEP 1
ENDIF
GOTO MAIN
COLORE:

SELECT CASE VALORE
CASE IS <500
TMP=VALORE
LOW R

HIGH B
LOW G
PAUSEUS TMPW1-(TMP*TMP2)
LOW B
HIGH G
PAUSEUS TMP*TMP2

CASE IS >=500
TMP=VALORE-500
LOW B

HIGH G
LOW R
PAUSEUS TMPW1-(TMP*TMP2)
LOW G
HIGH R
PAUSEUS TMP*TMP2
END SELECT
RETURN
TEMPERATURA:
OWOUT SONDA, 1, [$CC, $44]
CONVERTO:
OWIN SONDA, 4, [CONV]
IF GRADI<9999 THEN
GOSUB COLORE
ENDIF
IF CONV = 0 THEN CONVERTO 'SE LA CONVERSIONE NON E' FINITA
OWOUT SONDA, 1, [$CC, $BE]
'OWIN SONDA, 0, [TMP2, TMP1,SKIP 7]
'OWIN SONDA, 0, [TEMP.LOWBYTE,TEMP.HIGHBYTE,SKIP 7]
'SEROUT2 TXPC,84,[ "TEMPERATURA BIN ",BIN16 TEMP,13,10 ] ***TOGLIERE
IF TEMP.BIT15 = 0 THEN ' CHECK FOR TEMP BELOW 0°C
'SIGN = "+"
GRADI = 0
GRADI = (TEMP >> 4)
TMPW=1000/(160/(TEMP & %0000000000001111))
IF (TEMP & %0000000000001111)=%1111 THEN
TMPW=0
GRADI=GRADI+1
ENDIF
'SEROUT2 TXPC,84,[ "TEMP = +", DEC VALORE,".", DEC2 TMPW, "C ",10,13]
TEMP=0
TEMP=VALORE
ELSE
TMPW=1000/(160/(TEMP & %0000000000001111))
IF (TEMP & %0000000000001111)=%1111 THEN
TMPW=0
TMP3=TMP3+1
ENDIF
VALORE = 0
VALORE = 65535 - TEMP 'OTTENGO IL VALORE COME SE FOSSE POSITIVO
VALORE = 0
VALORE = (VALORE >> 4)
TMPW=1000/(160/(VALORE & %0000000000001111))
IF (VALORE & %0000000000001111)=%1111 THEN
TMPW=0
VALORE=VALORE-1
ENDIF
VALORE = (TEMP & %0000011111111111)
VALORE = VALORE ^ %0000011111111111
VALORE = VALORE >> 4
'SEROUT2 TXPC,84,[ "TEMP = -.", DEC VALORE,".", DEC2 TMPW, "C ",10,13]
TEMP=0
TEMP=VALORE
TEMP.7=1
ENDIF
TEMPW=(VALORE*10)+(TMPW/10)
'SEROUT2 TXPC,84,[ "TMPW =", #TMPW,"C ",10,13]
'SEROUT2 TXPC,84,[ "TEMPERATURA DEC "]
TEMP=0
IF TEMP.7=0 THEN
SEROUT2 TXPC,84,[ "+" ]
ELSE
SEROUT2 TXPC,84,[ "-" ]
ENDIF
'DEBUG #VALORE," GRADI",13,10
'IN VALORE CI SONO I DECIMALI DELLA TEMPERATURA
RETURN

```



La sonda si realizza fissando con del termorestringente due spezzoni di filo per rilevare la presenza dei liquidi.

proseguendo con lo zoccolo per il microcontrollore, che avrete cura di orientare con la tacca di riferimento rivolta al C1; sistemate quindi il piccolo interruttore a slitta da stampato con terminali a 90° e poi il portapila a bottone, che prenderà posto dal lato delle piste. Inserite quindi il led tricolore, che deve risultare girato con lo smusso rivolto al solito C1. Adesso è il momento di preparare la sonda, per la quale vi occorre del cavetto schermato a tre fili più schermo, un pezzetto di tubo termorestringente del diametro (a freddo) di 7÷8 mm e un paio di spezzoni di filo di rame nudo del diametro di 1÷1,5 mm, al posto dei quali potete comodamente utilizzare avanzi di

terminali tagliati dalle resistenze o dal condensatore.

Iniziate spelando il cavo e liberando i conduttori interni, quindi stagnandoli uno alla piazzola DQ e l'altra alla Vcc dell'U2 (vedere piano di montaggio); la maglia di schermo dovete invece stagnarla alla pista di massa, ovvero alla piazzola GND dello stesso sensore U1. Per non sbagliare, ricordate che guardando il piano di montaggio in modo che la parte smussata dell'U2 sia rivolta verso di voi, la piazzola Vcc è quella a destra (verso i contatti J1) la DQ (dati) è la centrale e GND (massa) è la piazzola più a sinistra. Il terzo dei conduttori interni del cavetto schermato dovete collegarlo

alla piazzola di quelle siglate J1 che porta alla linea GP4 del microcontrollore, ovvero alla R4. Adesso dall'altro capo del cavetto saldate i pin del DS18B20 ai conduttori corrispondenti (GND va alla maglia di schermo); così vi resta libero un conduttore di quelli interni, che dovete saldare su uno degli spezzoni di filo. L'altro spezzone saldatelo sul terminale Vcc del DS18B20. Ora allineate le punte degli spezzoni di filo e, se necessario, tagliatele in modo che risultino in pari; fate un giro di nastro isolante attorno al corpo dell'integrato ed accostate gli spezzoni di filo facendoli sporgere di qualche millimetro rispetto alla sommità del DS18B20, quindi bloccate il tutto scaldando il termorestringente, che dovete aver avuto cura di scegliere lungo abbastanza da coprire le saldature tra il cavetto in arrivo dallo stampato e i terminali. Questo accorgimento serve ad evitare che il liquido tocchi i fili una volta che la sonda sarà messa in contatto con esso. Per l'uso, ricordate di immergere il DS18B20 per pochi millimetri, onde evitare che il liquido bagni i terminali; notate che è sufficiente far toccare entrambi gli elettrodi e la testa dell'integrato. ■

RM ELETTRONICA

Forniture per hobbisti, scuole e industria

Distributore autorizzato:

FUTURA ELETTRONICA

EL SE Kit

NUOVA ELETTRONICA

Il tuo punto di riferimento per l'elettronica a ROMA

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

TELECONTROLLO UHF

500 mW

di ARSENIO SPADONI



Trasmittente e ricevente progettati per coprire grandi distanze, sfruttando la banda degli 869 MHz, sulla quale una recente direttiva UE consente di operare con potenze fino a 0,5 watt.

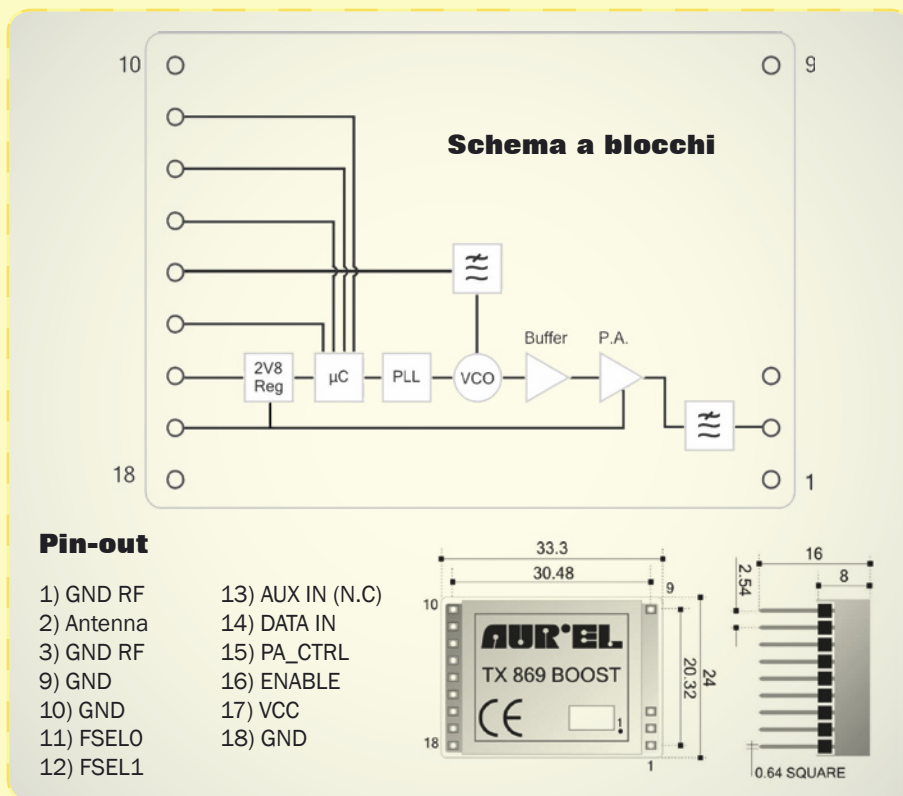
A qualcuno sembrerà anacronistico proporre il progetto di un controllo remoto di tipo tradizionale nell'era della telefonia cellulare, dei GSM e del WiFi; sta di fatto che esistono ancora tantissimi casi in cui queste tecnologie o non sono disponibili dove servono e sono inadeguate agli scopi. Se a ciò aggiungiamo che oggi, grazie a nuove normative a livello comunitario, è possibile utilizzare potenze tali da garantire portate di tutto rispetto per controllare una serra, una pompa o un sistema di allarme, ecco chiarito perché riteniamo che questo progetto non solo non sia anacronistico ma possa risolvere tantissimi problemi di telecomando - piccoli e grandi - in maniera semplice, economica e assolutamente affidabile. Il progetto sfrutta la banda degli 869 MHz che può essere liberamente utilizzata (non servono concessioni né bisogna pagare un canone) per trasmissioni dati con una potenza massima di 500 mW. L'unica limitazione è quella riguardante il tempo di occupazione della frequenza che non

può superare il 10% su base oraria. Tutti noi sappiamo che nella maggior parte dei casi i sistemi di telecomando operano saltuariamente e questo limite di norma non viene mai superato. Tuttavia, per fare le cose in sintonia con le norme, il nostro dispositivo, dopo la trasmissione di una stringa di controllo, si inibisce per un tempo dieci volte superiore alla durata della stringa stessa. In questo modo c'è un rispetto automatico di quanto stabilito dalla legge. Per quanto riguarda la potenza RF di 0,5 watt, anche i non esperti di questo mondo sanno che, a queste frequenze, in portata ottica si possono coprire distanze di decine di chilometri, specie se si utilizzano antenne direttive. Ad onor del vero, la legge proibisce l'impiego di antenne direttive in trasmissione, ma l'impiego di una buona Yagi anche solo in ricezione (cosa assolutamente legale) permette di incrementare notevolmente la portata. A solo scopo sperimentale abbiamo provato ad utilizzare due Yagi - una in trasmissione e l'altra in ricezione - con guada-



Il modulo trasmettitore Aurel **RX869BOOST**

Si tratta di un ibrido commercializzato di recente dall'Aurel, contenente un completo trasmettitore radio in UHF, operante sugli 869 MHz con quattro frequenze differenti (869,45-869,5-869,55-869,6 MHz) selezionabili mediante due ingressi provvisti di pull-up interno; l'oscillatore è basato su un sintetizzatore di frequenza quarzato e un VCO per modificare la frequenza del canale in base alle impostazioni dei piedini di selezione (10 e 11). All'oscillatore segue un amplificatore lineare RF ad elevato rendimento, in grado di sviluppare +28 dBm (la potenza nominale dichiarata, ossia 500 mW) a 5 volt di alimentazione e +24 dBm a 3 V. La potenza d'uscita è riferita ad un carico di antenna di 50 ohm. L'ingresso dei dati da trasmettere (che devono essere codificati, preferibilmente con codifica Manchester) è al piedino 14; il massimo data-rate è di 19.200 bps. Il modulo può essere messo in stand-by spegnendo oscillatore e amplificatore RF mediante un apposito ingresso di comando, che fa capo al piedino 16: l'accensione si ottiene con lo stato logico alto, mentre lasciando detto pin a zero il modulo va in stand-by. Perché non vi sia perdita nei dati trasmessi



e la trasmissione avvenga correttamente con la giusta potenza e la modulazione ottimale, i dati da trasmettere devono essere applicati al piedino 14 non prima di 100 ms dal passaggio da 0 a 1 del piedino 16 e la disattivazione deve avvenire non prima che siano trascorsi 30 ms dall'ultimo bit trasmesso. Inoltre i dati vanno sempre fatti precedere da un "preambolo" consi-

stente in un treno di impulsi rettangolari della durata di almeno 5 millisecondi, propedeutico all'invio del dato vero e proprio. Quanto al-

l'impostazione del canale su cui trasmettere, si compie mediante i piedini 11 e 12, secondo la Tabella 2. Dopo aver impostato il valore

Tabella 2 - Impostazione canale

Valore frequenza (MHz)	Pin 11	Pin 12
869,45	0	0
869,50	NC	0
869,55	0	NC
869,60	NC	NC

gno di 10 dB in portata ottica: ebbene da Ispra, sul lago Maggiore, il segnale arrivava fino a Verbania, a circa 20 chilometri di distanza, sull'altra sponda del lago. A conclusione dei nostri test possiamo affermare che la portata con semplici "gommini" omnidirezionali supera tranquillamente il chilometro mentre, a mano a mano che si utilizzano antenne direttive più performanti si possono raggiungere i 5, 10 e anche venti chilometri. Il tutto nel rispetto delle norme vigenti.

A questo punto più di un lettore penserà alla difficoltà di montare, tarare e mettere a punto i circuiti a radiofrequenza. Nulla di più sbagliato. A questo problema pensano produttori quali l'Aurel che da sempre mette a disposizione di professionisti e appassionati moduli dove la parte radio è già "risolta": non resta che fornire alimentazione, collegare l'antenna e applicare al pin d'ingresso la stringa dei dati. Più semplice di così! Sono proprio due moduli Aurel di

recente commercializzazione che utilizziamo nel progetto del telecomando descritto in queste pagine; più precisamente si tratta dei modelli TX869BOOST e RX-FM8SF. Il primo è un trasmettitore a 4 canali in grado di erogare 500 mW sulla banda degli 869 MHz con modulazione in FM; il secondo è un ricevitore supereterodina a 869,50 MHz (uno dei canali del TX) con una sensibilità di -105 dbm. Nei relativi riquadri presentiamo le caratteristiche dettagliate di questi prodotti. Il

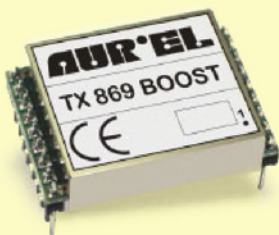


Tabella 1 - Funzione dei pin

PIN	NOME	DESCRIZIONE
1-3	GND RF	Connessione al negativo d'alimentazione (piano di massa).
2	Antenna	Connessione d'antenna 50 ohm. Uscita RF trasmettitore.
9-10	GND	Connessione al negativo di alimentazione (piano di massa).
11	Fsel0	Selezione frequenza di trasmissione. Attivo basso (pull-up interna).
12	Fsel1	Selezione frequenza di trasmissione. Attivo basso (pull-up interna).
13	NC	Riservato (internamente collegato al μC per applicazioni custom).
14	Data In	Ingresso dati digitale 0÷5,5 V max. con resistenza di 10 kohm verso massa.
15	PA_CTRL	Ingresso analogico di regolazione della potenza in uscita: open= potenza massima; GND= potenza minima
16	Enable	Connettere al positivo o negativo d'alimentazione come di seguito: 0 = PWDN (dispositivo spento con consumo max. 1 μA); 1 = Attivo (dispositivo acceso).
17	Vcc	Alimentazione positiva.
18	GND	Connessione al negativo di alimentazione (piano di massa).

della frequenza tramite i pin 11 e 12, la procedura per rendere effettivo il cambio di canale prevede che il pin 16 (EN) sia portato a livello logico basso e poi a livello alto. Il livello alto deve corrispondere a Vcc e comunque non può essere minore di 2,8V. Gli ingressi di controllo e quello dei dati accettano segnali TTL 0÷5V o 0÷3V.

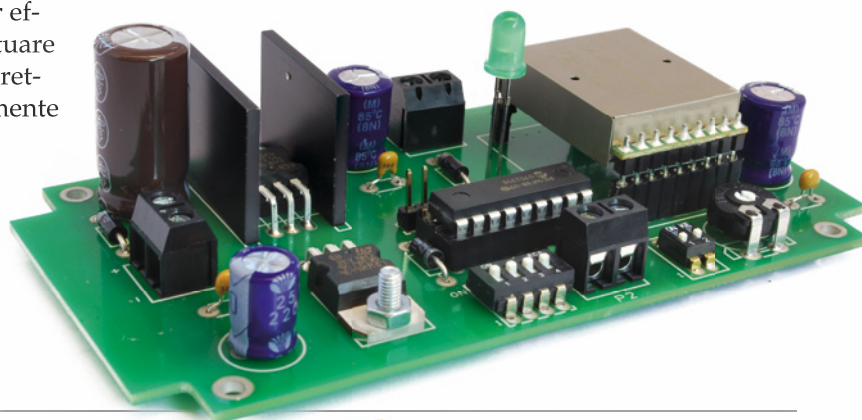
progetto descritto in queste pagine utilizza un sistema di trasmissione codificato (necessario per evitare falsi allarmi o false attivazioni) gestito da microcontrollore. L'applicazione proposta è quella più comune anche se, come nostra abitudine, in questo articolo vogliamo fornire tutte le informazioni necessarie per realizzare in maniera autonoma circuiti simili, magari a più canali o con funzionalità leggermente differenti. Nel nostro caso è possibile attivare il trasmettitore con dei

contatti o con degli interruttori statici; l'unità ricevente dispone di un relè di uscita può funzionare sia in modalità impulsiva che bistabile. Ma vediamo i circuiti in dettaglio, analizzando lo schema elettrico delle unità trasmettente e ricevente.

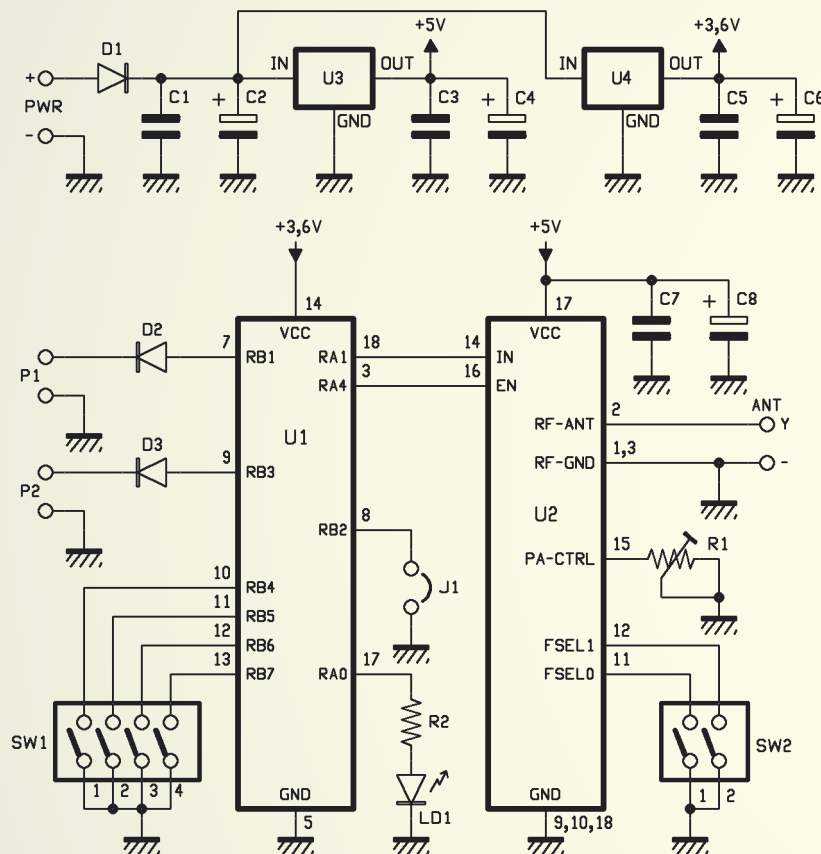
L'UNITÀ TRASMETTENTE

Partiamo dal trasmettitore, che è stato progettato per comandare a distanza il ricevitore mediante due pulsanti o uscite a livello di tensione TTL-compatibili o del tipo 0÷3 volt. Il cuore di questo circuito è il microcontrollore U1, cui è affidato il compito di monitorare lo stato degli ingressi P1 e P2 (rispettivamente RB1 ed RB3) e di generare, quando uno di questi viene attivato, una stringa di dati che il modulo TX trasmette. La stringa è necessaria per evitare interferenze con altri dispositivi di questo genere operanti nelle vicinanze e per evitare che eventuali disturbi possano agire sul ricevitore. Il microcontrollore funziona quindi da codificatore dei dati da trasmettere; per l'esattezza, ad ogni comando su RB1 ed RB3 genera una stringa composta da quattro blocchi: un preambolo, un header, un codice impostabile a piacimento e un comando. Il preambolo è un'onda quadra della durata di 5 ms e di frequenza pari a qualche kHz, ed è richiesto dal modulo TX Aurel per effettuare correttamente

le trasmissioni; precede il codice e il resto della stringa. Più esattamente, come preambolo il microcontrollore invia in sequenza otto byte del tipo 01010101. La funzione del preambolo è quella di preparare il trasmettitore. L'header è una sorta di codice fisso generato dal microcontrollore per fare in modo che il micro dell'unità ricevente sappia quando deve predisporre a ricevere i dati; serve sostanzialmente perché, a causa del rumore elettrico, dei rumori presenti nell'atmosfera, dei disturbi e delle spurie dell'oscillatore locale del modulo ricevente, all'uscita dati di quest'ultimo è presente una gran quantità di impulsi casuali dovuti all'effetto di tutti i predetti fattori. Per questa ragione, sarebbe stato impensabile chiedere al micro del ricevitore di riconoscere una stringa sulla base di una semplice commutazione 0/1 logico (o viceversa) perché l'uscita dell'ibrido RX commuta continuamente. Per fare in modo che il micro ricevente sappia distinguere con certezza i disturbi dalle stringhe in arrivo dal trasmettitore abbiamo fatto in modo che questo generi un header composto da due byte del tipo 10101010 + 10110110 inviati in sequenza, che sono facilmente distinguibili dai disturbi, notoriamente abbastanza casuali. Difficilmente le commutazioni dell'uscita dell'ibrido



Il trasmettitore



Elenco Componenti:

R1: Trimmer 2,2 kohm
 R2: 330 ohm
 C1, C3, C5: 100 nF multistrato
 C2: 1000 μ F 25 VL elettrolitico
 C4, C7: 470 μ F 25 VL elettrolitico
 C6: 220 μ F 16 VL elettrolitico
 C8: 100 nF multistrato
 D1÷D3: 1N4007
 U1: PIC16F88-I/P (MF842)
 U2: TX869BOOST
 U3: 7805
 U4: LD1086-36
 SW1: Dip-switch 4 vie
 SW2: Dip-switch 2 vie
 LD1: Led 5 mm verde

Varie:

- Zoccolo 9+9
- Vite 10 mm 3 MA (2 pz.)
- Dado 3 MA (2 pz.)
- Morsettiera 2 poli (3 pz.)
- Strip maschio 2 poli passo 2,54 mm
- Jumper
- Dissipatore per TO220 (ML26)
- Antenna accordata 869 MHz
- Circuito stampato

Schema elettrico (sopra) e piano di montaggio (a lato) del circuito del trasmettitore; il master del circuito stampato è scaricabile gratuitamente dal nostro sito www.elettronica.in.

ricevitore possono ripetere i dati dell'header con la stessa cadenza e frequenza, quindi questa misura è più che sufficiente ad assicurare la certezza dell'attivazione della sequenza di decodifica da parte del ricevitore.

Un altro dettaglio di questo progetto da evidenziare è il fatto che, per facilitare la discriminazione dei dati da parte del ricevitore, la trasmissione viene effettuata adottando la codifica Manchester; quest'ultima consiste nel trasmettere due bit per ciascun bit di dati.

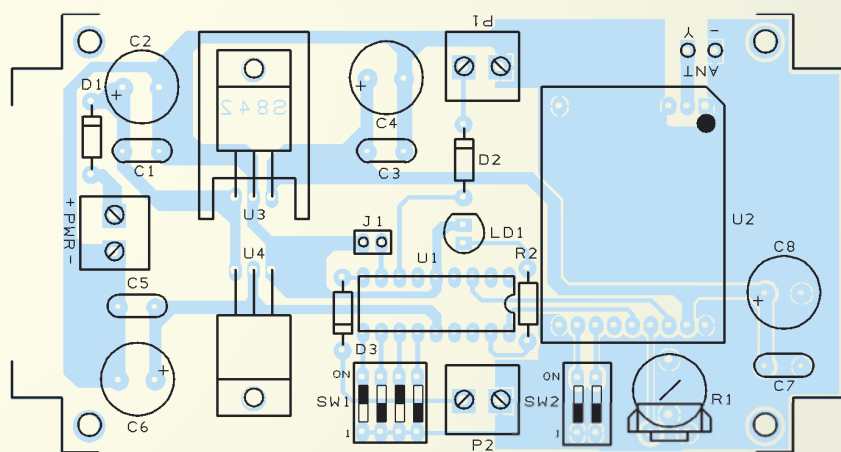
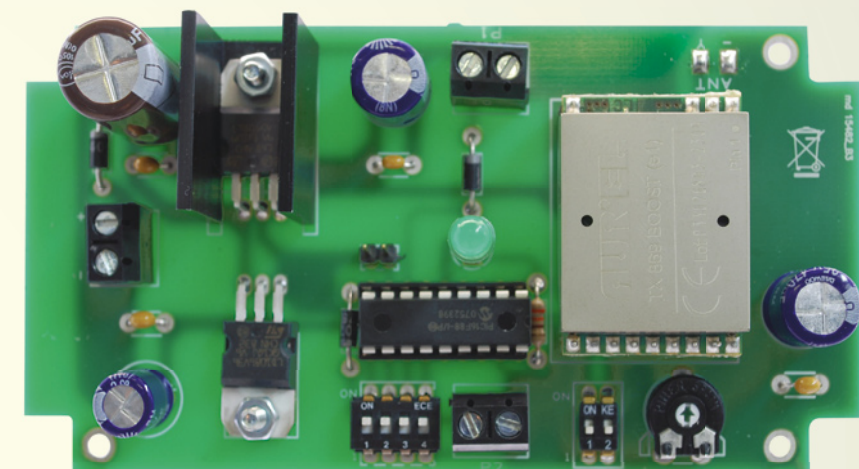
In altre parole, ogni dato viene rappresentato da due livelli logici, il primo dei quali è uguale a quello del dato e l'altro è l'opposto: se il dato è un 1 logico, la coppia di bit che lo rappresenta è

10 mentre se vale 0 è rappresentato con 01.

In realtà la codifica Manchester ha l'effetto di sensibilizzare il ricevitore alla transizione, ossia al fronte di commutazione del segnale, quindi lo zero logico equivale al passaggio 0>1 e l'1 logico al fronte di discesa 1>0. Purtroppo, se è vero che migliora la discriminazione dei rumori, questa codifica comporta un dimezzamento della banda utile, ossia del data-rate consentito: infatti se per ogni bit ne vengono trasmessi due significa che il data-rate effettivo è dimezzato. Perciò, seppure i moduli consentano una comunicazione a 19.200 bps, con la Codifica Manchester le informazioni effettivamente trasmesse saranno la metà. Detto

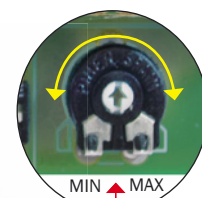
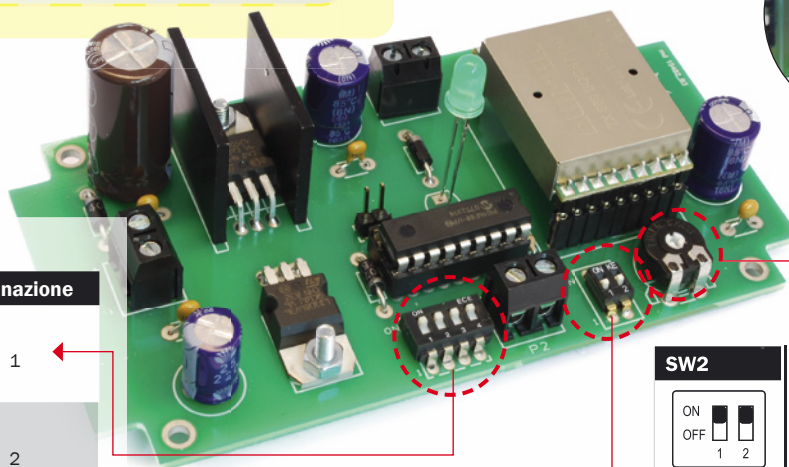
ciò, proseguiamo con l'analisi della stringa trasmessa dal TX e vediamo il codice, che è un byte di cui quattro bit sono definiti dallo stato del dip-switch binario SW1; essendo quest'ultimo formato da quattro switch, sono possibili 16 combinazioni, che consentono di utilizzare nello stesso campo d'azione altrettante coppie TX/RX.

L'ultima parte della stringa contiene il comando diretto al ricevitore, dato che, come accennato qualche paragrafo indietro, è il trasmettitore ad imporre il modo di funzionamento; il comando dice se il relé deve attivarsi o tornare a riposo, così che il ricevitore sappia come comportarsi. Più esattamente, attivando l'ingresso P1 si comanda l'eccitazio-



ne del relé, mentre comandando P2 si ordina la disattivazione dello stesso relé. Il tutto, indipendentemente dalla modalità di

funzionamento scelta nell'unità ricevente. Ogni ingresso è associato ad un particolare codice: P1 corrisponde a 01010101 mentre P2 è rappresentato da 10101010; quindi l'ultima parte della stringa è 01010101 se è dovuta all'attivazione della linea P1, ovvero 10101010 se la trasmissione si deve all'attivazione della P2. Va da sé che per usare il comando a distanza in modo bistabile occorre impiegare entrambi gli ingressi (dato che uno attiva e l'altro fa ricadere il relé) mentre per ottenere la modalità impulsiva bisogna usare il solo ingresso P1; premere P2 non serve in quanto il ricevitore, durante l'esecuzione della temporizzazione, ignora qualsiasi segnale in arrivo. Per avere la certezza che il comando giunga con l'effetto dovuto, ad ogni trasmissione la stringa appena descritta viene ripetuta 5 volte.



SW1	RB4	RB5	RB6	RB7	Combinazione
ON OFF 1 2 3 4	0	0	0	0	1
ON OFF 1 2 3 4	1	0	0	0	2
ON OFF 1 2 3 4	0	1	0	0	3
...	...	...	...	...	...
ON OFF 1 2 3 4	1	1	1	1	16

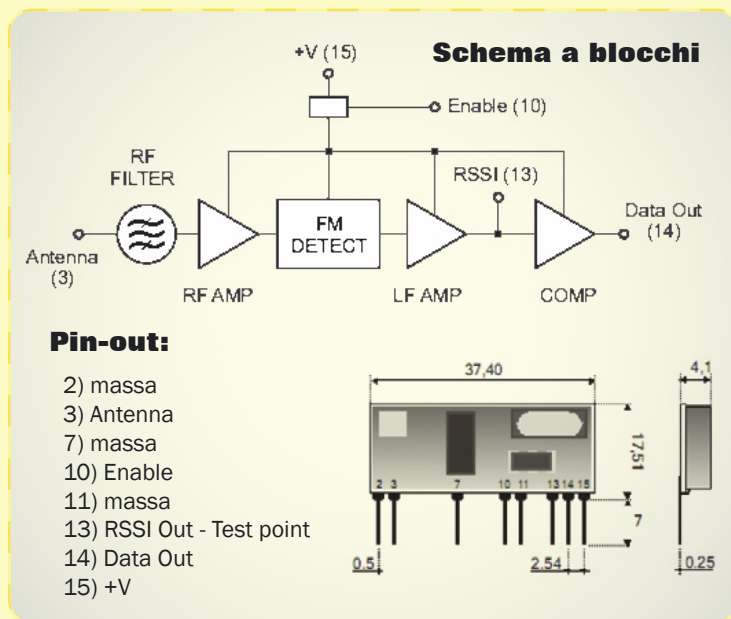
I due dip-switch consentono di impostare la codifica di trasmissione (SW1) e la frequenza di lavoro (SW2) mentre con il trimmer R1 è possibile selezionare la potenza di uscita. Nel nostro caso andrà sempre selezionata la frequenza di 869,50 MHz.

SW2	Canale
ON OFF 1 2	869,45 MHz
ON OFF 1 2	869,50 MHz
ON OFF 1 2	869,55 MHz
ON OFF 1 2	869,60 MHz

Il modulo ricevitore Aurel RX-FM8S

Si tratta di un ricevitore supereterodina FM ad elevata sensibilità (-105 dBm) e selettività (110 kHz di banda passante in antenna) munito di filtro SAW nello stadio di ingresso che lo rende altamente immune ai disturbi e ottimizza la ricezione. Può essere alimentato ma posto in power-down (in assenza di segnale) per minimizzare così il consumo (0,5 μ A); questa funzione si ottiene mediante il piedino 10, che va tenuto a Vdd durante il normale funzionamento e posto a zero (o non collegato) per ottenere il power-down. Il modulo

funziona con una tensione di alimentazione compresa tra 4,5 e 5,5 volt ed assorbe circa 6 mA. La disposizione dei piedini è single-in-line, dato che il modulo è realizzato su una basetta in allumina, come gran parte dei componenti Aurel; la piedinatura è la seguente:



La parte più interessante del circuito è certamente il modulo TX869BOOST da 500 mW, che qui viene impiegato nella classica configurazione: funziona con i 5 volt ricavati dall'alimentazione principale mediante un regolatore integrato 7805 (al microcontrollore provvedono i 3 volt ottenuti dall'altro regolatore, ossia U4) e dispone di un dip-switch con il quale possiamo scegliere il canale su cui trasmettere. Nella nostra applicazione, essendo il ricevitore a singolo canale e accordato sugli 869,5 MHz, imposteremo i dip nel modo seguente: lasceremo aperto quello collegato al piedino 11 e

chiuderemo quello sul pin 12. Il modulo consente di regolare dall'esterno la potenza in trasmissione, mediante il piedino 15; a questo abbiamo collegato un trimmer che ci permette di adattare l'unità alle esigenze operative. Ad esempio in ambiti dove basta una potenza ridotta e quel che conta è risparmiare corrente (ad esempio dove il TX è alimentato a batterie o pannelli fotovoltaici) poter ridurre la potenza trasmessa consente un contenimento del consumo. L'ingresso dei dati è, come previsto, localizzato al piedino 14. Siccome il trasmettitore può essere acceso e spento tra-

mite un livello logico, con il microcontrollore comandiamo il piedino 16 (EN) allo scopo di consumare corrente solo quando serve trasmettere. Pertanto, il micro tiene normalmente a livello logico basso il piedino 10 e lo solleva (ossia lo pone ad 1 logico) solamente per la durata di ogni trasmissione. In realtà, dato che, appena acceso, il modulo richiede qualche istante prima di poter trasmettere, il pin 16 viene forzato ad 1 logico 100 ms prima di inviare i dati sul piedino 14. Conformemente alle specifiche Aurel, il modulo viene spento con un certo ritardo rispetto al termine della stringa da trasmettere, ossia 30 ms dopo.

Il modulo TX869 Boost richiede un'antenna trasmittente esterna, da collegare tra i piedini 2 (conduttore caldo) e 1 e 3 (massa). Prima di spiegare come è fatta e in che modo funziona l'unità ricevente è opportuno dire che, proprio per rispettare le prescrizioni della Decisione 2006/771/EC, abbiamo dovuto fare in modo che, indipendentemente dal comando, il modulo TX trasmetta per non più di un secondo su 10, ovvero per 1/10 del tempo calcolato su base oraria. Per questa ragione, ogni volta che si attiva un ingresso (P1 o P2 è indifferente) o che si preme il tasto eventualmente collegato ad esso, il microcontrollore genera le 5 stringhe per circa 1 secondo e poi si inibisce per 9 secondi; insomma, fa in modo che la trasmissione duri per non più di un secondo su 10.

Ciò significa che se anche P1 o P2 restano attivati in permanenza, il trasmettitore trasmette il proprio comando per un secondo ogni 10, ovvero che trasmette ogni 10 secondi. Ad ogni trasmissione, ovvero a seguito dell'emissione di una serie di stringhe, il micro

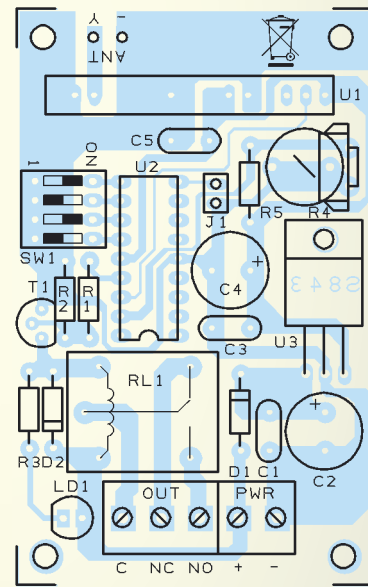
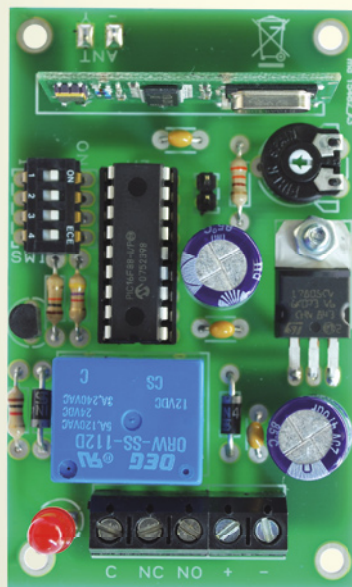
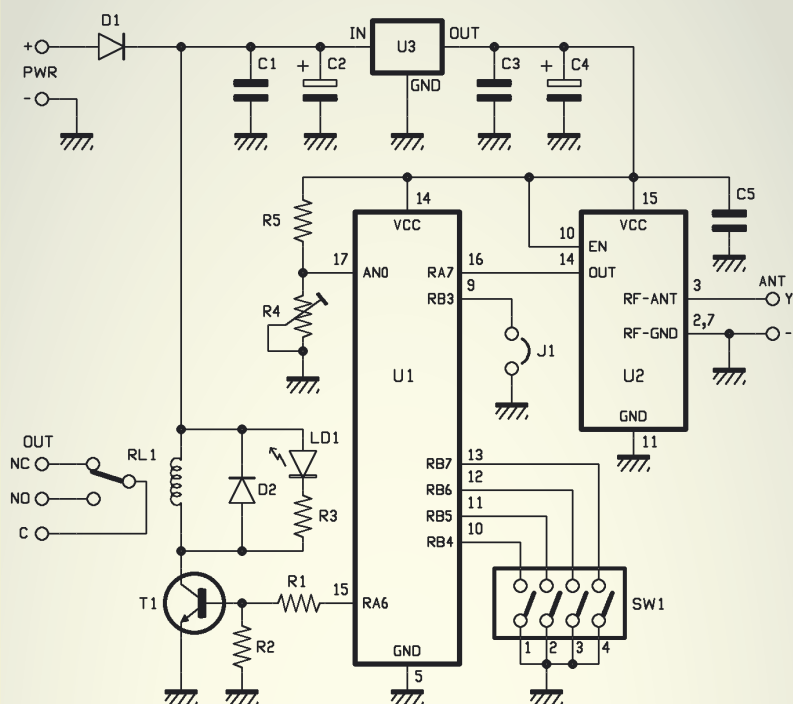
Il ricevitore

U1 attiva la propria linea RA0 e fa illuminare il led LD1, per indicare visivamente che è in corso una trasmissione.

L'UNITÀ RICEVENTE

Bene, spiegato come funziona il trasmettitore andiamo a vedere come lavora e come è fatto il ricevitore: si tratta di un circuito più semplice e comunque basato anch'esso su un microcontrollore, il quale ha il compito di decodificare i segnali in arrivo dal ricevitore ibrido e gestire di conseguenza il relé. Il tutto viene alimentato con i 5 volt ricavati dalla tensione di alimentazione principale grazie al regolatore integrato U3 (si tratta di un 7805). Il modulo riceve le onde radio tramite l'antenna ricevente, collegata tra i piedini 3 (conduttore caldo) e 2, 7 (massa) e le sintonizza mediante il proprio stadio accordato. Il demodulatore estrae i dati dalla portante modulata e convertita in frequenza e poi li invia alla propria uscita, ossia al piedino 14. Da qui gli impulsi raggiungono il microcontrollore, il cui programma "gira" in loop attendendo non una semplice commutazione sul piedino 8 (linea RB2) ma l'arrivo dell'header.

All'arrivo di una stringa, il PIC verifica innanzitutto che il formato dei dati sia quello previsto dal nostro sistema, altrimenti abortisce la procedura e torna ad attendere una nuova stringa. Il firmware del microcontrollore non si cura del preambolo, che considera come commutazioni casuali. Se riceve e riconosce l'header, il programma va a leggere la porzione di dati seguente, ossia il codice dell'unità trasmittente, che confronta con l'impostazione delle linee RB4, RB5, RB6, RB7 determinata dal dip-switch SW1. A questo punto, se i dip di quest'ultimo sono



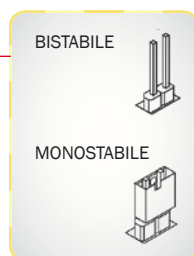
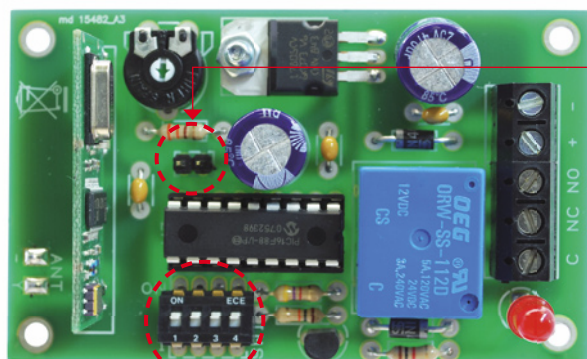
Elenco Componenti:

R1: 4,7 kohm
R2: 10 kohm
R3: 1 kohm
R4: trimmer 2,2 kohm
R5: 330 ohm
C1, C3, C5: 100 nF
C2, C4: 470 µF 25 VL
D1, D2: 1N4007
U1: PIC16F88-I/P

(MF843)
U2: RX-FM8SF869
U3: 7805
SW1: Dip-switch 4 vie
RL1: Relé 12V 220Vac/
3A 1 scambio
LD1: Led 5 mm rosso

Varie:
- Zoccolo 9+9
- Vite 10 mm 3 MA

- Dado 3 MA
- Morsetti 2 poli
- Morsetti 3 poli
- Strip maschio 2 poli
passo 2,54 mm
- Jumper
- Antenna accordata
869 MHz
- Circuito stampato



La codifica di ricezione (che deve essere uguale a quella di trasmissione) si imposta col dip-switch SW1 mentre il jumper J1 consente di scegliere la modalità di funzionamento del relé.

SW1	RB4	RB5	RB6	RB7	Combinazione
ON OFF 1 2 3 4	0	0	0	0	1
ON OFF 1 2 3 4	1	0	0	0	2
ON OFF 1 2 3 4	0	1	0	0	3
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
ON OFF 1 2 3 4	1	1	1	1	16

impostati analogamente a quelli del TX, il programma del micro legge il comando (altrimenti abbandona la procedura e si riporta nell'attesa di una nuova stringa di dati...) e lo esegue.

Se nell'RX è impostato il modo di comando bistabile (J1 aperto) il micro pone il proprio piedino 15 a livello alto quando il dato del comando ricevuto è 01010101 (P1) e a livello basso se il byte del comando è, invece, 10101010 (P2). Se il relé è eccitato e arriva un comando da P1, nulla cambia; lo stesso dicasi se il relé è a riposo e giunge un comando dovuto all'attivazione, sul trasmettitore, della linea P2. Nel modo monostabile (si ottiene con J1 chiuso) il micro genera sul pin 15 un impulso a livello alto la cui durata dipende dall'impostazione del trimmer (R4) presente nel circuito e che può essere scelta fra 0,5 e

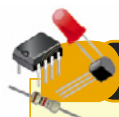
5 secondi. Il trimmer viene letto dal firmware mediante il converter A/D, grazie al quale verifica la tensione riportata al piedino 17 e da questa risale alla resistenza

inserita. Durante l'esecuzione di una sequenza di attivazione monostabile il microcontrollore ignora eventuali dati in arrivo dall'ibrido RX fin quando il relé non è tornato a riposo.

Il relé di uscita viene comandato dal micro mediante un transistor NPN che funziona da interruttore statico ed alimenta la bobina mediante il proprio collettore; il diodo D2 serve a proteggere la giunzione base-collettore nei momenti in cui il transistor si interdice, mentre il led LD1, in serie alla resistenza R3, segnala quando il relé è eccitato.

REALIZZAZIONE PRATICA

A questo punto passiamo alla parte pratica del progetto e vediamo come realizzare TX ed RX: la prima cosa da fare è preparare i circuiti stampati occorrenti, ricorrendo alla fotoincisione e ricavando le necessarie pellicole da stampe delle tracce lato rame scaricabili in formato TIFF dal nostro sito Internet www.elettronica.in.it. A questo proposito, segnaliamo che il progetto del telecontrollo è anche disponibile in scatola di montaggio all'inter-

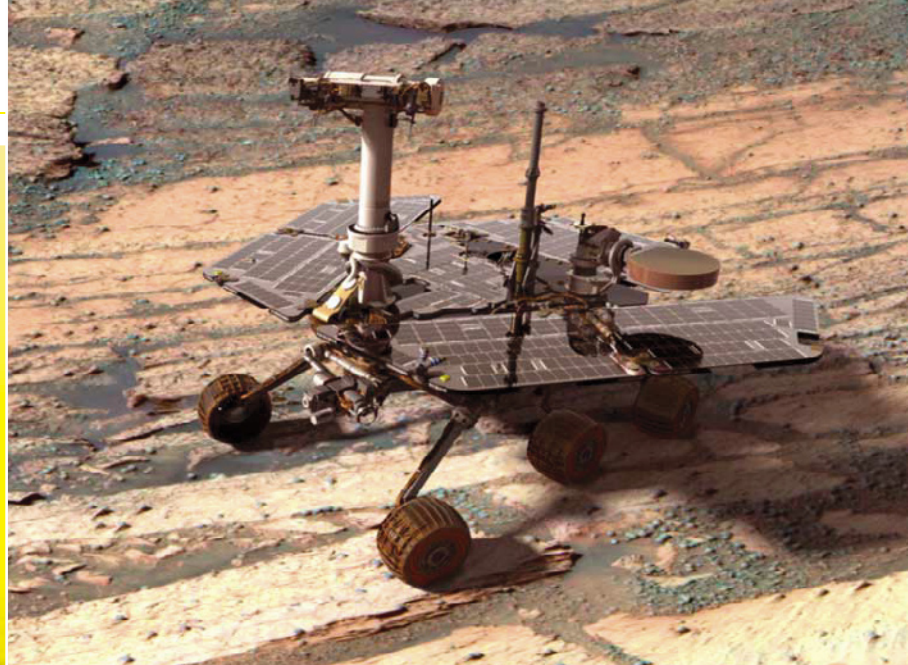


per il MATERIALE

Tutti i componenti necessari alla realizzazione del nostro telecontrollo sono facilmente reperibili in commercio. I master dei circuiti stampati ed il firmware col quale programmare i microcontrollori sono scaricabili gratuitamente dal sito della rivista (www.elettronica.in.it). I due micro sono anche disponibili già programmati (TX, cod. MF842 Euro 12,00; RX, cod. MF843 Euro 12,00). I due moduli Aurel costano rispettivamente 44,00 Euro (trasmettitore a 4 canali, cod. TX869BOOST) e 16,50 Euro (ricevitore, RX-FM8SF869). Il telecontrollo è anche disponibile in scatola di montaggio; il trasmettitore costa 62,00 Euro (cod. FT842) mentre il ricevitore costa 32,00 Euro (cod. FT843). I kit comprendono tutti i componenti, i moduli Aurel, le basette forate e serigrafate, i micro già programmati e le minuterie. Non sono comprese le antenne. L'antenna a stilo rigida (cod. AS868) costa 9,50 Euro, l'antenna GP (cod. GP868) costa 26,00 Euro mentre la YAGI direttiva costa 39,00 Euro (cod. YAG868). 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 - www.futurashop.it

no delle quali sono presenti, oltre a tutti i componenti necessari, anche le due basette già pronte, forate e serigrafate. Il montaggio non presenta particolari difficoltà: iniziate inserendo le resistenze e in generale i componenti a basso profilo, prevedendo zoccoli per i microcontrollori; per i dip-switch, nel trasmettitore dovete posizionare il primo dip dell'SW1 verso il regolatore U4 e l'1 dell'SW2 verso le piazzole riservate alla connessione del pulsante P2, mentre nel ricevitore, badate che il primo dip corrisponda al pin 10 del microcontrollore (ovvero sia rivolto all'ibrido U1). Procedete montando i pulsanti da c.s. (se pensate di non usarli, sistemate al loro posto delle morsettiere cui collegherete eventuali interruttori o uscite a livello di tensione) e i condensatori, prestando attenzione alla polarità degli elettrolitici. Collocate quindi i regolatori di tensione, che potrete disporre sdraiati sullo stampato dopo averne piegato a 90° i terminali; il regolatore U3 del trasmettitore deve essere munito di piccolo dissipatore di calore sagomato ad U, avente resistenza termica di circa 20 °C/W. Montate i componenti restanti (led, relé, transistor) e quindi i moduli ibridi, ognuno dei quali entrerà nei fori del proprio stampato solo nel verso corretto. A questo punto sistimate le morsettiere in corrispondenza delle piazzole di alimentazione e di uscita del ricevitore; poi non vi resta che connettere alle piazzole ANT due spezzoni di cavo coassiale UHF, alle estremità dei quali connetterete un'antenna ciascuno. Nel connettere i cavi rammentate che il conduttore interno deve andare al punto Y di ciascuna coppia di contatti, mentre la maglia di schermo va saldata sul simbolo "-". Le antenne per i moduli, in



Telecontrolli per lo spazio

Il controllo a distanza via radio ha reso possibili cose semplici e cose complesse: non solo serve per azionare a distanza cancelli, luci e macchinari, ma ha permesso di guidare i primi robot che hanno esplorato Marte. Nel gennaio 2004, due sonde gemelle, della NASA (Spirit e Opportunity) si posavano su Marte. La loro missione doveva durare non più di tre mesi durante i quali dovevano cercare tracce di precedente attività idrogeologica. Entrambi i robot esploratori sono stati guidati via radio dalla Terra, pur con le difficoltà e le limitazioni imposte dalla distanza e dalla conseguente lentezza nella propagazione dei comandi. Infatti va considerato che la velocità delle onde radio, che ci permette di trasmettere praticamente all'istante un comando a distanza, a milioni di km può comportare ritardi notevoli; come sappiamo le onde radio si propagano ad una velocità elevatissima (300.000 km/s) ma nel caso di distanze interplanetarie, per arrivare a Marte (che dista dai 56 ai 100 milioni di km dalla Terra), le onde radio impiegano mediamente di 5 minuti. Ed altrettanto

impiegano i segnali da Marte per giungere sulla Terra. Ad oltre cinque anni dal loro arrivo sulla superficie di Marte, questi due robot sono ancora operativi perché gli operatori del controllo missione hanno imparato a gestire e risolvere tutti i pericoli e le difficoltà di un controllo così particolare; più di una volta i veicoli si sono bloccati e più di una volta dune e cumuli pietrosi hanno impedito di seguire il percorso previsto. Tutto il lavoro svolto si è tradotto in esperienza pratica che ha reso possibili nuove mete per i Rover gemelli, anche affrontando difficoltà contingenti come quelle di Spirit, che ha una ruota bloccata e che deve essere guidato all'indietro. Opportunity, la sonda che ha meno problemi, si dirige verso il cratere Endeavour, traguardo ambizioso perché la distanza sarà coperta in 2 anni (la velocità media è di 2 km al giorno). Spirit ha invece una missione più ardua - raggiungere la struttura di Goddard - anche perché i pannelli solari sono pieni di sabbia, una ruota è bloccata e un cavo limita le funzionalità del braccio robotico.

Il protocollo di comunicazione

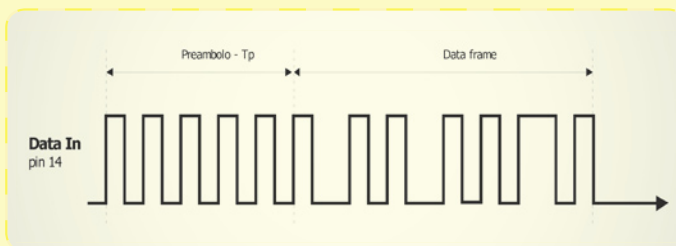
La stringa generata dal microcontrollore del TX ha la seguente struttura:

preambolo - header - codifica - codice pulsante premuto

Il preambolo è un insieme di 8 byte così strutturati:
01010101 01010101 01010101 01010101 01010101
01010101 e serve per preparare il modulo TX alla trasmissione.

L'header, che comprende due byte (10101010 10110110), serve al ricevitore per sincronizzarsi col trasmettitore e a preparare la decodifica.

La codifica serve per identificare il ricevitore mentre il codice del pulsante premuto è un byte che vale:



- 01010101 per P1;
- 10101010 per P2.

La codifica viene elaborata secondo il protocollo Manchester ed ogni stringa viene inviata 5 volte consecutive per garantire l'efficacia del comando.

special modo per il trasmettitore, possono essere delle ground-plane o delle direttive (ad esempio Yagi) sebbene, come abbiamo detto, non può essere utilizzata un'antenna direttiva per il trasmettitore. In prima battuta conviene fare delle prove con degli spezzoni di filo rigido di 8,5

centimetri di lunghezza, sia per il trasmettitore che per il ricevitore. Verificato che tutto funzioni correttamente (attenzione alle varie impostazioni), e se la portata dovesse essere insufficiente per le proprie necessità, si potrà fare ricorso a dei "gommini" per UHF e, nel caso, a delle GP o ad anten-

ne direttive. Per l'alimentazione, il trasmettitore necessita di una tensione continua di valore compreso tra 9 e 15 volt e una corrente di almeno 550 milliampere; per il ricevitore il range di tensione è lo stesso ma la corrente necessaria è decisamente minore: gli bastano all'incirca 100 mA. ■

È l'ORA dei *maxi orologi*



Orologio radiocontrollato Big Digital

Orologio da parete, di grandi dimensioni (43 x 410 x 270mm), dotato di display LCD. Funzione calendario, termometro, igrometro e allarme. Alimentazione a batteria.

WS8009
€ 22,00

Proiettore orologio analogico

WTPC108
€ 64,00



Originale dispositivo che proietta su una parete il quadrante di un orologio analogico. Alimentazione mediante adattatore da rete (incluso); lente regolabile. Dimensioni 220 x 150 x 130mm (base inclusa).



Orologio radiocontrollato con calendario

Dispone di due distinti display LCD per la visualizzazione di ora, data e temperatura. Funzione di allarme e snooze. Alimentazione a batterie. Dimensioni 257 x 226 x 21mm.

WC6118W
€ 54,00



Orologio radiocontrollato con termometro

Visualizza calendario e temperatura. Funzione di allarme e snooze. Alimentazione a batterie. Dimensioni 228 x 28 x 180mm.

WC8205
€ 23,00

Orologio radiocontrollato con sensore di temperatura esterno

Ampio display LCD, indicazione calendario, fasi lunari e temperatura interna ed esterna. Funzione di allarme e snooze. Alimentazione a batterie. Dimensioni 221,8 x 31,4 x 239mm.

Orologio con datario

Display a LED rossi (altezza cifra 12,5 cm). Alimentazione tramite adattatore da rete (incluso). Dimensioni 830 x 230 x 40mm.

WC235RL
€ 108,00



Orologio analogico radiocontrollato

Commutazione automatica ora solare/legale. Alimentazione a batteria. Dimensioni Ø 300 x 40mm.

WC300
€ 24,00



Orologio analogico con display LCD

Indicazione digitale di data e temperatura. Alimentazione a batteria. Dimensioni Ø 260 x 40mm.

WC300T
€ 12,00

FUTURA ELETTRONICA

Via Adige, 11 • 21013 Gallarate (VA)
Tel. 0331/799775 • Fax. 0331/792287

Scopri la gamma completa degli orologi da parete sul sito
www.futurashop.it tramite il quale è anche possibile effettuare acquisti on-line.



Illumina gli occhi, fa versi e rumori a volte tetri ed altre decisamente enigmatici, ondeggia il lenzuolo che lo ricopre... È un gadget che non mancherà di farsi notare in una vetrina ed ancor più in una stanza buia...

IL FANTASMA ...DELL'ELETTRONICA!

di DAVIDE SCULLINO

No! Non temete... L'elettronica non è morta! E come farebbe, visto che tutto il nostro mondo moderno si basa su di essa. E che fine faremmo noi, che di elettronica ci nutriamo? Il titolo forse un po' ad effetto vuol solo dire che, visto il dilagare della celebrazione della festa di Halloween anche in Italia, intendiamo proporvi un giochetto, un simpatico gadget in tema: si tratta di un piccolo (è alto una quindicina di centimetri) fantasma, con tanto di lenzuolo, che scorazza qua e là al buio. Un'idea simpatica per animare un party di Halloween o per

giocare uno scherzo a qualcuno: magari mettendoglielo notte tempo sul comodino o sul davanzale della finestra... Sperando, naturalmente, che alla vittima di turno non "prenda un accidente". Si tratta di qualcosa di sicuro effetto, però molto semplice ed economico da realizzare; per chi ha fretta o non può realizzare da sé il circuito stampato, è previsto un kit di montaggio con tutto l'occorrente: lenzuolo bianco (in miniatura) compreso. Può, però, essere anche solo un giochetto per i bambini, dato che è innocuo e, funzionando a pile, non comporta rischio

di folgorazione. Il fantasma si realizza con estrema semplicità, a partire dal circuito stampato, che fa da telaio e sostiene tutto, compreso il lenzuolo bianco; è quindi indicato anche a chi si diletta con l'elettronica. Ha due led che fanno da occhi e appaiono luminosi sotto il lenzuolo e si muove a sinistra e a destra mediante un piccolo motore elettrico che lo fa tremare, agitando il lenzuolo. Un piccolo altoparlante nascosto riproduce un ululato, che è quello cui associamo l'apparizione di un fantasma.

IL CIRCUITO

L'elettronica che realizza il picco-

oltre a GP5 come uscite riservate, rispettivamente, al comando del motore che agita il fantasma, dei led degli occhi e dell'altoparlante che riproduce la voce, ossia l'ululato. All'inizializzazione, GP1 viene settata come ingresso e serve ad una sorta di vox implementato dal firmware.

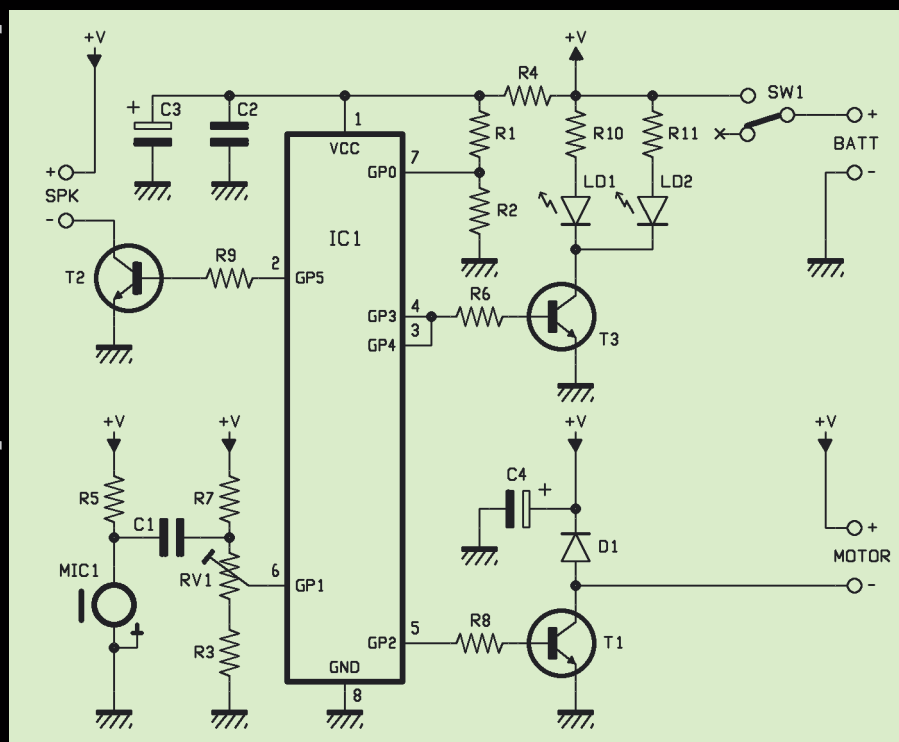
Ma vediamo come funziona questo piccolo robot fantasma: una volta ricevuta l'alimentazione dalle pile, tramite l'interruttore SW1, il micro (completata l'inizializzazione degli I/O) controlla lo stato della linea GP1, mediante il comparatore programmabile al suo interno, assegnato a tale linea dal firmware. Questa linea serve

una capsula microfonica electret, polarizzata a riposo mediante R5 e il cui segnale audio raggiunge, tramite il condensatore C1 e il trimmer RV1, il piedino 6 del microcontrollore; le resistenze R7 ed R3 fanno partitore con il trimmer e determinano il valore continuo presente sul predetto piedino 6, che deve essere di poco inferiore alla soglia di commutazione. Quando il segnale audio è di ampiezza tale che, sommato alla polarizzazione, porta sulla linea GP1 una tensione maggiore di quella corrispondente alla soglia di commutazione, il firmware del microcontrollore rileva l'audio ambientale e attiva le linee GP2, GP3, GP4 e GP5 per un periodo di circa 5 secondi. La prima viene posta fissa a livello logico alto e per tutto l'intervallo di attivazione manda in saturazione il T1, il quale alimenta il motore che fa scuotere il fantasma; di questa parte di circuito notate il diodo D1, che protegge la giunzione base-collettore del transistor dalle extratensioni che si generano negli avvolgimenti del motore quando le spazzole passano dall'uno all'altro contatto.

La linea GP4, sempre nel periodo di attivazione, produce una nota modulata generata via firmware, che pilota l'altoparlante mediante il transistor T2, utilizzato, quest'ultimo, come amplificatore di corrente; le note vengono costruite facendo pulsare la linea GP5 alla frequenza desiderata.

Quanto alle linee GP3 e GP4, nel periodo di attivazione pulsano facendo accendere i due led mediante il transistor T3.

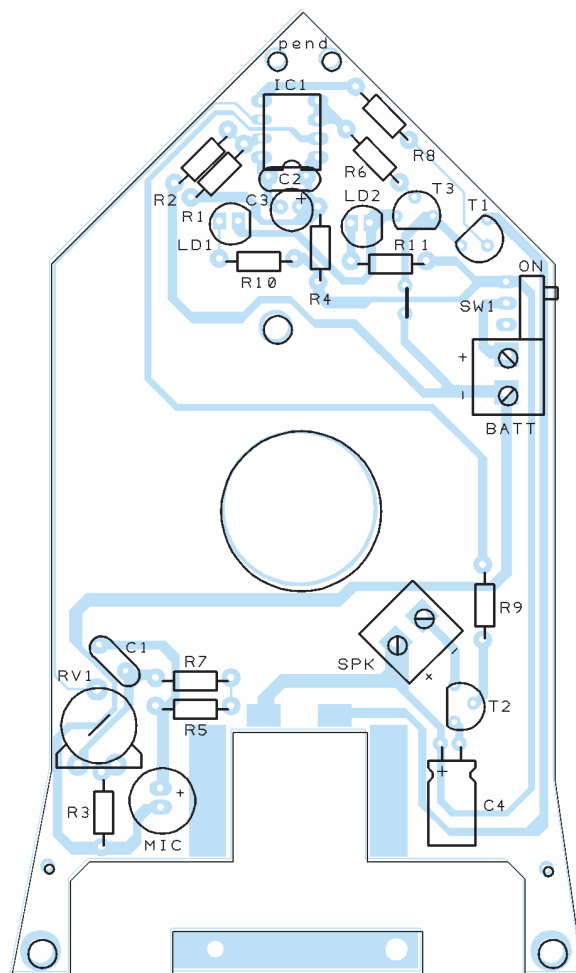
Ora va detto che in realtà per ogni periodo di attivazione il fantasma esegue combinazioni di movimento, suono e illuminazione degli occhi che variano continuamente, per cui non sempre si attivano simultaneamente il



lo gadget è resa molto semplice dall'adozione di un microcontrollore (PIC12F629 Microchip) che, lo vedete guardando lo schema elettrico illustrato in queste pagine, si occupa di gestire praticamente tutto: una volta alimentato, inizializza le proprie linee di I/O, impostando GP2, GP3 e GP4,

a rilevare, mediante il microfono, i suoni nell'ambiente; infatti il fantasma comincia a muoversi, ad animarsi, solo quando nell'ambiente si sente una voce o un rumore. Così ha un effetto più suggestivo. Il rilevamento dei rumori nell'ambiente si effettua mediante

[piano di **MONTAGGIO**]



Elenco Componenti:

R1 ÷ R3: 100 kohm

R4: 10 ohm

R5, R6: 10 kohm

R7: 82 kohm

R8, R9: 1 kohm

R10, R11: 68 ohm

RV1: Trimmer 100 kohm MO

C1, C2: 100 nF multistrato

C3, C4: 100 μ F 25 VL elettrolitico

D1: 1N4148

IC1: PIC12F629-I/P (VMK166)

LD1: Led 5 mm rosso

LD2: Led 5 mm rosso

T1, T2: BC547

T3: BC557

MIC1: Capsula microfonica da CS

SW1: Deviatore a slotta

MOT1: Motore DC 3 Vcc

Varie

- Alberino per trimmer

- Zoccolo 4+4

- Altoparlante 8 ohm / 0,5 W (MLS2)

- Dado 3 MA (5 pz.)

- Vite 8 mm 3 MA

- Vite 25 mm 3 MA (2 pz.)

- Porta batteria 2xAAA

- Circuito stampato

motore, l'altoparlante e i led.

REALIZZAZIONE PRATICA

Detto questo, vediamo come costruire il piccolo robot: per prima cosa occorre realizzare il circuito stampato, per fotoincisione, ricavando la necessaria pellicola dalla traccia lato rame scaricabile

dal nostro sito www.elettronica-in.it; incisa e forata la basetta, realizzate la cava per il motore e separate il listello che la chiude: questo farà da braccetto eccentrico che agiterà il fantasma. A questo punto disponete i componenti sullo stampato a partire da quelli a più basso profilo, ossia

resistenze, diodo al silicio e zoccolo; realizzate quindi il ponticello, usando un avanzo di un terminale di una resistenza e sistemate il trimmer, i condensatori e il piccolo deviatore a slitta sul bordo dello stampato. Adesso disponete i tre transistor, orientandoli come indicato nell'apposito disegno



Il portatile va incollato con della colla a caldo o avvitato sul retro dello stampato.



Sull'albero del motore va saldato un listello di vetronite al cui estremo va stretto un bullone che fa da peso dell'eccentrico.

visibile in queste pagine, che vi aiuterà a disporre tutti i componenti polarizzati, come i led, i quali dovranno restare sollevati dallo stampato di almeno un paio di centimetri. Infine montate la capsula microfonica, ricordando, se è del tipo a due soli elettrodi (quella qui prevista è sempre a due fili, ma ha un elettrodo separato per lo schermo) di infilare

nella piazzole di massa il terminale che risulta elettricamente collegato all'involucro. A questo punto non resta che sistemare il portatile minitilo, da collocare sul lato saldature del circuito stampato incollandolo mediante della colla a caldo; i due fili, rosso e nero, dovete saldarli nelle piazzole rispettivamente + e - dell'alimentazione. Dovete anche

collocare l'altoparlante inserendo il magnete nell'apposito foro al centro della basetta, tenendo la membrana dal lato componenti e incollando il cestello con la solita colla a caldo; quanto ai contatti, saldate loro due spezzoni di filo che introdurrete poi nelle piazzole SPEAKER.

Così avete terminato il montaggio elettronico; adesso non vi re-

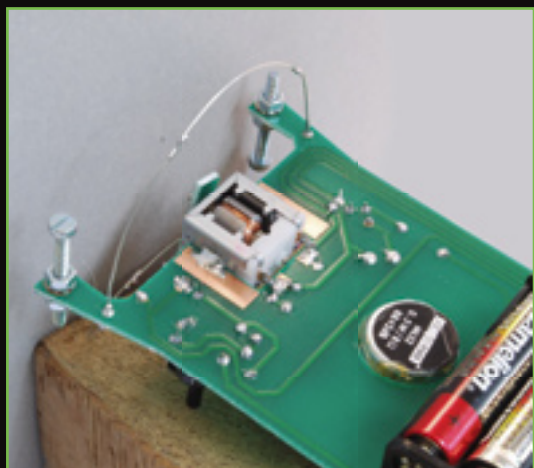


Qualcuno definisce i fantasmi allucinazioni e dà spiegazioni scientifiche ai fenomeni descritti come apparizioni, quali i *fuochi fatui*, esalazioni gassose dal suolo dei cimiteri, che illuminate possono apparire fantasmi. Andando nel paranormale, i fantasmi sarebbero una manifestazione di vivi che

I fantasmi esistono?

inviano messaggi telepatici in momenti di particolare stress psicologico o emotivo. Ciò non si può escludere, in quanto si conosce ancora poco delle potenzialità della mente ed è stato provato che alcuni soggetti producono onde cerebrali molto intense. Ma i fantasmi potrebbero essere l'energia impressa in determinati stati d'animo da persone dotate di grande energia psichica, che formerebbe un effetto simile a quello fotografato nel 1939 da Kirlian, un riparatore di macchine fotografiche russo che, sottoposto a un'alta tensione, notò che la pellicola di

una macchina fotografica restò impressionata e mostrò attorno a lui un alone, chiamato "aura", che rappresenterebbe l'energia vitale del corpo fotografato (sebbene per la Fisica sia l'*effetto corona* che si manifesta per l'effluvio elettrostatico dei corpi sottoposti a campi elettrici intensi). Fotografando con la stessa tecnica una foglia tagliata o una persona che ha perso un arto, pare che l'aura ritragga le parti mancanti. Il fenomeno venne addebitato all'interazione tra il campo elettrico e l'energia irradiata dal corpo. Qualcosa di non molto distante dai fantasmi...



Il motore va bloccato stagnandone bene i fianchi a ridosso delle apposite piazzole.

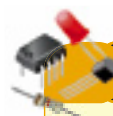


Incollate l'altoparlante inserendone il magnete nel foro previsto. Con del filo di rame realizzate l'anello distanziatore.

sta che dedicarvi alla meccanica. Prendete il piccolo motore elettrico e raschiatene i due lati opposti, quindi accostateli e stagnateli collegandoli alle piazzole ramate che si trovano ai lati della cava che ospita il motore stesso; se il motore è più stretto della cava, stagnate degli spezzoni di filo per arrivare a colmare la distanza e stagnate abbondantemente. Fatto ciò, saldate i terminali del motore sulle rispettive piazzole dello stampato. Ora prendete uno spezzone di filo di rame nudo, di $0,6 \div 0,8$ mm di diametro, lungo circa 25 cm, infilatelo nei fori degli angoli che sono in basso nello stampato e formate un cerchio centrato intorno al circuito; stagnate quindi il filo nelle piazzole corrispondenti per fermarlo. Sempre negli angoli in basso allo stampato, più sotto del filo, si trovano due fori; lì dovete stringere due viti 3 MA x 35 mm, bloccandole con un controdado in modo che una sia dalla parte opposta all'altra (vedete le foto del prototipo). Lo scopo è sorreggere il fantasma ed evitare che caschi quando il motore sarà in movimento. A proposito di motore: prendete il listello che avete staccato dallo stampato e

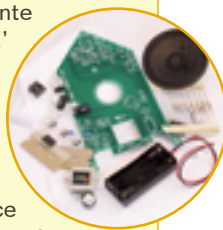
fissatevi da un lato un bulloncino 3 MA x 10 mm e, nel foro più piccolo, infilate l'alberino del motore, che bloccherete con una goccia di stagno sulla piazzole in rame circostante o, laddove lo stagno non aderisse al metallo dell'alberino, con della colla termica. Avete così realizzato e fissato l'eccentrico, che servirà a far vibrare e girare su sé stesso il fantasma. In ultimo, prendete il piccolo lenzuolo che trovate nel kit, ovvero un pezzo di fodera bianca sottile, quadrato, da 30 cm di lato e incollatelo al centro sulla punta dello stampato, ovvero bloccatelo con uno spezzone di spago che infilerete nei fori ricavati sulla punta dello stesso stampato. Il fantasma è quindi pronto; per farlo funzionare inserite due pile ministilo nel portapile, dopo aver spostato in posizione OFF il deviatore SW1. Fatto ciò, ruotate il cursore del trimmer tutto in senso antiorario e portate l'interruttore in ON. Il fantasma accenderà i due led e per 15 secondi sarà in fase di calibrazione. Prima che scada questo intervallo ruotate lentamente il cursore del trimmer in senso orario fin quando i led si spengono. Ora attendete lo scadere del

tempo e il piccolo robot entrerà nel normale funzionamento. La regolazione del trimmer serve a regolare la soglia di rumorosità ambiente e quindi a decidere per quale livello delle voci o rumori il fantasma debba iniziare il suo "show". Sappiate, a proposito, che più il cursore si ruota in senso antiorario, più basso può essere il rumore che fa azionare il robot e viceversa. ■



per il MATERIALE

Tutti i componenti utilizzati in questo progetto sono facilmente reperibili in commercio. E' anche disponibile la scatola di montaggio (prodotta dalla Velleman e distribuita in Italia da Futura Elettronica) al prezzo di 14,00 Euro IVA compresa (codice MK166). Il kit comprende tutti i componenti, il micro già programmato, la basetta forata e sagomata, l'altoparlante e tutte le minuterie. Non sono comprese le pile.



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



Corso FPGA

Continuiamo la panoramica sulle logiche programmabili, descrivendo il funzionamento e l'uso dei chip Spartan-3 prodotti dalla Xilinx.

di
MARIANO SEVERI

Nell'articolo apparso sul precedente numero della rivista abbiamo fatto un'introduzione alle FPGA, ripercorrendo la storia di questi importantissimi componenti elettronici e tracciando una panoramica del mercato attuale. In questo articolo conosceremo una particolare famiglia di dispositivi, che sono le FPGA della serie Spartan-3AN prodotte dalla Xilinx; presenteremo quindi un kit di sviluppo a basso costo che potrà essere utilizzato per imparare a progettare con questi nuovi dispositivi ed alcuni semplici esempi di riferimento.

LE FPGA XILINX SPARTAN-3

Le FPGA della serie Spartan-3 sono state i primi dispositivi logici riprogrammabili in tecnologia a 90 nm ad essere immessi sul mercato. Introdotte nel 2003 e specificatamente progettate per applicazioni a basso costo in produzioni di massa (ad esempio nelle più tradizionali apparecchiature consumer come sistemi di accesso a larga banda, home networking, video digitale, digital signal processing) hanno rappresentato una vera e propria rivoluzione nel mondo delle logiche programmabili,

rendendo disponibili più funzionalità e capacità di trasmissione per costo unitario di quanto fino ad allora offerto.

Le caratteristiche principali dei dispositivi Spartan-3 sono elencate qui di seguito.

- Elevata capacità logica:
 - fino ad oltre 74 mila celle logiche;
 - shift-register a 16-bit dedicati;
 - multiplexer efficienti per funzioni logiche complesse;
 - logica di riporto look-ahead veloce;
 - moltiplicatori embedded 18x18;
 - porta di programmazione/debug IEEE 1149.1/1532 JTAG.
- Memoria embedded:
 - fino a 2.268 kbit di memoria block RAM veloce;
 - fino a 373 kbit di memoria RAM distribuita.
- Tecnologia SelectIO™ con supporto multi-standard:
 - fino a 633 pin di I/O in standard single-ended o 300 in standard differenziale;
 - supporto per standard single-ended LVC-MOS, LVTTTL, HSTL e SSTL;
 - supporto per standard differenziali LVDS, RSDS, mini-LVDS, PPDS, HSTL/SSTL;
 - capacità di driving configurabile fino a 24 mA;
 - uscite Double Data Rate (DDR);
 - transfer rate per I/O fino a 622 Mbps.
- Fino a 8 Digital Clock Managers:
 - riduzione dello skew delle reti di distribuzione di clock;
 - shift in fase con elevata risoluzione;
 - sintesi in frequenza tra 5 MHz e 300 MHz.
- Otto linee globali per la distribuzione di clock e diverse risorse locali a basso skew.
- Compatibilità con applicazioni PCI 32-64 bit/66 MHz e disponibilità di core IP per sistemi PCI Express.
- Disponibilità di packaging QFP e BGA Pb-free (compatibili Rohs).
- Supporto da parte dei principali tool EDA.

Grazie a queste caratteristiche, le FPGA Spartan-3 rappresentano oggi una delle più

valide alternative agli ASIC, riducendo i costi iniziali non ricorrenti, i tempi di sviluppo ed i rischi inerenti a questa tecnologia; la riprogrammabilità del dispositivo assicura flessibilità e permette l'aggiornamento direttamente sul campo delle funzionalità senza richiedere alcuna modifica hardware.

Le FPGA Spartan-3AN combinano caratteristiche e prestazioni della famiglia Spartan-3 con i vantaggi della tecnologia flash non volatile in un prodotto ideale per applicazioni come blade-server, dispositivi medicali, apparecchiature di intrattenimento in ambito automotive, sistemi telematici, GPS e, in generale, qualunque altro sistema consumer che sia critico dal punto di vista dei consumi, degli ingombri e dei costi, ma che, contemporaneamente, richieda elevate prestazioni. Oltre alle caratteristiche proprie della famiglia Spartan-3, infatti, i dispositivi Spartan-3AN dispongono fino a 11 Mbit di memoria flash interna che può essere utilizzata per la memorizzazione del bitstream di configurazione della FPGA (evitando così l'impiego di una memoria esterna dedicata) o come memoria scratchpad, supportando fino a 100 mila cicli di programmazione/cancellazione ed assicurando fino a 20 anni di data retention. Nella memoria della FPGA può essere programmata più di una configurazione, rendendo possibili applicazioni multi-boot o riconfigurazioni dinamiche in funzione delle applicazioni. Introdotte da Xilinx nel 2007, le FPGA Spartan-3AN sono state incluse nella lista dei 100 migliori prodotti dell'anno dalla EDN.

ARCHITETTURA INTERNA

La **Fig. 1** mostra uno schema di principio dell'architettura interna dei dispositivi Spartan-3 che ne evidenzia gli elementi principali:

- CLB (Configurable Logic Block): includono le LUT per la generazione delle funzioni logiche e gli elementi di memoria di tipo flip-flop o latch;
- Input/Output Block (IOB): consentono la connessione dei segnali interni ai pin di ingresso/uscita del dispositivo
- Block RAM: istanziano blocchi di memoria dual-port da 18 kbit;
- Multiplier: realizzano moltiplicatori embedded con due ingressi a 18-bit;

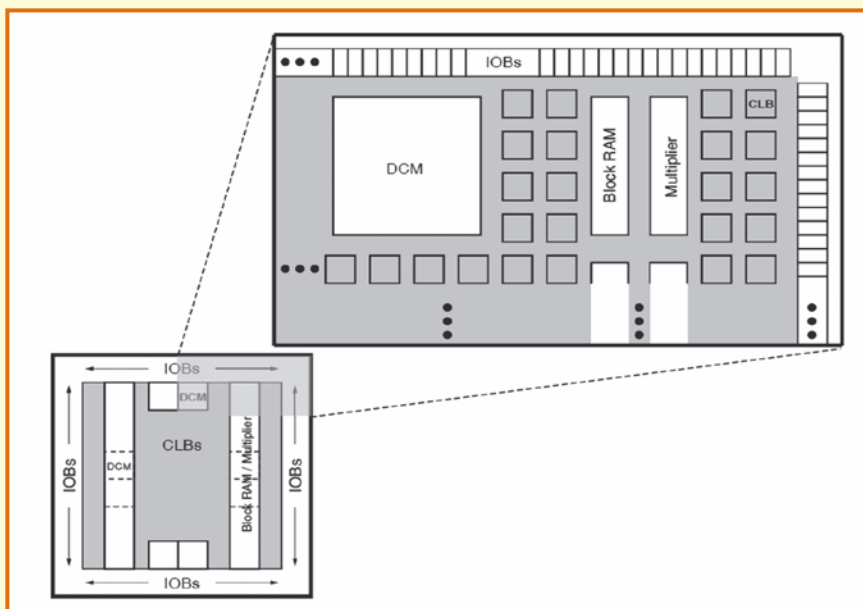


Fig. 1 - Architettura interna dei dispositivi Spartan-3.

- **Digital Clock Manager** : forniscono un circuito auto-calibrante e interamente digitale per la distribuzione, il ritardo, la moltiplicazione, la divisione o lo shift in fase dei segnali di clock.

Una fitta rete di interconnessioni assicura, quindi, una comunicazione flessibile ed efficace tra i diversi elementi. Di seguito sono descritte in dettaglio le principali caratteristiche di ognuno dei moduli sopra elencati.

Struttura delle CLB

Le CLB (Configurable Logic Blocks) rappresentano le risorse di base per la realizzazione delle funzionalità logiche in FPGA. Ogni CLB, come mostrato nella **Fig. 2**, consiste di quattro slice, divise in due gruppi di tipo SliceL e SliceM. Ogni Slice include due LUT a 4 ingressi per la generazione delle funzioni logiche, due elementi di memoria, due multiplexer e circuiti di riporto. L'uscita delle LUT può essere connessa alla logica di multiplexing, alla logica aritmetica e di riporto, agli elementi di memoria o, in ultimo, direttamente ai segnali di uscita delle slice.

Le LUT possono generare una qualsiasi funzione logica di 4 variabili. Impiegando le due LUT di una slice ed il multiplexer 2:1 F5MUX è quindi possibile realizzare una qualsiasi funzione di 5 variabili o alcune funzioni di un numero maggiore di variabili. Una generica funzione di 5 variabili, ad esempio, può essere realizzata implementando nelle due LUT le due funzioni corrispondenti ottenute

realizzati con LUT e multiplexati a loro volta mediante F5MUX.

Gli elementi programmabili di una CLB sono flip-flop di tipo D con segnale di abilitazione del clock, ingressi di set/reset sincroni e preset/clear asincroni; in alternativa possono essere configurati come latch. La polarità dei segnali di controllo è in ogni caso configurabile.

Nelle slice di tipo SliceM, le LUT, oltre che come generatori di funzioni, possono essere configurate come un banco di memoria distribuita da 16 bit oppure come un registro a scorrimento a 16 bit (ad esempio nella implementazione di memorie CAM). Quando configurate come memoria distribuita, supportano accesso sincrono in scrittura ed asincrono in lettura; un'interfaccia sincrona in lettura può essere realizzata connettendo l'uscita della memoria ai registri della CLB. Due LUT all'interno della stessa slice possono essere combinate per creare una RAM dual-port avente una porta accessibile in lettura/scrittura ed una in sola lettura. Il contenuto della memoria può essere inizializzato al power-up con valori definiti dall'utente.

I moduli di I/O

Le risorse di Input/Output, in altro modo indicate come IOB o I/O Block, rappresentano l'interfaccia per il trasferimento dei segnali da e verso l'esterno del dispositivo. Da questo punto di vista, le FPGA Spartan-3 semplificano il progetto di sistema soprattutto nelle applicazioni più critiche, consentendo di

fissando ad 1 e 0 rispettivamente uno dei 5 ingressi; quest'ultimo viene quindi usato per controllare F5MUX per multiplexare le due uscite. Un esempio di funzioni più complesse realizzabili in una singola CLB combinando LUT e multiplexer è invece quello di un multiplexer 4:1 (funzione di 6 variabili) implementato mediante due multiplexer 2:1

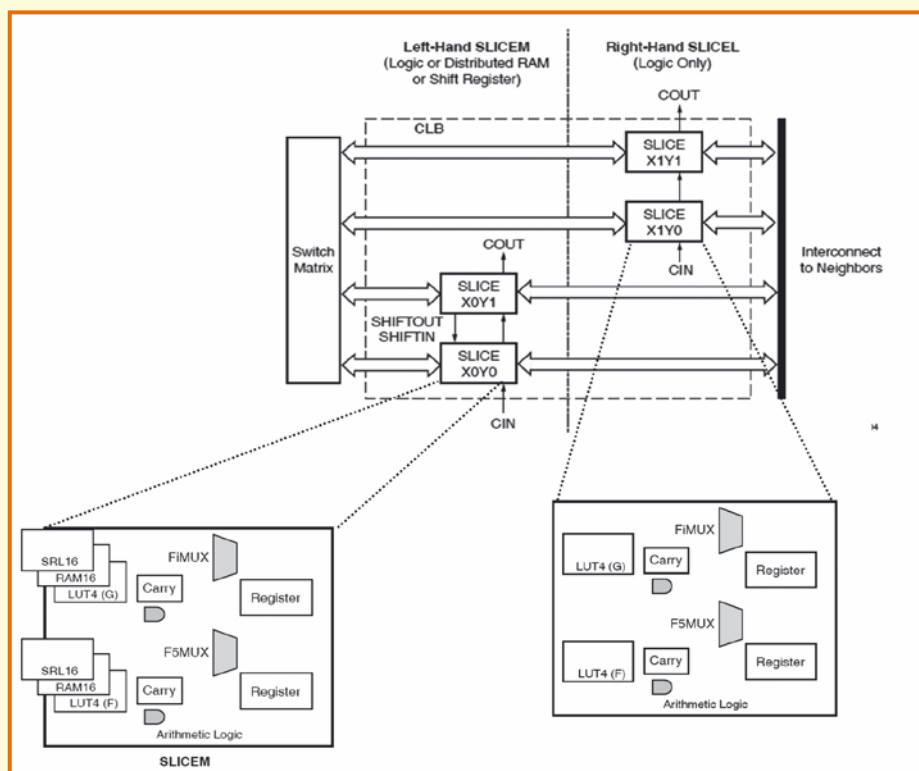


Fig. 2
Struttura delle CLB.

locazioni da 36 bit. Il controllo di parità può essere abilitato per larghezze di parola maggiori di 8 bit. Più memorie possono essere connesse in cascata per realizzare banchi di capacità o larghezza di parola più estesa.

Le memorie sono native di tipo dual-port con entrambe le porte accessibili in lettura e scrittura; è possibile accedere ad entrambe le porte contemporaneamente. Dati, indirizzi e controlli sono infatti indipendenti per ogni porta. Le due porte possono essere inoltre configurate con larghezza di parola diversa. Nel

caso di accessi simultanei alla stessa locazione da entrambe le porte, la memoria può essere configurata nelle diverse modalità *write_first* (la locazione indirizzata in scrittura viene effettivamente scritta prima di essere letta) *read_first* (l'operazione di lettura ha priorità) e *no_change* (i latch della porta di uscita sono disabilitati durante l'operazione di scrittura).

configurare fino a 20 diversi standard per le caratteristiche dei buffer di input/output con differenti curve tensione/corrente e supporto per diverse terminazioni. Evitando così il ricorso a traslatori di livello esterni si riducono complessità e costi delle schede. In ogni IOB sono presenti tre diverse connessioni: di ingresso, di uscita e di abilitazione. Per ognuno di questi sono previsti due elementi di memoria configurabili come flip-flop o latch. In uscita sono supportati circuiti double-data rate; in ingresso sono previsti elementi di ritardo programmabili che consentono di ridurre a zero le specifiche di hold per i segnali.

È possibile abilitare resistori di pull-up e pull-down o un circuito di keeper che consente di mantenere sulla linea l'ultimo livello logico anche se il driver è disabilitato.

Memoria Embedded

Oltre alla RAM distribuita presente nelle SliceM, le FPGA Spartan3-AN contengono blocchi di memoria embedded (Block RAM o BRAM) da 18 kbit, di cui 16 kbit utilizzabili come dati e 2 kbit riservati, invece, per un eventuale controllo di parità. Sono supportate diverse configurazioni in termini di larghezza di parola che vanno dal singolo blocco da 16k locazione da 1 bit fino ad un banco da 512

Moltiplicatori Embedded

Oltre alla logica di riporto dedicata presente all'interno delle CLB, le FPGA Spartan-3 dispongono di moltiplicatori embedded 18x18 in complemento a due in grado di funzionare a frequenze di clock fino a 250 MHz. Per realizzare operazioni più complesse, all'interno del dispositivo possono essere presenti fino a 104 moltiplicatori compatibili; si possono connettere in cascata più moltiplicatori. Un moltiplicatore a 32 bit in virgola mobile può ad esempio essere realizzato impiegando quattro moltiplicatori embedded e della logica accessoria in CLB.

Oltre che per moltiplicazioni di interi con e senza segno, i moltiplicatori embedded possono essere utilizzati per la realizzazione di alcune funzioni logiche, risparmiando così le risorse delle CLB. Un registro a scorrimento, ad esempio, può essere realizzato con un moltiplicatore se uno dei due operandi è il vettore

da scorrere e l'altro la potenza di due pari al numero di bit da scorrere. Allo stesso modo, se uno degli operandi è il dato ed il secondo è costruito così da avere 1 nella posizione LSB e l'MSB del primo nelle restanti, si ottiene in uscita il valore assoluto del dato; il secondo operando infatti sarà -1 o +1 a seconda che il primo sia negativo o positivo. Allo stesso modo, se il secondo operando ha posti ad 1 tutti i bit fino alla posizione corrispondente all'1 più significativo del primo, il moltiplicatore finisce per realizzare la conversione del primo operando da una rappresentazione in bit e segno ad una in complemento a due.

La rete di distribuzione dei segnali

Le diverse risorse delle FPGA Spartan-3 sono interconnesse da una complessa matrice di switching che consiste in canali di:

- 24 long lines che percorrono l'intero dispositivo in orizzontale e verticale, connettendo una CLB ogni sei (grazie alla loro bassa capacità, queste linee sono ideali per la distribuzione di segnali critici veloci a basso skew);
- 8 hex lines che connettono una CLB ogni tre;
- 8 double line che connettono una CLB ogni due;
- connessioni dirette tra CLB contigue.

Sono inoltre previste reti dedicate per la distribuzione del segnale di clock a basso skew e risultano disponibili buffer connessi direttamente ai pad di I/O e multiplexer di clock che consentono la generazione in uscita di segnali senza glitch. Sono presenti DCM (Digital Clock Manager) per la riduzione dello skew, lo shift in fase del segnale (di una frazione fissa del periodo di clock o di una quantità incrementabile), la sintesi di clock a diversa frequenza (mediante moltiplicazioni e divisione di quella di partenza), la correzione del duty-cycle (fondamentale nelle applicazioni double-data rate), il mirroring e il forwarding del segnale di clock.

In-System Flash

Come accennato in precedenza, la caratteristica peculiare dei dispositivi Spartan-3AN è la disponibilità di memoria flash (In-System Flash) riprogrammabile e non volatile. La ca-

pacità totale (fino a 11 Mbit) dipende dal tipo di dispositivo selezionato.

La memoria ISF è organizzata in pagine, blocchi e settori: una pagina consiste in 264 byte (528 nelle XC3S1400AN) e rappresenta l'unità più piccola cancellabile; un blocco comprende 8 pagine ed un settore 32 blocchi, ovvero 66 kByte. Sono inoltre previsti fino a due banchi di memoria SRAM che consentono di memorizzare un'intera pagina; è possibile accedere in lettura o scrittura al singolo byte del buffer. È inoltre disponibile un Security Register di capacità 128 byte scrivibile in qualunque momento ma una sola volta; può essere impiegato per memorizzare chiavi di cifratura o codici di sicurezza.

Diverse sono le modalità di accesso supportate verso la ISF. In lettura il comando *'fast read'*, ad esempio, permette di leggere dall'array di flash un blocco di dati ad indirizzi sequenziali senza utilizzare i banchi SRAM; *'page to buffer transfer'* consente di trasferire il contenuto nella pagina nel buffer di memoria. *'Buffer write'* permette di scrivere i dati nel buffer; *'buffer to page program'* copia il contenuto del buffer nell'array flash, mentre *'page to buffer compare'* ne verifica la corretta esecuzione.

UN KIT DI SVILUPPO

Come al solito, il modo più semplice per imparare a progettare con un nuovo componente è valutarne caratteristiche e prestazioni, è quello di utilizzare uno dei sistemi di sviluppo che vengono forniti direttamente dalla casa madre o da terze parti. Nel nostro caso abbiamo selezionato "Spartan-3AN Starter Kit" descritto qui di seguito, che può essere acquistato direttamente on-line dalla relativa pagina web del sito Xilinx <http://www.xilinx.com/products/devkits/HW-SPAR3AN-SK-UNIG.htm> o tramite il distributore italiano Avnet - Silica. Il costo è di 199 dollari americani. Grazie alle abbondanti risorse disponibili (vedi Fig. 3), al supporto adeguato ed alla ricchezza di esempi di riferimento, il kit rappresenta una soluzione ideale ed a basso costo per quanti si avvicinino per la prima volta alle FPGA o per i progettisti che, pur avendo esperienza nel settore, non hanno mai lavorato con i dispositivi Spartan-3AN.

Di seguito, la lista delle risorse disponibili.

- Dispositivi Xilinx:
 - Spartan-3AN XC3S700AN-FG484;
 - platform flash XCF04S-VOG20C;
 - interfaccia di programmazione USB.
- Dispositivi di memoria:
 - SDRAM DDR2 da 32Mx16;
 - flash NOR parallela a 32 Mbit;
 - 2 flash SPI seriale da 16 Mbit.
- Dispositivi di interfaccia analogica:
 - convertitore D/A a 4 canali ;
 - convertitore A/D a 2 canale;
 - amplificatore a guadagno programmabile.
- Dispositivi periferici:
 - porta Ethernet 10/100 (interfaccia fisica);
 - 2 porte RS232 (interfaccia fisica);
 - LCD a 16-caratteri, 2 linee;
 - oscillatore a 50 MHz, ingressi per 2 clock utente.
- Connettori:
 - porta VGA a 15-pin (conversione analogico-digitale realizzata sulla scheda mediante resistori);
 - jack audio per applicazioni stereo;
 - pulsanti, switch e LEDs;
 - porta di espansione a 100-pin mediante connettore Hirose e compatibile con schede add-on di Digilent (vedi <http://www.digilentinc.com/Products/Catalog.cfm?Cat=Accessory>);
 - 2 connettori di espansione a 6-pin compatibili con schede periferiche di Digilent (vedi <http://www.digilentinc.com/Products/Catalog.cfm?Cat=Peripheral>);
 - header a 24 pin utilizzabile dall'utente;
 - porta PS/2 per mouse o tastiera.

Grazie a queste risorse ed alle schede di espansione già disponibili, potranno essere sviluppate diverse interessanti applicazioni che includono, ad esempio, video/audio recorder, web-server, data logger su memorie SD/MMC, sistemi di comunicazione in RF che impiegano varie tecniche di modulazione, video processing (interpolazione delle componenti di crominanza, conversione dello spazio di colore, filtraggio e trasformazioni per algoritmi di compressione...), acquisizione dati e digital signal processing ecc.

ESEMPI DI RIFERIMENTO

Alcuni esempi di diversa complessità, che

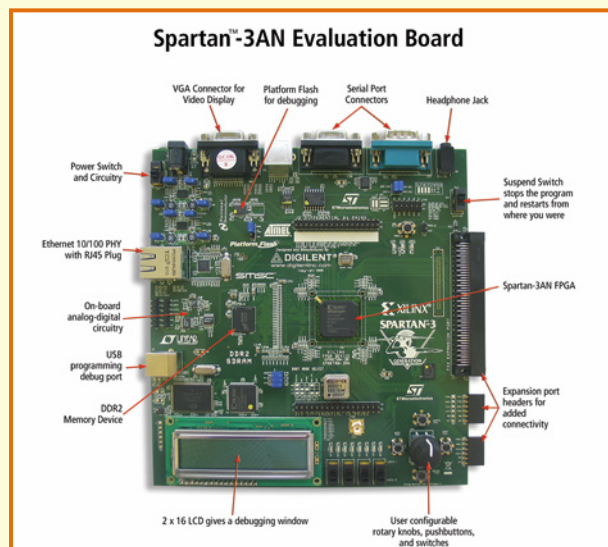


Fig. 3 - Un kit di sviluppo per Spartan-3AN.

possono essere utilizzati per prendere confidenza con il kit di sviluppo, sono già disponibili sul sito Xilinx http://www.xilinx.com/products/boards/s3astarter/reference_designs.htm. Lo stesso kit, del resto, viene fornito con già programmata a bordo una demo che permette di utilizzare le principali interfacce disponibili tra cui la porta VGA, l'uscita audio, l'interfaccia PS/2, la porta seriale. Le funzionalità mostrate dalla demo sono l'elaborazione di immagini in tempo reale e le capacità di riprogrammazione della FPGA con una nuova configurazione.

Vediamo come funziona: la scheda richiede una tensione di alimentazione a 5 V, che può essere derivata direttamente dalla rete elettrica utilizzando l'alimentatore fornito a corredo con il kit. Prima di connettere l'alimentatore assicurarsi che lo switch di potenza sulla scheda (in alto a sinistra nella Fig. 3) sia in posizione OFF e che lo switch *Suspend* (in alto a destra) sia in posizione RUN. Per controllare l'esecuzione della demo, a seconda della interfaccia che abbiamo a disposizione possiamo scegliere una delle seguenti modalità:

- mediante switch e pulsanti della scheda, visualizzando menu e messaggi di stato su un monitor VGA;
- mediante switch e pulsanti della scheda, visualizzando menu e messaggi di stato sul suo display LCD;
- mediante la porta seriale RS232 connessa

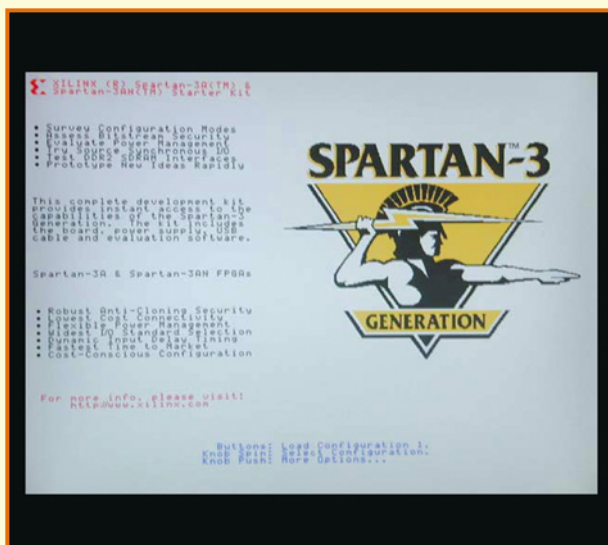


Fig. 4 - Controllo della demo mediante uscita VGA.

ad un PC ed utilizzando un terminale remoto quale, ad esempio, HyperTerminal.

All'accensione, un messaggio di benvenuto viene inviato sul display LCD, sulla porta VGA e sulla linea seriale. Nella Fig. 4 è mostrata ad esempio l'immagine visualizzata sullo schermo VGA; in basso è presente il menu che consente di controllare la demo, il quale riporta il significato dei controlli derivanti dalla manopola e dai pulsanti (Fig. 3, in basso a destra).

La prima voce che appare seleziona la riprogrammazione della FPGA; come indicato nel menu, la configurazione da riprogrammare può essere selezionata tra le 4 disponibili ruotando la manopola mentre la riprogrammazione può essere avviata premendo uno qualsiasi dei pulsanti. Premendo, invece, la manopola, si scorrono le voci successive del menu della demo. Sono previsti le seguenti voci:

- scroll e rotazione dell'immagine; ruotando la manopola si osserva ruotare l'immagine sullo schermo mentre premendo i pulsanti la si fa scorrere;
- scroll e scaling dell'immagine; ruotando la manopola si ingrandisce o riduce l'immagine sullo schermo mentre premendo i pulsanti la si fa scorrere;
- autopilot : la demo entra in esecuzione automatica ed un messaggio è riprodotto sull'uscita audio.

Multi-boot

Torniamo alla prima voce del menu.

Come detto, possiamo in questo modo riprogrammare l'FPGA con una delle quattro configurazioni accessorie che sono previste a bordo della scheda. La riconfigurabilità delle FPGA è in effetti una caratteristica fondamentale in molti casi ed una peculiarità irrinunciabile; in questo modo un sistema può radicalmente modificare le sue funzionalità, pur utilizzando le stesse risorse.

Pensate all'infinità di possibilità che questo scenario apre in una applicazione reale e soprattutto alla semplificazione dell'hardware (con conseguente riduzione dei costi)!

Di seguito è riportata una breve descrizione delle funzionalità di ogni configurazione selezionabile.

- Configurazione 1: legge il DeviceDNA della FPGA (ovvero l'identificativo unico del dispositivo programmato in fabbrica e non modificabile) e lo visualizza sul display LCD a caratteri della scheda.
- Configurazione 2: genera immagini frattali che possono essere modificate (zoom o scroll) in tempo reale mediante manopola e pulsanti.
- Configurazione 3: implementa un terminale ASCII utilizzando la porta VGA e l'interfaccia PS/2 connessa ad una tastiera; in alternativa può essere controllato da remoto mediante la linea seriale.
- Configurazione 4: implementa un programmatore per la memoria flash parallela presente sulla scheda; controllabile mediante porta seriale, consente di cancellare e riprogrammare la memoria.

Durante il funzionamento di una qualsiasi di queste applicazioni è possibile sospendere l'attività della FPGA riportando lo switch *Suspend* nella posizione *Suspend*; se si hanno a disposizione dei multimetri è possibile connetterli ai circuiti di potenza della scheda che si trovano a destra in alto verificando così una riduzione della dissipazione di potenza. Occorre solo fare attenzione a non sospendere l'esecuzione della FPGA durante la programmazione della flash, perché il contenuto della memoria finirebbe per esserne corrotto! I bitstream di programmazione delle FPGA corrispondente alla demo ed alle quattro

AVVISATORE AUTOVELOX

di LUCA PASCARELLA

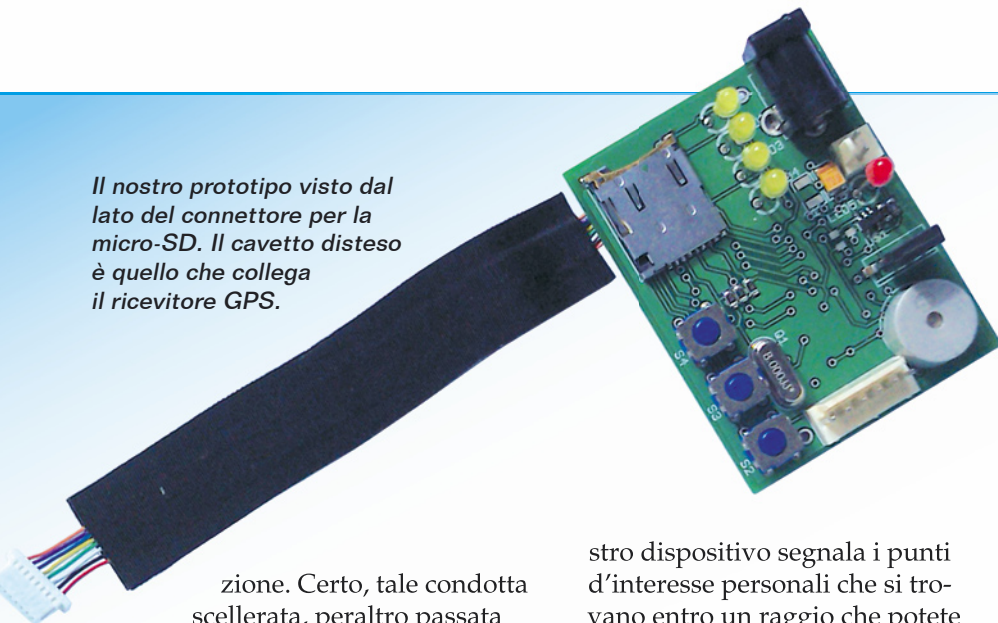
Basandosi su dati del ricevitore GPS e su quelli caricati su SD-Card e facilmente scaricabili dal web, emette un segnale acustico o visivo quando arriviamo in prossimità dei sistemi di controllo della velocità o degli impianti semaforici dotati di T-Red.



Oggi ricevere una multa per eccesso di velocità è diventato un fatto abbastanza normale, tanto che se fino a una decina d'anni fa ad incorrere nelle sanzioni delle Forze dell'Ordine erano soprattutto i giovani e i più sguaiati, oggi anche il tranquillo pensionato o la casalinga che va a fare la spesa (che probabilmente non sanno neanche fin dove arrivi l'acceleratore della loro auto) è facile che almeno una volta si siano visti contestare un eccesso di velocità. Le statistiche del settore mostrano come, negli ultimi tempi, le sanzioni irrogate per la violazione dei limiti di velocità siano aumentate sensibilmente. Le cause non sono tutte da attribuire alla sregolatezza

za e alla cattiva accettazione delle regole da parte degli automobilisti italiani, né al numero di vetture in circolazione: ciò che maggiormente comporta l'aumentare del numero di sanzioni è il maggior numero dei controlli (pur volti alla tutela del cittadino...) e la pedanteria di taluni organi di polizia e amministrazioni comunali, che spesso fanno uso strumentale della loro autorità, piazzando misuratori di velocità in punti strategici nei quali è certo che anche un automobilista provetto commetta l'infra-

Il nostro prototipo visto dal lato del connettore per la micro-SD. Il cavetto disteso è quello che collega il ricevitore GPS.



zione. Certo, tale condotta scellerata, peraltro passata alla ribalta delle cronache dopo i maxi-sequestri di apparecchi per il rilevamento delle infrazioni semaforiche (a quanto pare, tarati apposta per fare più multe o addirittura non omologati dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti) non deve giustificare i guidatori imprudenti né spingerci a credere che l'autorità costituita sia lì per derubarci invece che proteggerci. Fa però ragionare sull'importanza della prevenzione, ossia del conoscere i punti dove avvengono i controlli di velocità; ciò innanzitutto per farci riflettere sul fatto che se in un tratto di strada si insiste sul rispetto di un limite, forse una buona ragione c'è.

In tal senso, il progetto presentato in queste pagine serve ad avvisare tempestivamente l'automobilista della presenza di sistemi di controllo elettronico della velocità, in modo che possa sia guidare con maggiore prudenza nei tratti critici, sia evitare di incorrere in pesanti sanzioni. Certo, non deve essere inteso come un modo per aggirare i controlli, anche perché comunque non è un rilevatore di autovelox, ma semplicemente un indicatore dei punti dove si trovano le postazioni fisse, ragioni per cui non è matematicamente certo che possa farvi evitare le multe.

Oltre a segnalare le postazioni di controllo della velocità, il no-

stro dispositivo segnala i punti d'interesse personali che si trovano entro un raggio che potete personalizzare.

L'idea di base di questo progetto consiste nello sfruttare un fenomeno già noto, e del tutto legale, dovuto soprattutto ai possessori di navigatori satellitari, che con cura si preoccupano di segnalare quotidianamente le postazioni di speed-control che vedono in giro, aggiornando delle mappe condivise da altri utenti; navigando in rete ci si accorge che sempre più siti web offrono la possibilità di condividere queste informazioni: basta collegarsi ad Internet per poter scaricare l'elenco completo e sempre aggiornato di tutti i POI. L'avvisatore di autovelox che vi stiamo presentando è rivolto sia a coloro che non vogliono appesantire il software del proprio navigatore GPS con l'aggiunta di ulteriori funzionalità quali l'indicazione di punti di interesse (che spesso comporta come nota dolente un calo delle prestazioni, che si traduce in indicazioni vocali mal pronunciate o pronunciate in ritardo) sia all'automobilista che vorrebbe solo essere avvisato tempestivamente della presenza di possibili autovelox nonché di punti d'interesse (ad esempio potrebbe essere utile per avvertire della presenza entro un certo raggio di un particolare distributore di carburante, di una farmacia, di un albergo ecc.) ma senza comperare un navigatore GPS per auto.

IL PROGETTO

Il circuito, schematizzato nella Fig. 1, risulta essere molto compatto, grazie alla batteria agli ioni di litio e per questo si presta bene ad essere portato in giro anche in tasca; le segnalazioni che fornisce possono essere visive, acustiche o entrambe e la durata e la frequenza della nota acustica (nonché la durata del segnale visivo) possono essere impostate semplicemente agendo sulle configurazioni. In tal modo potete, ad esempio, selezionare una segnalazione breve se siete in auto, oppure un avviso insistente se siete in moto. Tra le configurazioni, è possibile regolare anche la distanza minima di segnalazione del prossimo POI. Il progetto si distingue dalle soluzioni commerciali concorrenti per le proprie doti di miniaturizzazione e funzionalità, integrando una micro-SD per la memorizzazione degli autovelox ed un ricevitore GPS da ben 32 canali. Sarà cura della CPU (un PIC da 40 MIPS) controllare tempestivamente la posizione corrente con la lista

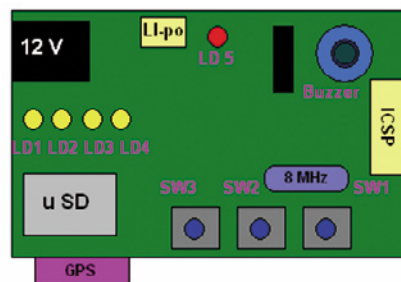
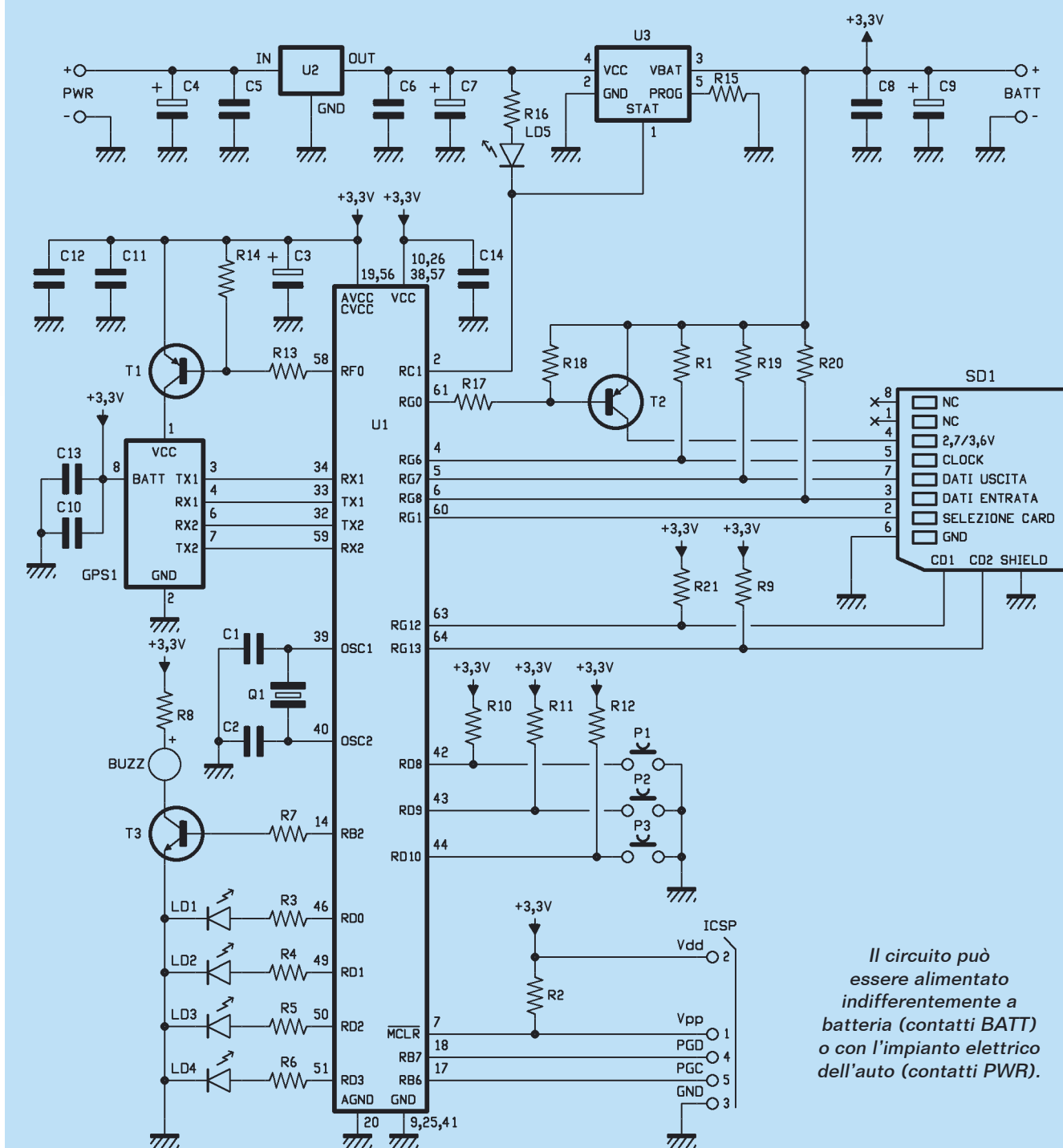


Fig. 1 - Schematizzazione rappresentativa delle funzionalità dell'anti-autovelox.

di autovelox. L'alimentazione è fornita tramite la batteria agli ioni di litio da 3,7 volt, che consente un'autonomia di circa 10÷15 ore di funzionamento, la quale può essere comodamente ricaricata anche nel proprio veicolo tramite



Il circuito può essere alimentato indifferentemente a batteria (contatti BATT) o con l'impianto elettrico dell'auto (contatti PWR).

la presa a 12 volt; la ricarica non deve avvenire necessariamente a dispositivo spento, ma può continuare anche durante il normale funzionamento. L'aggiornamento dei velox o la modifica delle impostazioni avviene estraendo

la micro-SD e collegandola ad un comune PC. Per concludere, abbiamo riservato, agli utenti più esigenti, la possibilità di memorizzare il percorso effettuato (tracking), in modo da poterlo rivedere su appositi software

come Google Earth o simili.

SCHEMA ELETTRICO

Il dispositivo descritto in queste pagine è basato su un microcontrollore della Microchip; in particolare, per l'esecuzione

delle routine necessarie al calcolo matematico è stato scelto un micro della famiglia 24H con una velocità di 40 MIPS. Questo perché per determinare la posizione degli autovelox e dei punti di interesse il nostro dispositivo deve innanzitutto calcolare la propria posizione con l'aiuto del ricevitore GPS e poi confrontare con questa le loro posizioni memorizzate nella SD. Ora, la determinazione di una posizione avviene elaborando le coordinate fornite dal ricevitore GPS, che le ricava dai satelliti di cui istante per istante riesce a rilevare la trasmissione radio.

Nel nostro caso, per valutare l'opportunità delle segnalazioni risulta necessario calcolare, nel minor tempo possibile, la distanza tra due punti espressi come coordinate geografiche; il calcolo avviene su numeri in floating-point (virgola mobile), i quali richiedono molte risorse per le operazioni complesse. Infatti, come sarà descritto in seguito, la computazione della distanza avviene tramite numerose funzioni matematiche e trigonometriche come ad esempio il seno, il coseno e la tangente. Il microcontrollore cui affidiamo il compito è il PIC24HJ256GP206, scelto anche per l'abbondanza di memoria Flash (utile allo storage del programma) e di RAM (per il trattamento dinamico di grandi vettori). Dallo schema elettrico si vede chiaramente che questo è il componente principale, nominato U1; alla CPU è connesso un quarzo da 8 MHz necessario per fornire il clock e garantire i 40 MIPS. Tale velocità viene raggiunta innalzando ulteriormente la frequenza tramite il PLL interno, che moltiplica il clock di dieci volte, ottenendo 80 MHz; questo valore è poi diviso per due, in quanto l'esecuzione di ogni

istruzione impiega due cicli di clock. Quindi l'effettiva velocità è proprio 40 MIPS. U1 si occupa di servire le routine software per il calcolo delle coordinate, confrontando la posizione corrente con la lista di autovelox o punti d'interesse presenti nella banca dati memorizzata all'interno della micro SD.

Quest'ultima si inserisce nel connettore che nello schema è visibile nello schema con il nome di SD1, collegato alla CPU tramite il bus SPI e che ospita qualsiasi memoria compatibile micro-SD. Dallo schema elettrico è anche visibile il ricevitore GPS etichettato come GPS1 e connesso a U1 tramite comune porta USART; in realtà l'FV-M8, ricevitore GPS scelto per questo progetto, è dotato di due porte seriali che sono state preventivamente connesse alle periferiche hardware del PIC24HJ256GP206. Nella pratica ed in questa prima versione del progetto, solo una delle due seriali è necessaria per lo scambio dei byte; l'altra è riservata all'abilitazione di funzioni speciali ed è stata connessa per rendere il progetto espandibile e nuovamente programmabile per scopi futuri. L'FV-M8 è un ricevitore GPS con antenna integrata, caratterizzato da un'elevata sensibilità grazie al chipset MTK; è in grado di elaborare fino a 32 canali e può avere una frequenza di aggiornamento massima di 5 Hz, seppure nel nostro progetto sfruttiamo la modalità minima (1 Hz). Microcontrollore, SD-Card e ricevitore GPS e tutti i componenti che li contornano, necessitano di un'alimentazione da 3,3 V, tensione che viene fornita direttamente dalla batteria Li-po. Come tutti saprete, la tensione delle batterie non è costante, ma varia quasi linearmente in funzione della carica residua; per renderla

costante si sarebbe dovuto far ricorso ad uno stabilizzatore di tensione, che nel caso migliore avrebbe permesso un funzionamento fino al limite di 3,3 V, ma ciò avrebbe impedito di sfruttare tutta la carica residua della batteria (limite di scarica 2,7 V). Abbiamo potuto evitare di inserire questo stabilizzatore, sfruttando la buona tolleranza alla tensione

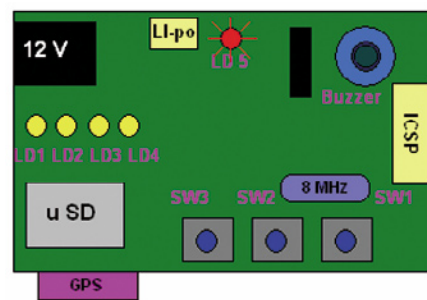
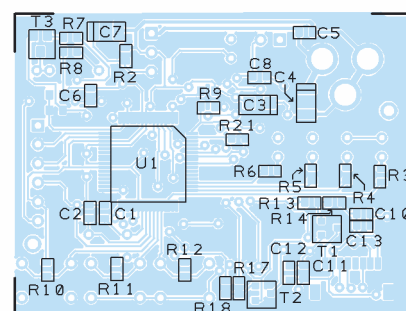
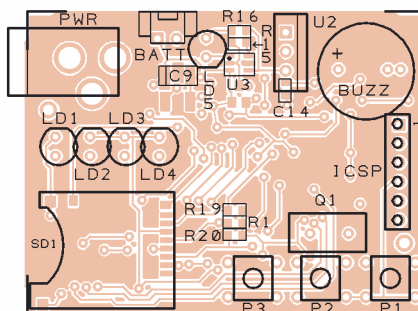
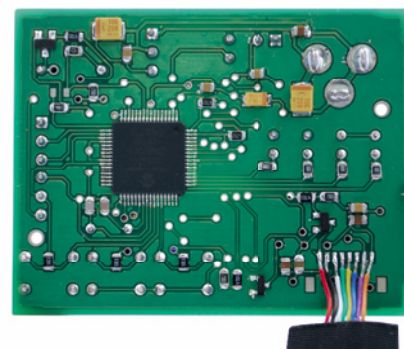
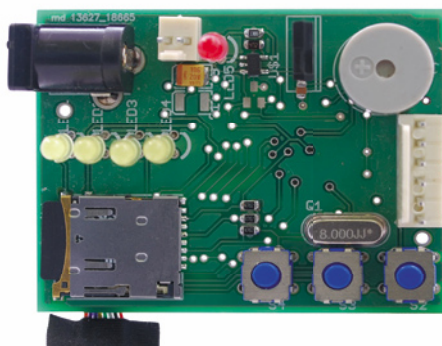


Fig. 2 - Lo stato di carica della batteria viene indicato da LD5: quando la batteria è in carica, mentre se il diodo è spento indica che la batteria è carica o manca l'alimentazione a 12 V.

d'alimentazione di tutti i componenti installati, così che quando la batteria è prossima alla scarica, ed il valore scende sotto i 3,3 V nominali, possiamo continuare a sfruttare l'energia residua ancora per un po', fino al raggiungimento della soglia limite di 2,7 V. Quando è scarica, la batteria può essere ricaricata mediante la parte di circuito formata da U2 e U3, alimentando il circuito con una tensione di 12 V (o con la presa accendisigari dell'auto) che viene stabilizzata da U2 fino ad arrivare a 5 V, valore accettato dal regolatore di carica U3 (MCP73831) che si occupa di gestire la ricarica. Questo chip comunica lo stato di funzionamento tramite il LED di segnalazione LD5 (Fig. 2) e la linea STAT, connessa all'RC1 del microcontrollore: a batteria carica, il micro provvede a ripristinare il

Elenco Componenti:

R1, R7, R9: 47 kohm
 R2, R14: 10 kohm
 R3÷R6, R16: 330 ohm
 R8: 0 ohm
 R10÷R12: 100 kohm
 R13, R15, R17: 4,7 kohm
 R18: 10 kohm
 R19÷R21: 47 kohm
 C1, C2: 18 pF ceramico
 C3, C7, C9: 10 µF 16 VL elettrolitico
 C4: 10 µF 25 VL elettrolitico
 C5, C6, C8, C10÷C12: 100 nF multistrato
 C13, C14: 10 nF multistrato
 U1: PIC24HJ256GP206-PT
 U2: 7805
 U3: MCP73831
 GPS1: Ricevitore GPS FV-M8
 T1, T2: BC807
 T2: BC807
 LD1, LD4, :LD5 led 3 mm verde
 LD2: led 3 mm rosso
 LD3: led 3 mm giallo
 Q1: Quarzo 8 MHz basso profilo
 BUZZ: Buzzer 3,3V con elettronica



Varie:

- Batteria Li-Po
- Connettore da CS per FV-M8
- Porta micro SD-Card da CS

- Plug alimentazione
- Strip maschio 6 poli
- Circuito stampato

normale funzionamento dell'intero circuito, che può comunque funzionare anche alimentato costantemente dall'ingresso PWR. Ad esempio, potete alimentare il dispositivo mediante la presa accendisigari e risparmiare la batteria per i momenti in cui la stessa è impegnata da altri utilizzatori o quando il dispositivo viene spostato su un veicolo dove non è possibile prendere l'alimentazione.

Proseguendo con la descrizione dello schema elettrico, mancano da analizzare i pulsanti P1, P2 e P3, connessi direttamente ai pin d'interrupt del PIC (RD8/INT1, RD9/INT2, RD10/INT3); queste tre linee vengono mantenute a livello alto con delle resistenze di pull-up (R10, R11 e R12) da 100 kohm. La pressione di un pulsante fa cambiare lo stato logico della linea corrispondente, che dall'1

passa allo 0; questo cambiamento di stato fa scattare l'interrupt che invoca l'opportuna procedura per gestire l'evento associato. Nel circuito trovate inoltre quattro led (LD1, LD2, LD3 ed LD4) alimentati ognuno tramite una resistenza da 330 ohm (R3, R4, R5 ed R6) e connessi direttamente alle porte del PIC, in quanto le correnti in gioco non sono troppo elevate.

Infine, al PIC è stato connesso il buzzer per la segnalazione acustica, che viene alimentato tramite il transistor T3.

Notate un particolare riguardante i transistor T1 e T2, che permettono di spegnere o accendere rispettivamente il ricevitore GPS e la micro-SD: entrambi vengono pilotati da segnali logici ed hanno la semplice funzione di interruttori elettronici on/off; l'uso di questi transistor ci permette

di fare a meno degli interruttori elettromeccanici e di alimentare GPS e micro-SD via software. Ciò è molto utile perché in questo modo riusciamo a mandare in standby e riaccendere il circuito (ad eccezione del micro, che resta sempre in funzione) alla semplice pressione di un tasto.

REALIZZAZIONE PRATICA

Data una visione generale sul funzionamento dell'anti-autovelox ed approfondito lo schema elettrico, possiamo passare al montaggio di tutti i componenti necessari. Il circuito stampato realizzato per questo progetto ha delle dimensioni estremamente ridotte, il che richiede maggiori attenzioni durante la saldatura dei componenti; il PCB può essere realizzato scaricando dal nostro sito Internet i master delle pellicole

in dimensioni reali. Ottenuto lo stampato e reperiti tutti i componenti, si può procedere all'assemblaggio del circuito; le saldature non sono particolarmente difficili, anche se la maggior parte dei componenti è a montaggio superficiale. Saldare componenti SMD non richiede particolari attrezzature, anche se molti di voi lo pensano: è sufficiente un po' di pratica accompagnata da molta attenzione, soprattutto nel caso di saldature ravvicinate. Con la tecnica SMD è possibile semplificare il processo di montaggio in quanto è sufficiente posizionare il componente e procedere alla saldatura, senza dover invece prendere la misura ed infilare i reofori; nel caso in cui ancora non abbiate molta pratica nell'assemblare circuiti realizzati in tecnologia SMD, e quindi siete alle prime esperienze, può essere utile aiutare le saldature cospargendo il PCB di flussante: questo rende il processo di saldatura molto semplice e pulito. Al termine del tutto basta ripulire il PCB con i prodotti specifici per farlo tornare lucido e le saldature vi appariranno come quelle industriali. Nel disporre i componenti è consigliabile saldare prima quelli con un profilo più basso e magari più complessi da posizionare (ad

esempio U1) procedendo via-via con quelli più voluminosi (led, condensatori, switch). È bene, inoltre, prestare molta attenzione ai versi di inserimento dei componenti, che essendo molto piccoli potrebbero avere segni di posizionamento poco evidenti. Il componente che presenterà le maggiori difficoltà nel montaggio sarà senza dubbio il connettore per la micro-SD: infatti per conservare la sua compattezza, i costruttori lo realizzano con pin rientranti nella sagoma; in questo caso, prima di stagnare i piedini è consigliato fissare la socket con dei piccoli punti di saldatura sulle piazzole d'ancoraggio frontali, prestando molta attenzione al corretto posizionamento dei pin posteriori. Procedendo in questo modo è più facile rimuovere il connettore nel caso in cui l'allineamento non sia ideale. Una simile tecnica può essere adottata per saldare il PIC24HJ256GP206: prima di tutto fate attenzione al verso di inserimento contrassegnato da un puntino su uno dei quattro angoli (che deve essere rivolto verso il connettore d'alimentazione a 12 V) dopodiché fissate con dello stagno sottile uno o due pin, cercando di rispettare il corretto allineamento; se il componente

risulta allineato con tutte le piazzole, potete cospargere i piedini di flussante e procedere alle saldature rimanenti. A questo punto siete giunti a metà strada e di sicuro avrete superato le maggiori difficoltà. Per montare le resistenze ed i condensatori in formato SMD 0805 dovete aiutarvi con delle pinzette con delle punte molto sottili; potrebbe essere utile stagnare prima una delle due piazzole, appoggiare il componente controllando l'allineamento, riscaldare la piazzola fino allo scioglimento dello stagno, fare una leggera pressione con la pinzetta sulla parte superiore del componente in modo da farlo aderire bene al circuito stampato ed al termine, se il componente è ancora allineato, saldare la seconda piazzola. In tutti i casi in cui i componenti non risultano allineati e quindi vorreste procedere al riposizionamento, vi potete aiutare con del flussante e della treccia dissaldante; fate però molta attenzione a non insistere con il saldatore, perché rischiate di scaldare troppo i componenti o bruciare il PCB. Se avete difficoltà lasciate riposare per qualche minuto e poi riprovate con del nuovo flussante... e tanta pazienza. Terminate le saldature, una prima analisi che potete fare in



Mostra Mercato Mondo Elettronica.net

4ª EDIZIONE

FIERA DELL'ELETTRONICA
INFORMATICA E RADIANTISMO

ORARIO 9,00/18,30 - PARCHEGGIO GRATUITO

BOLOGNA

PALANORD - PARCO NORD
Uscita Tangenziale n. 7 bis

31 OTTOBRE - 1 NOVEMBRE '09

Tel. e Fax 0545 27548 - Cell. 348 9030832 - www.mondoelettronica.net

VALE COME RIDOTTO

ANCHE IN FOTOCOPIA

Listato 1

```

INT RECOGNIZEPOSITION(CHAR* STRGGA,
CHAR* PORA, DOUBLE* PLON, DOUBLE* PLAT)
{
DOUBLE LAT, LON, TEMP;

WHILE(*STRGGA++ != ',');

STRNCPY(PORA, STRGGA, 6);

WHILE(*STRGGA++ != ',');

//ESTRAGGO LONGITUDINE
LON = (*STRGGA++ - '0')*10;
LON += (*STRGGA++ - '0');

TEMP = (*STRGGA++ - '0')*10;
TEMP += *STRGGA++ - '0';

STRGGA++;

TEMP += (*STRGGA++ - '0')*0.1;
TEMP += (*STRGGA++ - '0')*0.01;
TEMP += (*STRGGA++ - '0')*0.001;
TEMP += (*STRGGA++ - '0')*0.0001;

*PLON = LON + TEMP/60;

//ESTRAGGO LATITUDINE
STRGGA++;
STRGGA++;
STRGGA++;

LAT = (*STRGGA++ - '0')*100;
LAT += (*STRGGA++ - '0')*10;
LAT += (*STRGGA++ - '0');

TEMP = (*STRGGA++ - '0')*10;
TEMP += *STRGGA++ - '0';

STRGGA++;

TEMP += (*STRGGA++ - '0')*0.1;
TEMP += (*STRGGA++ - '0')*0.01;
TEMP += (*STRGGA++ - '0')*0.001;
TEMP += (*STRGGA++ - '0')*0.0001;

*PLAT = LAT + TEMP/60;

RETURN 0;
}

```

pochi minuti è confrontare il circuito da voi realizzato con le immagini presenti in queste pagine: vi permetterà di trovare eventuali differenze che potrebbero essersi verificate per distrazione.

IL COLLAUDO

A questo punto è consigliabile collaudare il circuito prima di metterlo in auto: alimentatelo in un primo momento con un alimentatore a tensione variabile, ancor meglio se limitato in

corrente, prima di collegare la batteria; questo perché (come ben saprete) le batterie Li-po presentano grandi correnti di scarica, ed in caso di cortocircuito rischiate di danneggiare sia il circuito stampato (soggetto in tal caso a grandi correnti) ma soprattutto la batteria in maniera irreversibile. La corrente assorbita dal circuito in genere non supera i 100-200 mA, quindi assorbimenti anomali possono farci pensare che qualcosa durante l'assemblaggio non è

andato a buon fine.

Se anche questo step ha dato esito positivo, il circuito è pronto all'uso; non vi resta che impostare le vostre preferenze, come descritto nel seguito.

IL FIRMWARE

Questo progetto, prima di "vedere la luce", ha richiesto la sperimentazioni di diverse soluzioni sia hardware che software, durante le prime fasi di progettazione sono emerse problematiche



Torna il T-Red

Per decreto dello stesso Procuratore Aggiunto che ne aveva disposto il sequestro per sospetta mancata omologazione, nonché responsabile dell'inchiesta che ha portato all'arresto di quattro persone per "associazione a delinquere finalizzata alla turbativa d'asta", tornerà in strada il famigerato e temutissimo T-Red, che ha dispensato multe in tutta Italia ad automobilisti colpevoli di essere passati col rosso. L'uso dell'apparecchio era stato dichiarato illegittimo, non a causa dei ridotti tempi del giallo, ma perché pare non avesse l'omologazione ministeriale; l'approvazione riguardava solo le telecamere e non l'hardware nelle cabine poste sui marciapiedi agli incroci. L'attenzione degli inquirenti si era indirizzata su una scheda a relé, ritenuta un elemento fondamentale del semaforo. A seguito di una perizia il magistrato ha ritenuto questo dettaglio irrilevante, perché la scheda a relé serve solo a trasformare i 220 V prelevati in parallelo alla lampada del rosso del semaforo in un segnale da 5 V leggibile dal computer che governa il T-Red, quindi sostituirla con altri convertitori (ad esempio circuiti basati su fotoaccoppiatori) non altera la bontà del rilevamento. Motivazione tecnicamente ineccepibile, a meno che il convertitore non fornisca il segnale prima che scatti il rosso. Speriamo che indaghino anche su questo...

legate ai tempi di computazione della distanza tra due punti, la quale deve essere calcolata per ogni entry nella tabella degli auto-velox, il che porta a dei risultati inutilizzabili se non si adottano delle strategie ad-hoc. La prima soluzione era basata su un PIC della famiglia 18F ed impiegava diversi minuti per trovare il velox più vicino; facilmente si intuisce che questa latenza era inadeguata per l'uso previsto. Altrettanto facile da intuire è la necessità di migliorare sia il software che l'hardware. Essenzialmente il vincolo più grande è dato dalla necessità di svolgere tutti i calcoli matematici tra un aggiornamento e l'altro del segnale inviato dal ricevitore GPS (circa 1 secondo). Tempi così brevi possono essere ottenuti seguendo due strade: la prima è scegliere una CPU capace di svolgere calcoli in virgola mobile in tempi da record, ma questo comporta costi elevati; l'alternativa consiste nell'ottimiz-

zare il codice, alleggerendolo da computazioni inutili. Proseguendo con la descrizione è evidente che sono state seguite entrambe le strategie, adottando per il circuito, sia una CPU più performante ma con un costo ancora sostenibile, sia un miglioramento delle routine software; anzi, è proprio in questo secondo punto che sono stati concentrati i maggiori sforzi. Prima di descrivere la strategia seguita è bene fare un passo indietro per rivedere come il GPS ed il PIC dialogano tra di loro: le coordinate calcolate dal ricevitore GPS sono espresse in gradi sessagesimali ed è quindi necessaria una prima conversione in gradi decimali, per poi confrontarle con le coordinate presenti nella lista dei velox; inoltre l'FV-M8, come tutti i ricevitori che adottano lo standard NMEA, fornisce in uscita diverse tipologie di stringhe tutte espresse in caratteri ASCII. L'estrapolazione delle

coordinate comporta la conversione da ASCII a valore numerico puro. La funzione dedicata alla conversione ASCII-decimi è *RecognizePosition* visibile nel **Listato 1**. Dei messaggi inviati dal ricevitore GPS viene usato il GPGLA: ad esempio \$GPGLA, 161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M,, ,0000*18 (dettagli del formato GPGLA in **Figura 3**). Conoscendo il formato del messaggio che si vuole catturare, è possibile risalire alla posizione nella stringa della longitudine e della latitudine che sono, rispettivamente, il terzo ed il quinto valore dopo la virgola. La funzione preleva carattere per carattere (byte) sottraendo la rappresentazione ASCII dello zero (simbolo '0') e ricostruisce il valore in virgola mobile; al termine effettua anche la conversione sessagesimi decimi.

Con una tecnica simile, dal messaggio viene anche prelevata l'ora corrente, usata come riferimento per il file di log ed il tracking delle posizioni.

A questo punto l'obiettivo finale è ancora lontano: manca ancora la parte più sostanziosa, ma già analizzando la sola funzione *RecognizePosition* si scopre la mole di calcoli richiesti alla CPU, che inevitabilmente devono essere effettuati come descritto in precedenza. In realtà la situazione finora non è drammatica, in quanto questi calcoli devono essere effettuati solo una volta al secondo, cioè in corrispondenza del nuovo dato proveniente dal GPS; il bello arriva quando deve essere confrontata la posizione appena ricevuta con le centinaia di coordinate presenti nella SD Card. In un primo momento si era ipotizzato di seguire la strada concettualmente più semplice, ovvero calcolare la distanza punto a punto e confrontarla di volta

\$GPGLA, 161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M,, ,0000*18

Table 1-3 GGA Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGLA		GGA protocol header
UTC Time	161229.487		hhmmss.sss
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Position Fix Indicator	1		See Table 1-4
Satellites Used	07		Range 0 to 12
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude	9.0	meters	
Units	M	meters	
Geoid Separation		meters	
Units	M	meters	
Age of Diff. Corr.		second	Null fields when DGPS is not used
Diff. Ref. Station ID	0000		
Checksum	*18		
<CR> <LF>			End of message termination

Fig. 3 - Rappresentazione schematica di un messaggio GPGLA secondo lo standar NMEA.

```

WHILE(1){

    WHILE(RECOGNIZEFIX(READGPGGA(GPS)) == 0);
        RECOGNIZEPOSITION(GPS, ORA, &LONGGPS, &LATGPS);
        SIGNALPOSITION();

        //SE LA FUNZIONE DI TRAKING È ABILITATA STAMPA NEL FILE L'ORA E LE COORDINATE RICEVUTE
        IF(CONF->TRAKINGEN == 1)
            FPRINTF(FPTRAK, "HHMMSS = %S : LATITUDINE = %F; LONGITUDINE = %F\n", ORA, LATGPS, LONGGPS);

        //AZZERA IL PUNTATORE ALLA LISTA DEGLI AUTOVELOX PER INIZIARE UN NUOVO CICLO
        RES = F_LSEEK(FPVELOX, 0);

        //VIENE LETTA UNA RIGA PER VOLTA E CONFRONTATA CON LA POSIZIONE CORRENTE
        WHILE(F_GETS(GPS, sizeof(GPS), FPVELOX) != NULL){
            SSCANF(GPS, "%F,%F", &LATVELOX, &LONVELOX);

            IF(FABSF(LATGPS - LATVELOX) < 0.05)
                IF(FABSF(LONGGPS - LONVELOX) < 0.05){

//DISTANZA = ATAN(SQRT((COS(RADLATB)*SIN(F))^2+ (COS(RADLATA)*SIN(RADLATB)-SIN(RADLATA)*COS(RADLATB)*COS(F))^2)/
(SIN(RADLATA)*SIN(RADLATB)+COS(RADLATA)*COS(RADLATB)*COS(F)));

            //CONVERSIONE COORDINATE DA GRADI IN RADIANTI
            RADLATA = (DOUBLE)(PI180 * LATGPS);
            RADLONA = (DOUBLE)(PI180 * LONGGPS);
            RADLATB = (DOUBLE)(PI180 * LATVELOX);
            RADLONB = (DOUBLE)(PI180 * LONVELOX);

            //RADLATA = (DOUBLE)(PI * LAT / 180);
            //RADLONA = (DOUBLE)(PI * LON / 180);
            //RADLATB = (DOUBLE)(PI * LATVELOX / 180);
            //RADLONB = (DOUBLE)(PI * LONVELOX / 180);

            DIFF = FABS(RADLONA-RADLONB);
            RES1 = COS(RADLATB)*SIN(DIFF);
            RES2 = COS(RADLATA)*SIN(RADLATB)-SIN(RADLATA)*COS(RADLATB)*COS(DIFF);

            RES1 = SQRT(RES1*RES1+RES2*RES2);
            RES2 = SIN(RADLATA)*SIN(RADLATB)+COS(RADLATA)*COS(RADLATB)*COS(DIFF);

            DIST = ATAN(RES1/RES2)*R*1000;

            IF(DIST < DISTMIN){

                IF(CONF->LEDEN){
                    COUNTLED3 = CONF->LEDcount;
                    FREQLD3 = CONF->LEDfreq;
                }
                IF(CONF->BUZZEREN){
                    COUNTBUZZER = CONF->BUZZERcount;
                    FREQBUZZER = CONF->BUZZERfreq;
                }
            }

        }

    }

}

```

in volta con il valore di soglia; questa strategia, però, richiede potenze di calcolo enormi, mentre gli stessi risultati si possono ottenere semplicemente con un algoritmo più accurato. Poniamo a voi la domanda che ci siamo posti in fase di progettazione: è necessario calcolare la distanza al metro per i POI che si trovano a distanze chilometriche? Evidentemente no, perché non ci importa sapere che un autovelox è a 10 km o 100 km di distanza da noi; ciò che interessa sono gli apparecchi entro poche centinaia di metri. Su questo ragionamento abbiamo deciso di scartare tramite una semplice operazione

di differenza tutti i punti che si trovano a distanze molto elevate, per poi calcolare la distanza in metri solo dei punti di vero interesse. Nel **Listato 2** è visibile il frammento di codice che si occupa di scartare i velox troppo lontani. Proseguendo per ordine, abbiamo che nel **Listato 2** è visibile gran parte della funzione autovelox, cuore di tutto il sistema; questa funzione si presenta con un ciclo while infinito nel quale viene letta la stringa GPGGA *ReadGPGGA*. Viene verificato che il ricevitore abbia agganciato correttamente i satelliti (*RecognizeFix*) control-

lando lo stato dell'informazione fix: un fix maggiore di zero indica un allineamento corretto con i satelliti e di conseguenza si può procedere all'estrapolazione delle coordinate tramite la funzione *RecognizePosition*. A questo punto si può entrare in un secondo ciclo while *while(f_gets(gps, sizeof(gps), fpVelox) != NULL)* nel quale viene prelevato riga per riga ogni autovelox, estratto il valore tramite una semplice *sscanf* e, solo al termine, è controllata la posizione tramite i seguenti due if in cascata: *if(fabsf(latGPS - latVelox) < 0.05) if(fabsf(lonGPS - lonVelox) < 0.05){ ... }*. L'uso delle condizioni in cascata permette di

Il calcolo della posizione

La formula scelta è ancora una volta frutto di diversi esperimenti: una prima versione che impiegava meno funzioni trigonometriche è quella che fa riferimento a **d1**; essa è soggetta ad errori d'approssimazione elevati, quando la distanza è breve a causa dell'arcocoseno troppo poco accurato. In alcune prove pratiche, quando la distanza era troppo ravvicinata il calcolo usciva sempre pari a zero. Per questi motivi abbiamo dovuto

far ricorso ad una formula che prevede l'uso dell'arcotangente e che qui sotto vedete con il riferimento **d2**.

La seconda formula richiede un tempo di calcolo che cresce notevolmente a causa dell'elevato numero di funzioni trigonometriche, ma ha il vantaggio di garantire un grado di precisione maggiore sulle distanze brevi, il che è fondamentale per un'applicazione come la nostra.

$$R=6372.795477598$$

$$\pi=3.1415927$$

$$LatA=\frac{\pi * decLatA}{180}$$

$$LatB=\frac{\pi * decLatB}{180}$$

$$LonA=\frac{\pi * delLonA}{180}$$

$$LonB=\frac{\pi * delLonB}{180}$$

$$d_1=acos(\sin(LatA)*\sin(LatB)+\cos(LatA)*\cos(LatB)*\cos(|LonA-LonB|))*R$$

$$f=|LonA-LonB|$$

$$d_2=atan\left(\frac{\sqrt{(\cos(LatB)*\sin(f))^2+(\cos(LatA)*\sin(LatB)-\sin(LatA)*\cos(LatB)*\cos(f))^2}}{\sin(LatA)*\sin(LatB)+\cos(LatA)*\cos(LatB)*\cos(f)}\right)*R$$

apportare un'ulteriore migliona, cioè consente di evitare il calcolo della differenza tra le longitudini se la latitudine risulta eccessiva. L'ottimizzazione del codice deve puntare proprio a migliorare quei frammenti di software che vengono ripetuti in maniera ciclica molte volte, come in questo caso. Solo nel caso in cui entrambi gli *if* risultano essere verificati, si può procedere al calcolo della distanza esatta tra la nostra posizione e quella del prossimo velox. In quest'ultimo caso la distanza tra due punti può essere calcolata facendo riferimento a formule matematico/trigonometriche applicate alla geometria sferica. È chiaro sia dal **Listato 2** che dalle formule matematiche, che le coordinate devono essere espresse in radianti; la conversione da gradi a radianti si effettua moltiplicando per 3,141 e dividendo per 180; essendo il rapporto $\pi/180$ costante è possibile

evitare di effettuare la divisione per 180. In termini di cicli di CPU, la divisione è l'operazione elementare più onerosa, quindi è sempre preferibile sostituire con una moltiplicazione tutti i casi in cui la divisione viene effettuata per un valore costante, semplicemente moltiplicando per l'inverso della costante. Nel caso specifico, dovendo già effettuare un'operazione di moltiplicazione (pi-greca) conviene abbinare le due operazioni in un unico valore costante, calcolo fatto esternamente al codice ($\pi/180$). Nel **Listato 2** è anche visibile la traduzione della formula matematica in codice C; in questo caso abbiamo preferito dividere la formula in step multipli, per sfruttare delle variabili locali ed evitare di effettuare più volte gli stessi calcoli. Osservando le variabili dichiarate si nota facilmente che tutto fa riferimento a variabili di tipo

double, ovvero in doppia precisione, che garantiscono un grado di approssimazione accettabile. È bene ricordare che per evitare errori di approssimazione o troncamento tipici dei numeri in virgola mobile (come i *float* o i *double*) bisogna lavorare solo su interi di grandi dimensioni dividendo in più variabili la parte intera dalla parte decimale; un esempio tipico dove si adottano simili strategie sono i software bancari, ma anche il controllo di missili o satelliti. Insomma, tutti quei casi dove un errore d'arrotondamento non è assolutamente accettabile. Fortunatamente questo vincolo non è indispensabile, perché dalle prove effettuate, nel peggiore dei casi l'errore commesso è di pochi metri, il che rappresenta un valore accettabile perché il sistema di posizionamento GPS prevede un errore di almeno 5 metri, quindi le segnalazioni dei velox sono affette a loro volta da questo errore. Fatte queste dovute considerazioni e dato che l'algoritmo adottato non tiene conto dell'effettiva forma della Terra (geoide con tre punti di deformazione principali), ma considera il globo come una sfera perfetta con un raggio pari a 6.372 km, i risultati ottenuti sono soddisfacenti. Dopo aver sviluppato il concetto di ottimizzazione software, c'è da mettere in evidenza un ultimo accorgimento: nell'istruzione *if(dist < distMin)* riferita sempre al **Listato 2**, si usa una variabile locale piuttosto che far riferimento al valore memorizzato nella struttura *distMin = Conf->DistMin*; questo perché l'accesso ad una variabile tramite puntatore è sempre più onerosa di una variabile locale memorizzata sullo stack. Una rappresentazione in termini di diagramma di flusso delle operazioni descritte finora è

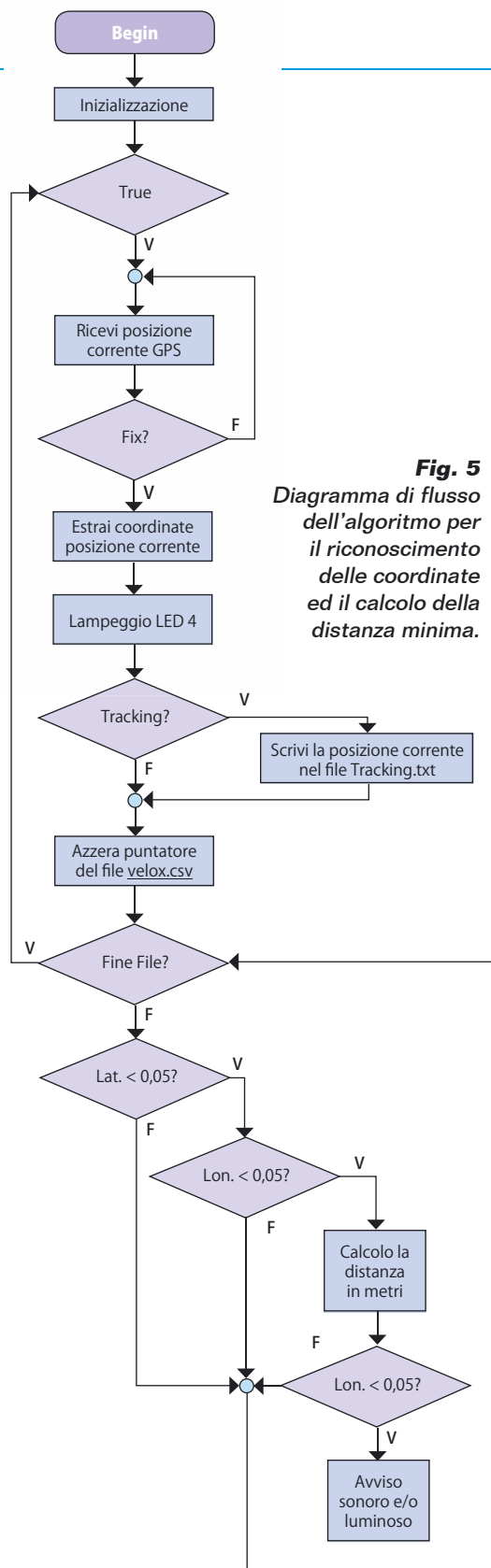


Fig. 5
Diagramma di flusso dell'algoritmo per il riconoscimento delle coordinate ed il calcolo della distanza minima.

visibile nella **Figura 5**. In conclusione, delle diverse strategie hardware/software adottate ed escludendo la consueta fase d'inizializzazione delle

periferiche connesse, manca solo da analizzare la gestione delle interruzioni. Il programma presentato finora è affiancato da quattro routine di gestione per le interruzioni, una per gestire il *Timer1* e le temporizzazioni asincrone dei normali eventi (SD Card e LED) e le restanti tre necessarie a gestire i rispettivi tre pulsanti.

L'uso di interrupt per gestire lo stato degli switch permette di evitare di interrompere il software principale quando l'utente non sta impartendo ordini diretti (operazioni molto rare); soprattutto ha il vantaggio di poter risvegliare il PIC dallo stato di power-save.

Come sempre, abbiamo previsto la possibilità di rendere il progetto espandibile a vostro piacimento, prevedendo sia ulteriori funzionalità hardware aggiornabili senza cambiare il PCB, sia la possibilità di un codice modulare e ben commentato per aggiungere ulteriori moduli.

FUNZIONAMENTO

Il dispositivo presentato in queste pagine, per quanto complesso internamente, è stato realizzato per essere pratico ed intuitivo. Una volta assemblato, è quasi pronto all'uso. Per accenderlo è sufficiente premere il pulsante centrale, ovvero SW2; all'avvio, il PIC effettua una serie di controlli preliminari e se tutto procede correttamente, viene prodotta una doppia nota acustica, in corrispondenza della quale viene fatto lampeggiare due volte LD1 (**Figura 6**). Alla prima accensione o tutte le volte in cui viene inserita una nuova memory-card, il software provvede in maniera automatica a creare il file delle configurazioni, che avrà nome *conf.txt* e sarà predisposto con i valori predefiniti. La fase di creazione del file viene

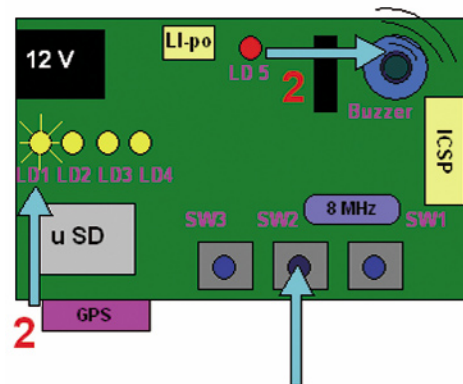


Fig. 6 - Accensione dell'anti-autovelox, doppia nota acustica e doppio lampeggio di LD1.

segnalata facendo lampeggiare velocemente LD2; quando questo rimane spento (dopo 25 lampeggi) la procedura ha terminato la configurazione e il dispositivo è pronto per funzionare. Se nella micro SD è già presente la lista degli autovelox (il file è nominato *velox.csv*) basterà attendere pochi attimi per l'allineamento con i satelliti ed avere il circuito funzionante.

Da questo momento in poi sarà possibile modificare le configurazioni predefinite, inserendo la SD-Card in un comune lettore da PC (**Figura 7**) e utilizzando un editor di testo, tipo *Notepad* di *Windows*.

Notate che di norma, prima di estrarre la memory-card è necessario spegnere il circuito per evitare di danneggiare il file system o lasciare file appesi; per spegnere il dispositivo è sufficiente premere SW1. A conferma dello spegnimento verrà emessa una triplice nota acustica e tutti i led del circuito lampeggeranno

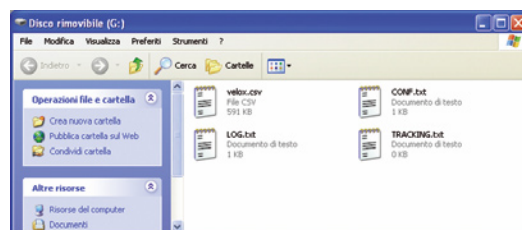


Fig. 7 - Contenuto della memory card durante un normale funzionamento.

(Figura 8). Durante il normale funzionamento LD3 viene fatto lampeggiare in corrispondenza di ogni nuova posizione ricevuta (Figura 10); il lampeggio indicherà che il dispositivo è in funzione e correttamente allineato con i satelliti. Se quest'ultima operazione ancora non è avvenuta, l'antenna non riceve bene il segnale (la cosa è segnalata da LD4, che resta acceso in maniera permanente). Se tra un lampeggio e l'altro viene riscontrato un autovelox o un POI entro il raggio d'azione preimpostato, il dispositivo avvisa l'utente con un suono ed un lampeggio di LD 3 programmabile in durata e frequenza. Agendo sulle configurazioni è possibile anche abilitare o disabilitare separatamente la nota acustica e la segnalazione visiva. Un'altra considerazione importante che bisogna fare sul funzionamento riguarda la modalità Tracking, che permette di memorizzare tutti i segnali ricevuti all'interno del file *Tracking.txt*; quando questa opzione è abilitata, LD2 viene fatto lampeggiare lentamente per ricordare all'utente che il tracking è attivo. Per abilitare la tracciatura del percorso ci sono due modi: il primo consiste nell'abilitare l'opportuna voce di configurazione; così facendo il tracking è sempre attivo e parte con l'accensione del dispositivo. Il secondo metodo consiste nel premere brevemente il pulsante SW3; l'entrata in funzione viene segnalata con una doppia nota acustica ed il lampeggio di LD1. Premendo nuovamente SW3 (con una pressione breve) il tracking viene disattivato e il circuito conferma tale impostazione con tre note acustiche ed il lampeggio di LD1. È bene ricordare che ogni volta che si abilita il tracking, il file precedente viene sovrascritto, quindi è fondamentale salvare il precedente percorso prima

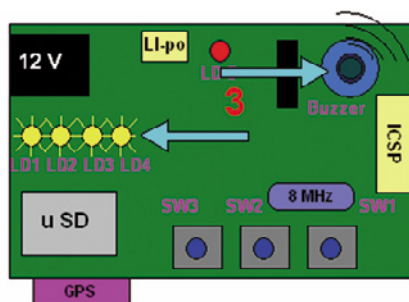


Fig. 8 - Procedura per spegnere correttamente il dispositivo, ed evitare di danneggiare il File-System.

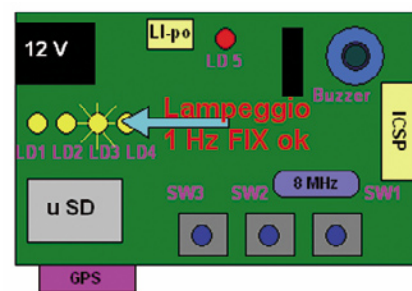


Fig. 9 - Il lampeggio di LD4 indica che il ricevitore GPS si trova perfettamente allineato con i satelliti ed il FIX è avvenuto correttamente.

di attivarlo nuovamente. Infine, l'ultima operazione consentita dal dispositivo consiste nel memorizzare, in corrispondenza di una pressione prolungata di SW3 (Figura 10) la posizione corrente, che verrà aggiunta all'elenco di posizioni nel file *miepoi.txt*. Questa funzione è utile per memorizzare le coordinate del luogo esatto dove vi trovate; magari potrebbe essere un punto d'interesse generico o la posizione di un possibile autovelox. Per essere sicuri che l'informazione venga memorizzata correttamente è sufficiente premere SW3 fin quando non udrete 5 note acustiche e vedrete LD2 lampeggiare velocemente.

LOG DI SISTEMA

Il log di sistema (Figura 11) può essere uno strumento importante per conoscere la storia del dispositivo o eventuali possibili anomalie. Nel file *log.txt* vengono memorizzate, per ogni ciclo di accensione spegnimento, tutte le azioni in sequenza cronologica; il file viene sovrascritto ogni qual volta il dispositivo viene acceso, ed uno spegnimento errato ne comporta la distruzione permanente. Nel file di log vengono memorizzati i risultati del processo di accensione. Questi campi sono sprovvisti di un orario, in quanto non è previsto alcun orologio interno. Al termine dell'inizializ-

zazione, se non si sono verificate anomalie verranno memorizzati i successivi eventi, come ad esempio la segnalazione di un velox o la registrazione di un POI. Queste righe, a differenza delle precedenti, conterranno anche un orario; l'orario farà riferimento al valore ricevuto dai satelliti. Durante il normale funzionamento non risulta necessario consultare il file di log; è invece opportuno conoscere la storia degli eventi ogniqualvolta si verifica un'anomalia, per scoprire la causa che l'ha verificata.

Un tipico esempio di anomalia è l'impossibilità di accedere alla lista degli autovelox (o comunque dei punti d'interesse) o l'inconsistenza di qualche riga all'interno del file di configurazione. Consultando il file *log.txt* è possibile

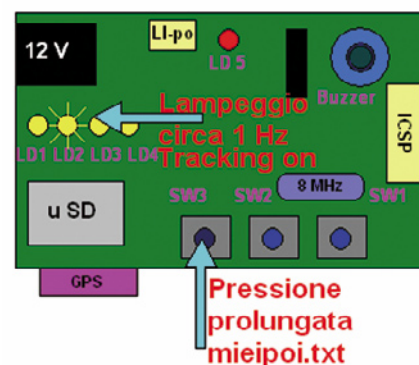


Fig. 10 - La pressione prolungata di SW3 permette di memorizzare la posizione corrente nel file *miepoi.txt*, una pressione breve dello stesso switch abilita o disabilita la modalità tracking.

risalire alla causa del guasto e correggere l'errore. Per esempio, la dicitura **"ERRORE: BUZZER COUNT ="** indica che la riga **"BUZZER COUNT ="** nel file *conf.txt* è danneggiata o incoerente. Una possibile soluzione a questo problema consiste nel ripristinare la linea indicata o formattare la memory-card e riconfigurare tutte le preferenze.

CONFIGURAZIONI

Il file *conf.txt* (Figura 12) è formato come una tabella da 10 righe e due colonne, in corrispondenza di ogni rigo è presente una coppia di attributi nome = valore. Per ogni tupla è possibile modificare il valore in base alle proprie esigenze. Nel seguito saranno elencate e commentate le funzioni di ogni rigo ed il range di valore ammissibili. È bene ricordare che il PIC effettua un controllo solo sull'integrità della tabella, tralasciando all'utente il compito di rispettare i valori ammessi (**FileCofig.c**). Di seguito saranno spiegati le funzioni ed i valori accettati per ogni riga, facendo riferimento ai valori assegnati di default:

"NOME VELOX = velox.csv";
 "NOME TRAKING = tracking.txt";
 "TRAKING ON/OFF =0";
 "DISTANZA MIN =1000";

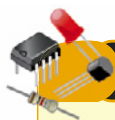
Le prime due righe permettono di selezionare il nome della lista degli autovelox e quello del file di tracking; i valori di default possono essere cambiati rispettando il formato 8+3 caratteri. Le successive due righe rispettivamente permettono di abilitare il tracking (0 = off, 1 = on) in modalità *default* ed impostare la distanza minima entro cui ricevere l'avviso (min: 10; max: 3000).

Le successive due coppie di tre valori ciascuna servono a modellare le preferenze per il tipo di segnalazione. Potete intuire che con Buzzer ci riferiamo all'avviso acustico e con LED all'avviso sonoro.

"BUZZER ON/OFF =1";
 "BUZZER FREQ =4";
 "BUZZER COUNT =10";
 "LED ON/OFF =1";
 "LED FREQ =4";
 "LED COUNT =10";

Essendo le impostazioni simmetriche, si farà riferimento solo alla prima. La funzione ON/OFF permette di abilitare o disabilitare quella segnalazione (0 = off, 1 = on); FREQ consente di selezionare la frequenza tra una nota e l'altra o la frequenza di lampeggio: con un valore pari a 1 (min) si otterrà un lampeggio molto rapido, mentre con valori crescenti la frequenza diminuisce (max: 100). Infine COUNT esprime il numero di ripetizioni; è molto importante che questo sia pari. Il valore minimo 2 comporterà un lampeggio, invece quello massimo (5.000) determinerà 2.500 lampeggi.

Bene, con questo riteniamo di avervi detto proprio tutto. Siamo



per il MATERIALE

Tutti i componenti utilizzati in questo circuito sono facilmente reperibili in commercio. Il master del circuito stampato utilizzato nel nostro prototipo ed il firmware col quale programmare il microcontrollore sono scaricabili dal sito della rivista (www.elettronica.in). Ricordiamo che il micro va programmato con la tecnica In-Circuit. Il microcontrollore Microchip PIC24HJ256GP206 costa 12,00 Euro mentre il ricevitore GPS FV-M8 è disponibile a 65,00 Euro. 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>

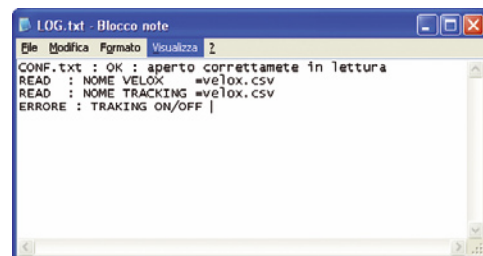


Fig. 11 - Esempio di log di sistema con un possibile errore.

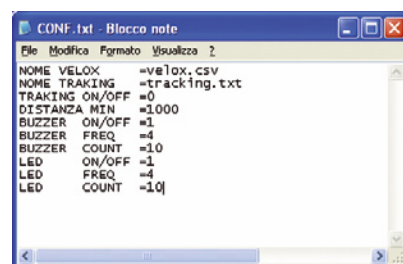


Fig. 12 - File di configurazione appena generato dalle routine del firmware.

lieti di avervi presentato questo progetto, e lo saremo ancora più se ne farete un uso corretto. Ricordate che il dispositivo nasce con l'intento di scoraggiare la marcia alle alte velocità ed incentivare un uso civile delle strade, nel rispetto delle norme del Codice della Strada, del buon senso e degli altri automobilisti. Ricordiamo inoltre che la strada è un luogo pubblico condiviso da migliaia di persone al giorno; una pacifica condivisione rende più semplice la circolazione, evita incidenti e migliora la viabilità. ■

UNA MATITA... CHE SCRIVE E SUONA!

..... di DAVIDE SCULLINO

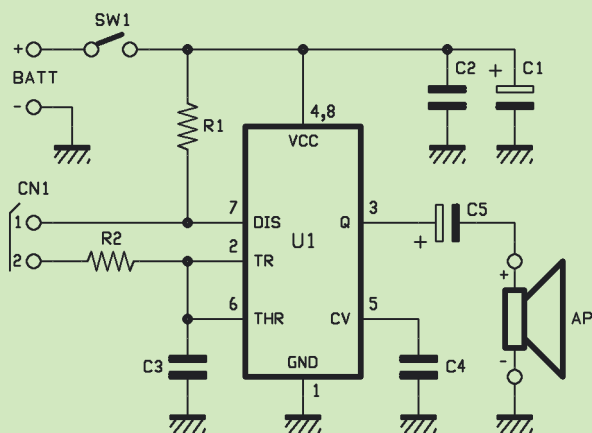
Simpatico ed originale dispositivo elettronico da montare su una matita: toccando con un dito la traccia sul foglio di carta, emette un suono la cui frequenza dipende dalla distanza tra il dito e la punta in grafite.

Prendiamo in mano una matita... cominciamo a tracciare una linea continua sempre più spessa... A un certo punto sentiremo un suono e ci accorgeremo che spostando la punta in qua e in là la nota acustica cambierà di tono. Ma com'è possibile? La risposta è semplice: abbiamo collegato i due elettrodi di un circuito uno alla mina in grafite della matita e l'altro allo stelo; toccando con la mano quest'ultimo e appoggiando un dito della mano libera sulla traccia fatta dalla matita, inseriamo tra i contatti una resistenza variabile in base alla distan-

za tra dito e punta della matita e allo spessore della traccia. Unica condizione affinché tutto funzioni: il tratto deve essere continuo e non interrotto.

Abbiamo così costruito un simpatico giocattolo molto interessante e che certo non mancherà di incuriosire chi lo userà. Volete sapere come funziona e in che modo potete costruirlo? Leggete i prossimi paragrafi e lo scoprirete.





Il funzionamento del nostro gadget si deve allo speciale circuito utilizzato, che è sostanzialmente un generatore di nota modulabile in frequenza mediante il contatto delle mani; più precisamente, collegando un elettrodo alla grafite ed uno all'esterno della matita, inseriamo la punta (della matita) e il nostro corpo in un circuito elettrico che si chiude toccando con l'altra mano la traccia disegnata. Siccome la grafite depositata quando scriviamo con una matita è elettricamente conduttiva, il circuito presenterà una resistenza che dipenderà sia dallo spessore della traccia, sia dalla distanza tra punta e mano.

Siccome il circuito da noi utilizzato varia la frequenza prodotta in base alla resistenza vista fra i due punti collegati all'interno e all'esterno della matita, la distanza della mano e lo spessore del tratto fanno variare in funzione la frequenza.

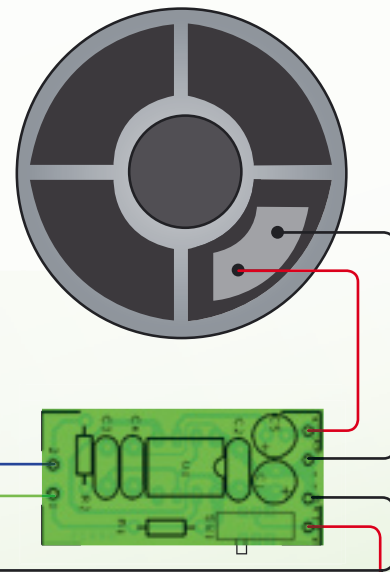
SCHEMA ELETTRICO

Il circuito utilizzato per produrre il suono è banale: si tratta di un semplice timer NE555 nella classica configurazione da astabile, al quale è stata apportata una piccola modifica: abbiamo interrotto la rete di temporizzazione tra i piedini 7 (discharge) e 2-6 (rispettivamente trigger e threshold).

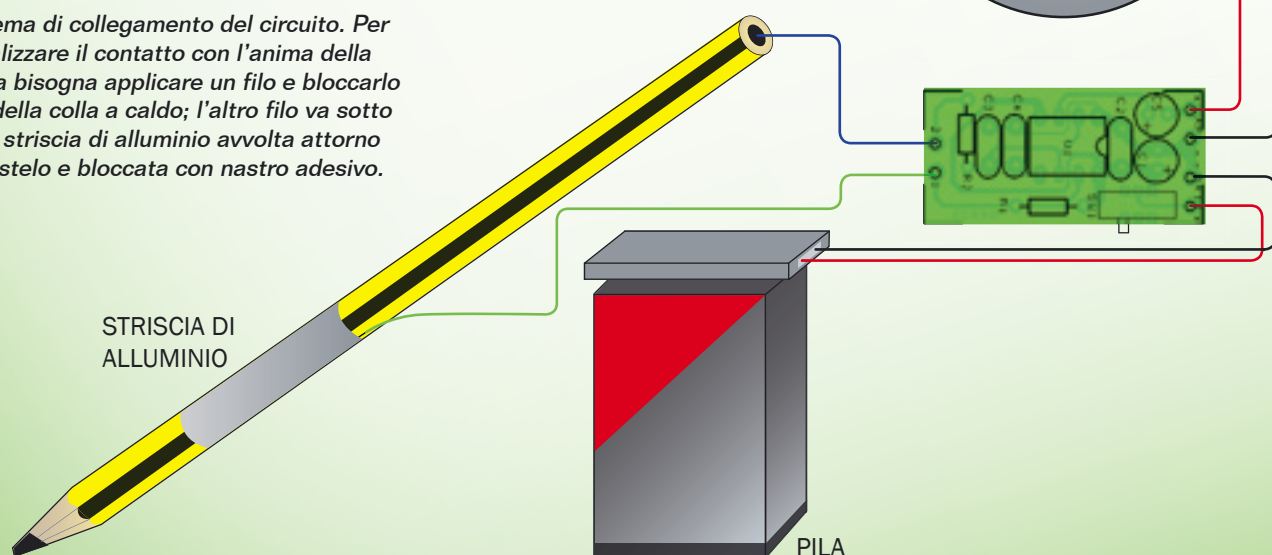
Potete comprendere in che cosa consiste l'intervento dal funzionamento del 555 nella configurazione astabile e considerando che l'integrato è composto da una coppia di comparatori connessi a finestra di tensione, le cui uscite pilotano quella dell'uno il SET e quella dell'altro il RESET di un flip-flop RS. Quest'ultimo ha l'uscita complementata collegata al piedino 3 e quella diretta che pilota un transistor NPN ad emettitore comune, il cui collettore termina sul piedino 7.

Con l'attuale collegamento, supponendo inizialmente scarico il condensatore C3 vediamo come funziona l'intero circuito; immaginiamo di chiudere i punti 1 e 2 di CN1 con un ponticello e riferiamoci allo schema a blocchi interno del 555, illustrato in

ALTOPARLANTE



Schema di collegamento del circuito. Per realizzare il contatto con l'anima della matita bisogna applicare un filo e bloccarlo con della colla a caldo; l'altro filo va sotto una striscia di alluminio avvolta attorno allo stelo e bloccata con nastro adesivo.



queste pagine.

Inizialmente il comparatore in basso ha l'uscita a livello alto e comanda il SET del flip-flop, determinando lo zero logico sulla base del transistor interno all'integrato e forzando ad 1 il piedino 3.

Dando tensione tra i piedini 8 e 1, C3 inizia a caricarsi attraverso la serie formata da R1 ed R2; a un certo punto il potenziale sui piedini 2 e 6 diviene tale da far commutare l'operazionale connesso al SET del flip-flop, il quale pone a zero la propria uscita. Man mano che la tensione sul C3 sale, a un certo punto i piedini 2 e 6 raggiungono un potenziale che fa commutare l'uscita dell'operazionale in alto, la quale passa da zero a livello alto e comanda il RESET del flip-flop. A questo punto l'uscita complementata di quest'ultimo si porta a livello alto e manda in saturazione il transistor; quella facente capo al driver si porta a livello basso e tiene a zero il piedino 3.

Ora il transistor interno al 555 va a scaricare il condensatore C3 attraverso la sola R2, fin quando il potenziale sui piedini 2 e 6 non diviene inferiore a quello di riferimento del secondo operazionale, la cui uscita al verificarsi di tale condizione comanda il RESET del flip-flop. Per effetto di ciò, l'uscita complementata di quest'ultimo torna nuovamente a zero e lascia interdire il transistor; l'uscita diretta porta, invece, il piedino 3 a livello alto.

Il C3 riprende a caricarsi attraverso R1 ed R2 e ricomincia quindi il ciclo visto dal principio, che si ripete fin quando il circuito non viene privato dell'alimentazione, e che determina tra il piedino 3 e massa (pin 1) un segnale rettangolare la cui frequenza dipende dalla resistenza complessivamente

te inserita nella carica e scarica del condensatore C3.

Tale frequenza vale esattamente:

$$f = 1,44 / [C3 (R1 + 2 \times R2)]$$

Nel circuito, l'uscita del timer NE555 è collegata ad un piccolo altoparlante mediante un condensatore, che ha lo scopo di bloccare la componente continua presente nel caso l'oscillatore si fermi.

Giunti a questo punto dovrete quantomeno immaginare in cosa consiste il funzionamento della matita sonora: collegando il punto 1 alla mina in grafite e il 2 all'esterno (o viceversa, tanto è

lo stesso) in modo che sia toccato dalla mano con cui impugniamo la matita, quindi toccando con un dito dell'altra mano la traccia disegnata su un foglio di carta, inseriamo una resistenza variabile in serie ad R2. Ciò permette di assoggettare la frequenza prodotta dall'astabile al nostro tocco, alla posizione del dito, nonché allo spessore del tratto disegnato: infatti più spessa è la linea, maggiore è la quantità di grafite trasferita sulla superficie del foglio e minore risulta la resistenza; viceversa, più sottile è la linea e più cresce la resistenza. A parità di distanza tra il dito e la punta della matita, vediamo



Quattro secoli di grafite

La matita è lo strumento più comune per scrivere e disegnare, ma non il più antico. Infatti la grafite, cioè il minerale grigio che nelle odierne matite viene avvolto in un bastoncino di legno, fu scoperta solo nel 1664. Qualcuno si accorse che la grafite lasciava su un foglio di carta una traccia, facilmente cancellabile con un po' di mollica di pane. Il 10 settembre del 1665 furono messi in vendita i primi bastoncini di grafite, protetti da un involucro di stoffa o da sottili canne di bambù. Le matite con il rivestimento di legno, come quelle che si utilizzano oggi, comparvero molto più tardi, nel 1795 e fu il francese Conté a iniziarne la produzione. La grafite impastata con argilla, veniva tagliata in striscioline e cotta, quindi infilata in un bastoncino cavo di legno di cedro e fissata con una goccia di colla. Ancora oggi l'involucro delle mine più pregiate è di cedro rosso o di ginepro, mentre le matite più comuni sono fatte di ontano o di tiglio. Le mine delle matite possono essere dure (contrassegnate con una H) o morbide (B); un numero indica la maggiore o la minore durezza o morbidezza. Una particolarità delle matite è che la mina è un ottimo conduttore di corrente.

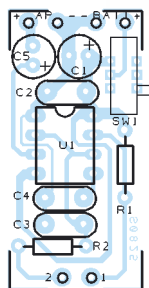
[piano di **MONTAGGIO**]

Elenco Componenti:

R1: 1 kohm
 R2: 330 ohm
 C1, C5: 100 μ F 16 VL
 elettrolito
 C2, C4: 100 nF multistrato
 C3: 680 pF ceramico
 U1: NE555
 SW1: Deviatore a slitta
 miniatura 90°

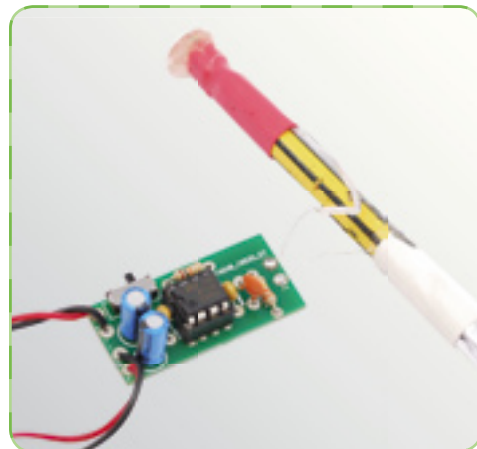
Varie:

- Zoccolo 4+4
- Altoparlante



- Clip per batteria 9V
- 20 cm filo conduttivo
- Circuito stampato

I contatti CN1 vanno collegati uno alla mina (in cima) e l'altro a una foglia d'alluminio avvolto attorno allo stelo.



che la frequenza cresce se il tratto si inspessisce e diminuisce con linee più sottili.

Muovendo la matita, disegnando senza mai interrompere il tratto, sentiremo un suono che cambia costantemente di tonalità, per poi interrompersi sollevando la punta o il dito dal foglio; questo perché interrompendo i punti 1 e 2 del circuito l'oscillatore si ferma e all'altoparlante (che è disaccoppiato mediante un condensatore) non giunge alcuna tensione.

REALIZZAZIONE PRATICA

Fermo restando che il gadget funziona solo con una matita tradizionale o una "micromina", preparatevi alla costruzione

procurandovi, oltre al circuito stampato, i seguenti elementi: una matita, della pellicola d'alluminio per cucina, un po' di colla e degli spezzoni di filo elettrico. Il circuito stampato è molto piccolo e semplice, tant'è che potete realizzarlo su un pezzetto di basetta millefori; in ogni caso, se preferite la fotoincisione scaricate dal nostro sito web www.elettronica.in.it la traccia lato rame e procedete creando la pellicola ed esponendo la basetta agli ultravioletti, quindi sviluppandola e incidendola. Fatti i necessari fori disponete i componenti in ordine di altezza, badando alla polarità e al verso di inserimento degli elementi polarizzati; per ridur-

re l'ingombro potete stagnare l'integrato direttamente sul circuito stampato, prestando però attenzione a tenere la punta del saldatore su ciascun piedino per non più di 3÷4 secondi, onde evitare danni per surriscaldamento. Completato il circuito, saldate due spezzoni di filo in rame ai contatti 1 e 2 (CN1) quindi connettete uno di questi all'anima della matita, bloccandolo con della colla a caldo o con del cianocrilato, assicurandovi però che il rame tocchi la grafite; con altri due spezzoni di filo connettete un piccolo altoparlante da 16÷32 ohm, 100 mW. Non dimenticate di connettere ai punti + e - BATT una presa volante a strappo per pile da 9 volt.

Ora sistemate lo stampato in cima alla matita e bloccatelo con del nastro isolante, fermando l'altoparlante; fatto ciò, scoprite l'estremo libero del filo avanzato (di quelli che vanno a CN1...) e fissatelo all'esterno dell'impugnatura della matita, avvolgendolo con della pellicola d'alluminio che incollerete per un lembo. A questo punto il gadget è pronto; per farlo funzionare inserite una pila nell'apposita presa volante. ■



per il MATERIALE

Tutti i componenti utilizzati in questo circuito sono facilmente reperibili in commercio. Il master del circuito stampato è scaricabile gratuitamente dal sito della rivista (www.elettronica.in.it). Per approfondire la conoscenza del 555 è disponibile il libro "Il manuale dell'IC 555" a Euro 9,90 (ordinabile on-line da Futura Elettronica).

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



La telefonia cellulare, ormai diffusa capillarmente anche nei paesi del terzo mondo, sta creando nuovi modelli di business e grandi opportunità di sviluppo che nemmeno i massicci aiuti umanitari dei paesi sviluppati sono stati in grado di mettere in moto. Un esempio di come la tecnologia possa migliorare rapidamente le condizioni di vita dei paesi più poveri nel pieno rispetto della loro identità.

LA RIVOLUZIONE WIRELESS

di ARSENIO SPADONI





Per l'economista bengalese Muhammad Yunus, conosciuto come "il banchiere dei poveri" e Premio Nobel per la pace, *"La via più breve per uscire dalla povertà è il cellulare"*. E in effetti la diffusione della telefonia mobile dalle savane africane alle regioni rurali dell'India, dalle pianure dell'Indocina alle foreste dell'America Latina, sta cambiando radicalmente gli stili di vita di quelle popolazioni, creando opportunità di sviluppo impensabili sino a pochi anni fa. Lo conferma anche un recente studio della Banca Mondiale, secondo cui nei paesi in via di sviluppo un incremento di 10 cellulari ogni cento abitanti determini un aumento del prodotto interno lordo dello 0,8 %, dovuto al giro d'affari derivante dall'installazione e gestione delle reti e innescato dalla possibilità di

business impensabili senza cellulare. Oggi nel mondo sono in funzione circa quattro miliardi di cellulari, di cui il 70% nei paesi emergenti e del terzo mondo. Le economie di scala hanno consentito di mantenere il prezzo di vendita dei cellulari più semplici sotto i venti dollari e di realizzare le infrastrutture radio con costi più che accettabili anche per paesi molto poveri. In alcuni paesi africani sono in vendita cellulari fabbricati in Cina a 13 dollari mentre, per quanto riguarda le infrastrutture, un paese con un territorio due volte più esteso di quello italiano - la Repubblica Centrafricana - ha recentemente ultimato la propria rete cellulare con una spesa complessiva di appena 40 milioni di dollari: poco

più di 10 dollari per abitante. Anche per i ponti radio si è fatto ricorso, specie per le zone rurali, ad apparecchiature low-cost alimentate con pannelli fotovoltaici, come abbiamo documentato il mese scorso. Ciò non significa che la tecnologia utilizzata sia obsoleta; tutt'altro: la rete della Repubblica Centrafricana è di terza generazione, in grado di supportare GSM e UMTS. Attualmente la penetrazione della telefonia cellulare nelle zone più povere dell'Africa si attesta sul 30% ed è in rapidi-

ma crescita: una rivoluzione epocale per popolazioni abituate da sempre ad essere isolate dal mondo. Ma il cellulare non è solo uno strumento per comunicare più facilmente, come nei paesi più sviluppati: nel terzo mondo ha consentito anche di sostituire infrastrutture inadeguate o



Il padre del cellulare



L'arzilla vecchietto che vedete nella foto è un perfetto sconosciuto per la maggior parte delle persone; nessuno lo riconoscerebbe né in foto né incontrandolo per strada. Eppure Martin Cooper ha contribuito non poco a cambiare le nostre abitudini, la società in cui viviamo e - come raccontiamo in queste pagine - a migliorare le condizioni di vita delle popolazioni dei paesi più poveri della Terra dove la diffusione della telefonia cellulare sta creando grandi opportunità di sviluppo. Certo, innovazioni tecnologiche come la telefonia cellulare sono state il frutto del lavoro di team di ingegneri delle più importanti società di elettronica, ma tutti sono concordi nell'affermare che Marty, come lo chiamano gli amici, è stato determinante per lo sviluppo del cellulare come nessun altro. Fu lui, oltretutto, nella sua veste di capo della divisione Carphone della

Motorola, ad effettuare la prima telefonata con un cellulare, il 3 aprile 1973, di fronte a giornalisti e passanti, in una via di New York. Quella prima chiamata, indirizzata a Joel S. Engel, capo della ricerca della rivale Bell Labs, rappresentò il momento fondamentale del passaggio tecnologico con cui si arrivò a raggiungere una persona invece di un luogo. Il prototipo utilizzato, denominato **Dyna-Tac** (acronimo di *Dynamic Adaptive Total Area Coverage*), fu il frutto della sua visione di una comunicazione telefonica senza fili di tipo personale e portatile, distinta dalla telefonia per le automobili. L'apparecchio utilizzato era il primo prototipo di un telefono cellulare portatile: pesava un chilo e mezzo, aveva un'autonomia di 30 minuti in conversazione, non disponeva di display e impiegava più di dieci ore per ricaricarsi. Per comunicare, il Motorola **Dyna-Tac** si collegava con una

stazione ricevente situata a New York, che poi instradava la telefonata lungo le normali linee telefoniche. Se Motorola fu la prima a realizzare un telefono cellulare, il principio e lo sviluppo della rete cellulare si devono però al Bell Labs della AT&T, che già nel 1968 aveva proposto un sistema basato sulla suddivisione del territorio in una serie di "celle" grossolanamente esagonali, ognuna con una stazione ricetrasmittente. In questa rete ciascuna stazione è collegata attraverso normali linee telefoniche ad un centro di commutazione per le telecomunicazioni mobili, che ha il compito di dirigere il traffico.

Quando l'utente fa una chiamata utilizza uno dei canali disponibili nella cella; spostandosi in una zona servita da un'altra cella, il sistema trasferisce automaticamente la comunicazione su un nuovo canale della nuova cella, lasciando libero il precedente

mancanti, quali quelle stradali, bancarie, postali, o sanitarie, migliorando l'efficienza di quelle poche infrastrutture esistenti e surrogando quei servizi che mancano. Un caso eclatante è quello dei servizi bancari: ormai dall'India all'Africa, molto più che da noi, il cellulare è diventato anche un borsellino digitale. I pagamenti degli stipendi, i trasferimenti di fondi, i pagamenti di una certa consistenza e i piccoli finanziamenti avvengono quasi esclusivamente tramite cellulare, senza alcun supporto bancario, creando di fatto una struttura di gestione del denaro del tutto simile a quella degli sportelli bancari dei paesi sviluppati. Molti gestori telefonici, con la collaborazione dei governi locali, hanno già dato il via ad importanti iniziative

in questo campo: in Kenia, il servizio M-PESA di Safaricom ad oggi viene utilizzato da oltre 6,5 milioni di utenti (un keniota su sei) mentre il nuovo servizio dell'operatore sudafricano MTN si sta rapidamente diffondendo nei 21 paesi dell'Africa e del medio Oriente in cui questo operatore è presente; il servizio consente agli utenti di consultare il proprio conto corrente o di effettuare acquisti direttamente dal telefonino via SMS, proponendo anche, in via facoltativa, una carta di credito. Nei Paesi emergenti i servizi di pagamento e mobile banking rappresentano uno strumento di fondamentale importanza per la crescita dell'economia; ovviamente i servizi di mobile payments differiscono in base al mercato in cui vengono pro-

posti, perché devono rispondere a esigenze diverse.

In Africa solo una persona su 5 dispone di un conto corrente: in totale, nei mercati emergenti circa un miliardo di persone sono tagliate fuori dai circuiti finanziari tradizionali, ma hanno un telefonino; questo numero salirà a 1,7 miliardi entro il 2012 ed è proprio questa la ragione per cui, secondo recenti studi, questo mercato raggiungerà nei paesi emergenti un valore di 5 miliardi di dollari.

Per quanto riguarda l'assistenza sanitaria, la possibilità di accedere anche ad un semplice servizio di consulenza medica, in molte regioni ha rappresentato un importante strumento di progresso.

Chi mai, quando è stata sviluppata la telefonia cellula-

per altre telefonate. Dopo quella prima dimostrazione pubblica, dovettero passare 10 anni (e 100 milioni di dollari di investimenti) prima dell'entrata in produzione del primo cellulare: il Motorola **Dyna-Tac 8000x** commercializzato nel 1983. Il sogno di Marty, figlio di una modesta famiglia di immigrati ucraini che si era pagato gli studi prolungando la sua ferma in Marina, finalmente diventava realtà. Nonostante il prezzo di vendita proibitivo, che all'inizio sfiorava i 4.000 dollari, le liste d'attesa per aggiudicarsi questo nuovo *status symbol* furono talmente lunghe che i progettisti della Motorola capirono subito di aver imboccato la strada giusta e continuarono a proporre modelli aggiornati del **Dyna-Tac** con cadenza biennale. La Motorola venne ben presto seguita da altri produttori, soprattutto scandinavi,

all'avanguardia in questo settore industriale, sia per quanto riguarda i terminali che le infrastrutture fisse. In seguito Cooper raccontò che l'idea ispiratrice del telefono cellulare gli venne dal *Communicator* di Star Trek, dispositivo portatile che stava in una tasca. Quando iniziò la commercializzazione del **Dyna-Tac**, Cooper aveva già lasciato la posizione che occupava in Motorola per dare vita ad una nuova società, la *Cellular Business System* che, anticipando ancora una volta i tempi, mise a punto innovativi sistemi di pagamento dei consumi telefonici. Più tardi, venduta la *Cellular Business System*, fondò la *ArrayComm* con lo scopo di mettere a punto antenne intelligenti, più performanti di quelle esistenti, in grado di consentire un aumento di banda e di velocità delle connessioni wireless.



re, avrebbe immaginato che sarebbe diventata uno degli strumenti più formidabili di sviluppo del terzo mondo? Nei paesi più sviluppati l'impatto della tecnologia cellulare non è stato così forte perché eravamo già abituati ad avere una capillare rete telefonica, oltre ad altri mezzi di comunicazione, come la televisione, che garantivano per lo meno la diffusione delle informazioni. Inoltre in tutti i paesi



Passato, presente e futuro della tecnologia cellulare

Sono passati poco più di cento anni da quando Marconi, nel 1896, presentava alla Toynbee Hall il suo "telegrafo senza fili" in grado di mandare brevi messaggi in codice Morse e circa 25 anni da quando, nel 1983, venne commercializzato il primo telefono cellulare, il DynaTAC di Motorola, col quale era possibile effettuare telefonate in mobilità. Oggi, tutti quanti, persino i bambini, hanno in tasca un dispositivo che definire telefono è molto riduttivo, in quanto ci consente, oltre che telefonare, di inviare messaggi, foto e video, di accedere a Internet, di leggere la posta, di effettuare pagamenti, di districarci nelle vie di qualsiasi città, e tanto altro ancora. Dagli impulsi

Morse di cent'anni fa allo Smartphone di oggi, la tecnologia wireless ha fatto progressi incredibili, soprattutto per quanto riguarda la banda passante, ovvero i dati che possono essere

trasmessi nell'unità di tempo. La tecnologia wireless è in continua evoluzione, sia nelle applicazioni **Wan** (*Wide Area Network*), di cui fanno parte i cellulari, che nelle reti **Pan** (*Personal Area Network*), ovvero nelle applicazioni a breve distanza (la rete **Wi-Fi** domestica è il più significativo esempio di rete Pan). Per quanto riguarda le reti wireless del primo tipo, da sempre associate alla telefonia cellulare, le prime applicazioni commerciali videro la luce nei primi anni settanta con dispositivi mobili talmente ingombranti da poter essere utilizzati esclusivamente a bordo di veicoli: si tratta della generazione di partenza (**0G**), fatta di reti analogiche operanti inizialmente a 160 MHz e successivamente a 450 MHz. Nel 1973 la Telecom di allora (la SIP) lanciò in Italia l'**RTMI** (*Radio Telephone Mobile Integrated*), il primo servizio di telefonia radiomobile nazionale che copriva quasi tutto il paese con l'utilizzo di 32 canali radio (16 dedicati alle grandi città e 16 alle vie di comunicazione).

La copertura era assicurata da stazioni radio con antenne omnidirezionali, posizionate in luoghi

strategici con celle di grande diametro (oltre 40 km); il servizio era automatico nella direzione da utente mobile a rete fissa e tramite operatore in senso inverso. In questa fase le reti sviluppate nei vari paesi utilizzano standard non compatibili tra loro: all'avanguardia ci sono alcuni paesi del Nord-Europa che utilizzano la tecnologia **NMT** (*Nordic Mobile Telephone system*) mentre nel nostro paese viene utilizzata l'**RTMS** (*Radio Telephone Mobile System*) sviluppato da Italtel. Col progredire della tecnologia, alcuni apparati destinati all'installazione fissa in auto assumono dimensioni più contenute, tanto da poter essere portati addosso: sono i cosiddetti "trasportabili", con le dimensioni di una valigetta ed una cinghia per il trasporto. Nel 1989 la rete **RTMS** raggiunge in Italia la copertura nazionale con circa 100.000 abbonati. Il grande salto di qualità, contrassegnato da una vera portabilità (siamo nella fase **1G**), sia ha con la diffusione delle tecnologie analogiche **TACS** (*Total Access Communication System*) e **ETACS** (*Extended TACS*): vengono utilizzate frequenze di 890/900 MHz con due portanti, ognuna associata a 21 canali di controllo e 395 canali vocali. Negli Stati Uniti la prima generazione di cellulari si basa invece sul protocollo **AMPS**

(*Advanced Mobile Phone System*) sviluppato dalla Bell. Gli apparati diventano realmente tascabili (con il **Micro-TAC** Motorola che la fa da padrone) mentre la copertura è garantita praticamente ovunque. La prima rete **ETACS** italiana viene inaugurata nell'aprile del 1990, l'anno dei Mondiali di Calcio in Italia, e la SIP diventa rapidamente il primo operatore di telefonia mobile europeo; in quegli anni, grazie anche a strategie di marketing rivolte non più esclusivamente alle aziende ma anche alle famiglie, il numero degli abbonati sale a circa 4 milioni, portando la rete alla saturazione alla fine del 1995. I cosiddetti telefoni "portatili" vengono presentati al pubblico per la prima volta nel marzo del 1990. Inizialmente i modelli proposti sono solo due: il **Nokia Cityman** e il **Motorola Micro-Tac**. Entrambi i modelli hanno le dimensioni di una cornetta, pesano 400 grammi ed hanno un'autonomia di circa un'ora di conversazione. Il loro costo è di 2.800.000 lire per il **Nokia Cityman** e di 3.900.000 per il **Micro-Tac**. La generazione successiva, la **2G** degli anni '90, fu caratterizzata dal passaggio dall'analogico al digitale, con la diffusione a livello planetario dello standard **GSM** (*Groupe Spécial Mobile*, poi *Global System for Mobile communications*) adottato

occidentali esistono da decenni valide infrastrutture di tutti i generi, dai servizi finanziari a quelli postali, dalle strade alle ferrovie. Insomma, esistono

tutte le condizioni per lo scambio di informazioni, merci e persone che una moderna economia necessita. Certo, la telefonia cellulare non potrà sostituire le strade, ma la possibilità di

avere un mezzo che consenta un facile scambio di informazioni può migliorare l'efficienza di quel poco di logistica che esiste. Nelle attività dove non esistono problemi di natura fisica o dove esistono ma posso-



dall'80% delle nazioni e con una rapida penetrazione anche nel nostro paese che raggiunse il 100 % nel giro di pochi anni (il traguardo fu tagliato nel 2003). Le tecniche digitali favoriscono un utilizzo più efficiente dei canali grazie alla possibilità di comprimere e multiplexare diverse sorgenti mediante sistemi **Tdma** (*Time Division Multiple Access*) e **Cdma** (*Code Division Multiple Access*). Nel nostro paese le sperimentazioni con la tecnologia GSM iniziarono alla fine del 1990, con l'installazione delle prime centrali a Roma; il primo ottobre 1992 iniziò ufficialmente la prima fase del servizio con la copertura degli assi autostradali Milano-Napoli e Torino-Venezia, inclusi tutti i maggiori centri urbani presenti sul percorso. La costruzione della rete nella prima fase venne affidata a due consorzi: il primo, formato da Ericsson e Italtel, si occupò dell'installazione di **MSC** e **BSS** (*Base Station System*) lungo la linea Roma-Firenze-Bologna-Milano; il secondo, comprendente Siemens, Ote e Marconi, installò i **BSS** nelle città di Napoli, Venezia e Torino. Il lancio del servizio commerciale **GSM** avvenne nell'aprile del 1995, anche a causa di alcuni ritardi nell'ottenere le concessioni per le frequenze. Il **GSM** opera nelle bande a 900 MHz e 1.800 MHz con modulazione **GSMK** e potenza massima di trasmissione di 2 e 1 watt rispettivamente. Sfruttando tecniche **Tdma**, supporta simultaneamente

fino a 8 canali di tipo full-rate a 13 kbit/s o 16 canali di tipo half-rate a 5,6 kbit/s ed utilizza una codifica **Lpc** (*Linear Predictive Coding*) per il segnale audio. La fase **2.5G** ha visto affermarsi le trasmissioni dati mediante commutazione a pacchetto (**GPRS**, *General Packet Radio Service*) che hanno aumentato in maniera significativa la velocità di trasferimento dati con protocolli IP, Ppp e X.25. Il **GPRS** adotta una tecnica **Fdd** (*Frequency Division Duplex*) che associa ad ogni sessione e ad ogni utente una coppia di canali in *uplink* e *downlink*; utilizzando pacchetti di durata fissa corrispondenti ad un *time slot* **GSM** è possibile la condivisione dello stesso canale tra diversi utenti. In *download* viene utilizzato lo schema *first come/first served* e in *uplink* un sistema simile all'**R-Aloha** mentre i dati sono trasferiti con un **Tdma** dinamico. **GPRS** ed **EDGE** (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*) hanno rappresentato le tecnologie di transizione tra le generazioni **2G** e **3G**. La tecnologia mobile di terza generazione è basata sulla piattaforma **UMTS** (*Universal Mobile Telecommunications System*) che impiega lo standard base **W-CDMA** come interfaccia di trasmissione ed è compatibile con lo standard **3GPP**. Successivamente sono stati introdotti l'**Ims** (*IP Multimedia Subsystem*) e l'**Hsdpa**



(*High Speed Downlink Packet Access*), un protocollo di comunicazione basato su tecniche **Hraq** (*Hybrid automatic repeat-request*) che, grazie alla ritrasmissione automatica del messaggio con differente codifica, consente di raggiungere i 14,4 Mbps in *download*. La piattaforma **UMTS** e le successive evoluzioni hanno permesso ai cellulari di diventare dei terminali dati ad alta velocità, del tutto simili ai modem **ADSL**, con possibilità di connessione a Internet e scarico veloce di programmi e filmati. Insomma, hanno consentito ai terminali di diventare degli *Smartphone*, simili più a un PC che a un telefono. Secondo molti esperti, la possibilità di disporre di connessioni wireless a banda larga, segnerà la fine delle linee telefoniche fisse la cui unica ragione di esistere è rappresentata dalla disponibilità di una connessione dati ad alta velocità. E le prime avvisaglie si

stanno già vedendo in un calo degli abbonamenti di telefonia fissa - nei paesi più sviluppati - del 10 % nell'ultimo anno. Ma cosa ci riserva il futuro? Il punto di arrivo della transizione dal **3G** al **4G** è ancora incerto in quanto numerosi sono gli standard allo studio: in ogni caso gli sforzi si concentrano nel tentativo di ridefinire l'**UMTS** come una rete **IP**, come previsto dal **Lte** (*Long Term Evolution*), in grado di supportare su un'ampiezza di banda di 20 MHz, trasferimenti dati di 326,4 Mbps in *download* e 86,4 Mbps in *upload*. L'**Lte** supporta fino a 200 utenti attivi per singola cella ed utilizza uno schema **SC-Fdma** con modulazione **Qpsk/16Qam** in *upload* e **Ofdm** con modulazione **Qpsk/16Qam/64Qam** in *download*.



no essere notevolmente limitati - come nei servizi finanziari - la telefonia cellulare può surrogare facilmente questo genere di attività. Ed è quello che è puntualmente successo nei paesi del terzo mondo, dove

c'è stato un salto generazionale tale da rendere non necessaria la creazione di una rete telefonica fissa e che probabilmente salterà

a pie' pari anche la creazione di una rete di sportelli bancari o postali. Oltretutto, grazie alle moderne tecnologie, l'accesso alle reti cellulari (e ai relativi servizi) è

dal Mobile Phone al Mobile Banking



Si chiama *Mobile Money for the Unbanked* (MMU) ed è il programma che Bill e Melinda Gates, attraverso l'omonima fondazione, e con la collaborazione della GSMA, hanno avviato per sostenere 20 progetti nei paesi in via di sviluppo, con particolare attenzione ai mercati dell'America Latina, dell'Africa e dell'Asia. L'investimento, di ben 12,5 miliardi di dollari, dovrebbe consentire ai paesi più poveri di sfruttare la rete cellulare per sopperire alla mancanza di altre infrastrutture, prima tra tutte una rete di servizi bancari

e finanziari. Molti gestori, con la collaborazione dei governi locali, hanno già dato il via ad importanti iniziative in questo campo: in Kenia, il servizio M-PESA di Safaricom ad oggi viene utilizzato da oltre 6,5 milioni di utenti (un keniano su sei) mentre il nuovo servizio dell'operatore sudafricano MTN si sta rapidamente diffondendo nei 21 paesi dell'Africa e del medio Oriente in cui questo operatore è presente; il servizio consente agli utenti di consultare il proprio conto corrente o di effettuare acquisti direttamente dal telefonino via SMS, proponendo anche, in via facoltativa, una carta di credito. Nei Paesi emergenti i servizi di pagamento e mobile banking rappresentano uno strumento di fondamentale importanza per la crescita dell'economia; ovviamente i servizi di mobile payments differiscono in base al mercato in cui vengono proposti perché devono rispondere ad esigenze diverse. In Africa solo una persona su 5 dispone di un conto corrente: in totale, nei mercati emergenti, circa un miliardo di persone sono tagliate fuori dai circuiti finanziari tradizionali, ma possiedono un telefonino; questo numero salirà a 1,7 miliardi entro il 2012 ed è proprio questa la ragione per cui, secondo recenti studi, questo mercato raggiungerà nei paesi emergenti un valore di 5 miliardi di dollari. Al contrario, sui mercati occidentali, dove esistono capillari infrastrutture finanziarie, fatta eccezione per qualche sperimentazione avviata soprattutto nel settore del mobile

ticketing, le applicazioni pratiche legate alla cosiddetta moneta elettronica tardano ad arrivare, a causa anche di norme obsolete e interessi divergenti tra i vari soggetti coinvolti. Fa eccezione il Giappone dove esiste un mercato che conta oggi decine di milioni di utenti, che usano il cellulare per pagare i biglietti del cinema e dei mezzi pubblici, per pagare il conto al ristorante e al supermercato, ricevendo anche, in compenso, omaggi e buoni sconto. D'altra parte NTT DoCoMo ha lanciato il cosiddetto 'wallet phone' (telefonino-portafogli) ben 5 anni fa. Proprio per contribuire allo sviluppo di questo settore, la UE ha messo a punto nuove regole che entreranno in vigore entro la fine di quest'anno e che stabiliscono le procedure per i sistemi di pagamento nei 27 paesi della comunità, rendendo possibili non solo i trasferimenti di denaro in modalità Peer to Peer - cioè da un cellulare a un altro - ma anche l'accesso a forme di microcredito, fino a 150 euro. Una modalità che dovrebbe cambiare le nostre abitudini di acquisto, specie per quanto riguarda i micropagamenti. La tecnologia applicata sarà quella NFC (*Near Field Communication*), in pratica un sistema Rfid con una portata di 5÷10 centimetri. Il funzionamento è semplice ed immediato: basta precaricare il telefonino con i soliti sistemi utilizzati per il credito telefonico ed avvicinare l'apparecchio al lettore presente nel punto vendita, ai tornelli d'ingresso della metropolitana o alla biglietteria del cinema. L'importo destinato a

questo utilizzo viene però memorizzato in un'area di memoria differente da quella del credito telefonico, per evitare che questo venga azzerato.

Nel nostro paese esiste già la piattaforma Movin'box, gestita da Movincom, che permette di abilitare i pagamenti via cellulare con una molteplicità di strumenti di pagamento e di banche attraverso un sistema che consente di fornire al negoziante solo il numero di cellulare: l'accredito sarà così possibile senza la necessità di comunicare i dati sensibili dello strumento di pagamento, sia esso la carta di credito, il bancomat, la prepagata o il conto corrente.

Un'altra importante iniziativa è quella di Poste Italiane, resa possibile dal fatto che questa società è un operatore finanziario con tutte le abilitazioni necessarie per operare in questo campo, ma anche un provider telefonico con il marchio Poste Mobile. Già da alcuni mesi Poste Italiane ha lanciato il servizio "Semplifica" per consentire ai clienti che associano la SIM al conto BancoPosta di eseguire bonifici e postagiro per trasferimenti di denaro su un conto corrente bancario o postale, di trasferire denaro da e verso carte prepagate Postepay, effettuare la ricarica del proprio cellulare prelevando l'importo dalla Postepay, verificare il saldo e gli ultimi movimenti del proprio conto BancoPosta o della carta, ricaricare la Sim PosteMobile e la carta Postepay dal proprio conto BancoPosta. L'aspetto più importante di questa iniziativa è sicuramente il



fatto che tutte le operazioni di incasso e pagamento fanno capo ad una carta prepagata, senza la necessità di avere a disposizione un conto corrente o un rapporto di questo tipo con l'Ente Postale. Quando tutti gli sportelli di prelievo automatico saranno dotati di Nfc, la stessa

carta fisica Postepay non avrà più ragion d'essere e potrà essere integrata nella SIM del telefonino. La bontà di questa iniziativa di Poste Italiane è comprovata dal livello di transazioni, che, dal lancio del servizio, ha raggiunto i 30 milioni di Euro solo per le piccole cifre.

possibile anche nelle zone rurali prive di elettricità. Come abbiamo visto il mese scorso, per raggiungere anche le zone più sperdute, vengono utilizzati ponti a basso costo facilmente installabili ed alimentati dall'energia solare. Tra l'altro il premio che ogni anno il Wall Street Journal assegna alle invenzioni più innovative nella categoria wireless è stato proprio vinto quest'anno dalla società indiana VNL, Vihaan Networks Ltd, che costruisce questo genere di infrastrutture e che ha effettuato migliaia di installazioni in tutto il sub-continente indiano e a cui, col premio, è stato riconosciuto il grande merito di aver contribuito allo sviluppo economico di queste regioni. E per il telefonino? Anch'esso ha bisogno di energia elettrica per essere ricaricato e in moltissime zone rurali la corrente non arriva. Anche qui viene in aiuto la tecnologia, questa volta con piccoli pannelli solari, di costo limitato e in grado di ricaricare le batterie in pochissimo tempo.

Tra l'altro, anche questa tecnologia, associata ai sistemi di illuminazione a LED, sta contribuendo non poco allo sviluppo economico delle zone più povere dell'Africa, dell'Asia e del Sud-America. In questo modo, anche dove non arriva l'energia elettrica, per i ragazzi è possibile studiare la sera, illuminando le capanne e le abitazioni rurali con questi dispositivi che, in molti casi, vengono distribuiti gratuitamente dalle organizzazioni umanitarie per lo sviluppo del terzo mondo tra le quali, quella dei coniugi Gates impegnati anche nel finanziamento delle reti di telefonia cellulare col programma Mobile Money for the Unbanked (MMU).

SCENARI FUTURI

Ma l'evoluzione tecnologica prosegue e i futuri sviluppi prefigurano un altro cambiamento radicale, questa volta altrettanto significativo anche per i paesi industrializzati. Stiamo parlando dello sviluppo delle connessioni a larga banda di tipo wireless iniziata con la tecnologia a commutazione a pacchetto (GPRS, General Packet Radio Service) cui ha fatto seguito la tecnologia ed EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) e che ha preso realmente "corpo" con la piattaforma UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) e con l'Hsdpa (High Speed Downlink Packet Access), un protocollo di comunicazione che consente di raggiungere i 14,4 Mbps in download. La piattaforma UMTS e le successive evoluzioni hanno permesso ai

Addio vecchio **doppino**

Se in gran parte dei paesi in via di sviluppo neppure conoscono il doppino telefonico, dal momento che sono passati - come direbbe qualche buontempone - dal tam tam o dai segnali di fumo direttamente al telefono cellulare, nei paesi più sviluppati l'incredibile miglioramento delle prestazioni delle connessioni wireless sta portando lentamente all'abbandono di ciò che ancora adesso viene definito "telefonia fissa", ovvero degli impianti domestici o professionali connessi alla rete telefonica tramite un cavo fisico che, dalla centrale telefonica, giunge sino all'abitazione o all'ufficio. Se tutti siamo ormai più che convinti dell'affidabilità della telefonia cellulare per ricevere ed effettuare chiamate in fonia, perché mantenere un impianto fisso i cui costi di abbonamento sono spesso superiori all'importo delle telefonate effettuate? Nella maggior parte dei casi la ragione ha un nome

ben preciso: ADSL. La stragrande maggioranza degli utenti che ha mantenuto un collegamento fisso lo ha fatto ritenendo che questo fosse l'unico modo per disporre di una connessione Internet ad alta velocità che consentisse di navigare rapidamente nel web e di accedere con la massima sicurezza a tutta quella gamma di servizi che richiedevano una connessione veloce. Fino a pochi anni fa ciò corrispondeva al vero: l'alternativa offerta dalla tecnologia cellulare era un collegamento di pochi di kbit/s, oltretutto molto costoso. In pochi anni, però, le cose sono cambiate radicalmente: oggi sono disponibili connessioni wireless con velocità simili a quelle dell'ADSL a costi simili o addirittura inferiori. Il tutto senza costi fissi, con attivazione immediata e con servizi aggiuntivi molto interessanti e completamente gratuiti. Il merito di tutto ciò va alla tecnologia Hsdpa



(*High Speed Downlink Packet Access*) - una via di mezzo tra la terza e la quarta generazione cellulare - che consente di raggiungere i 14,4 Mbps in download. Le nuove tecnologie consentono anche di aumentare il numero di canali per cella, riducendo così la possibilità di una saturazione del sistema. Addio, dunque, alla connessione fissa? A giudicare dai dati sembra proprio di sì. Secondo alcuni esperti, entro 5 anni le connessioni fisse dovrebbero ridursi del 50 % fino a sparire completamente (tranne in alcuni mercati di nicchia) entro 10 anni. Questa volta i paesi del terzo mondo sono stati più rapidi di noi!



cellulari di diventare dei terminali dati ad alta velocità, del tutto simili ai modem ADSL, con possibilità di connessione a Internet e scarico veloce di programmi e filmati. Insomma, hanno consentito ai terminali di diventare degli Smartphone, molto più simili ad un PC che ad un telefono. Secondo molti esperti, la possibilità di avere a disposizione connessioni wireless a banda larga, segnerà la fine delle linee telefoniche fisse, la cui unica ragione di esistere

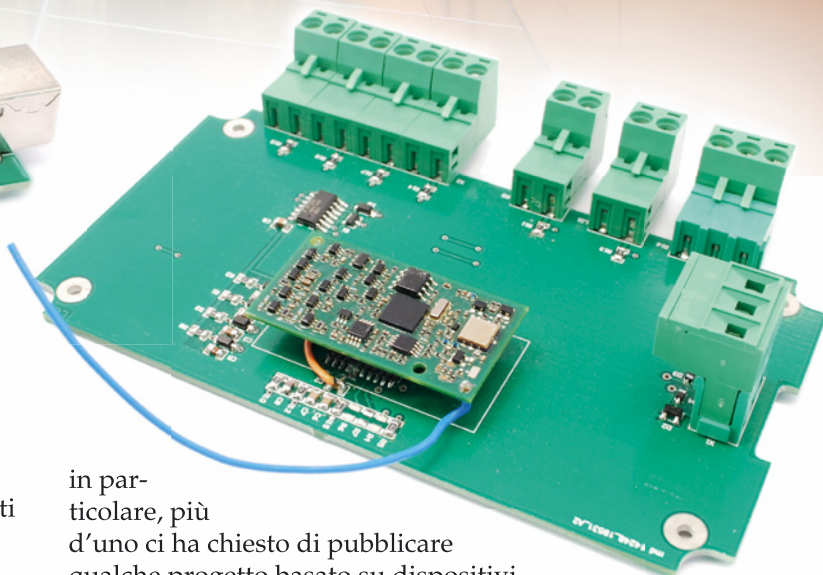
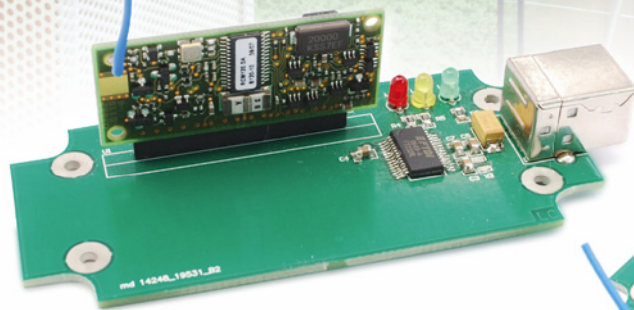
è rappresentata proprio dalla disponibilità di una connessione dati ad alta velocità. E le prime avvisaglie si stanno già vedendo nel calo degli abbonamenti di telefonia fissa - nei paesi più sviluppati - che ha raggiunto il 10% nell'ultimo anno. Sicuramente, come è già successo in passato con altri settori industriali, la tecnologia wireless spazzerà in breve tempo l'industria che ruota attorno alla telefonia fissa. Questo problema, ovviamente non esiste nei paesi in via di sviluppo, dove questa industria e queste infrastrutture (telefonia fissa) non esistono.

Resta il problema dei costi delle infrastrutture e dei terminali (oltre a quello della creazione di una cultura informatica) il cui costo è al momento, ancora troppo alto per i paesi più poveri. La storia della tecnologia insegna tuttavia che i costi degli apparati si abbassano in maniera vertiginosa e non stupirebbe nessuno se, tra pochi anni, anche le popolazioni più sperdute utilizzassero la tecnologia wireless, la quale, oltretutto, aprirebbe nuove interessanti possibilità legate, in questo caso, all'istruzione a distanza ed alla sanità.

TX/RX PER SEGNALI ANALOGICI & DIGITALI

Un altro progetto con i moduli Enocean: comunica a distanza la condizione di quattro linee TTL e di tre segnali lineari; ideale per leggere lo stato di dispositivi provvisti di contatto ON/OFF e di grandezze analogiche quali le tensioni fornite da termistori, potenziometri, rilevatori di livello di liquidi, ecc. L'unità ricevente si può abbinare al PTM200 che già conosciamo e ai TX STM110 ed STM250.

di MATTEO DESTRO



Finora abbiamo parlato dei prodotti Enocean limitandoci ad utilizzare il solo modulo ricevitore RCM120/110 e il trasmettitore a pulsanti PTM200; per quanto i progetti proposti abbiano spaziato in un ampio campo di applicazioni, ci siamo resi conto dell'esigenza dei nostri lettori di conoscere qualcosa anche di altri moduli Enocean:

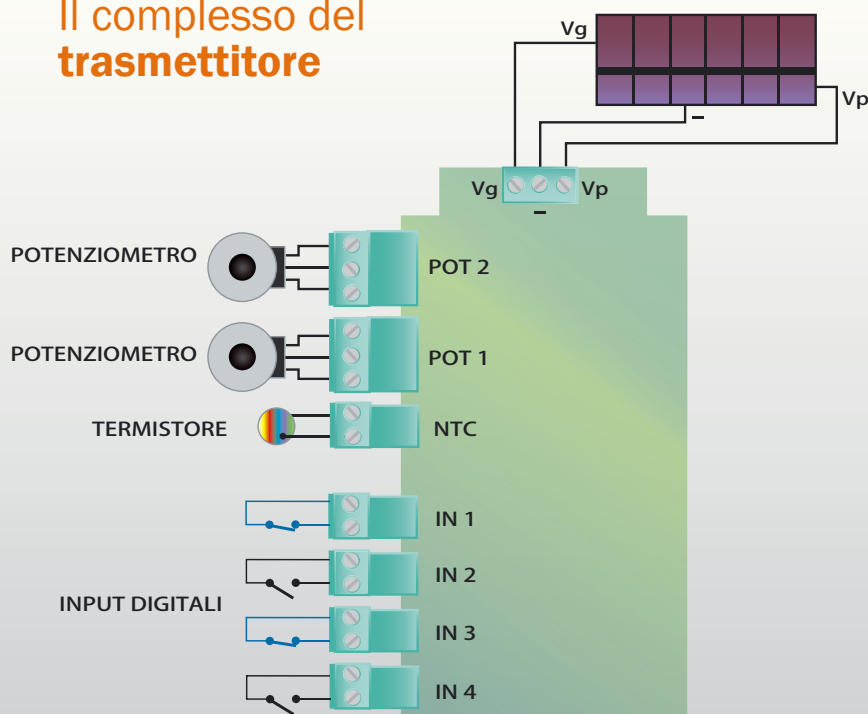
in particolare, più d'uno ci ha chiesto di pubblicare qualche progetto basato su dispositivi capaci di trasmettere segnali analogici. Ecco perché in questo articolo tratteremo un nuovo

modulo trasmettitore ideato per inviare i livelli logici di 4 linee digitali e la tensione di tre ingressi analogici. Proporremo,

sogno del trigger meccanico che nel PTM200 viene fornito dalla pressione del tasto (che simultaneamente impartisce il comando

non ha alcun attuatore. Allo scopo abbiamo realizzato un software su piattaforma Windows che permette l'acquisizione e la gestione dei moduli STM110, generando dei file di log con le informazioni acquisite. Lo stesso software gestisce anche i moduli trasmettitori PTM200 e STM250. Prima di iniziare a descrivere gli schemi elettrici ed il software è necessario fare una panoramica sui moduli trasmettitori STM110 e STM250. Cominciamo con l'STM110, che è un trasmettitore utilizzando il protocollo di comunicazione Enocean (spiegato nei precedenti articoli) e quindi perfettamente compatibile con il ricevitore RCM120; il modulo mette a disposizione quattro ingressi digitali e tre analogici (con risoluzione del convertitore A/D di 8 bit). Oltre a questi, sono disponibili ulteriori ingressi dedicati alla configurazione necessaria a far funzionare correttamente il modulo STM110. L'ingresso di alimentazione è abbinato ad un condensatore a foglie d'oro, montato sul trasmettitore, che permette il funzionamento in assenza totale di luce, a patto, s'intende, che sia carico. È stata anche prevista la possibilità di alimentare il modulo con una batteria, alla quale è dedicato un apposito ingresso, ma in questo viene meno la funzione del condensatore a foglie d'oro. Per capire meglio di che si tratta, facciamo riferimento allo schema a blocchi del modulo STM110, il quale riassume le parti funzionali più importanti (Fig. 1). Si possono osservare tre blocchi principali, di cui uno si occupa di gestire l'alimentazione del modulo (compreso il condensatore a foglie d'oro) gli ingressi di Wake-Up (WAKE e WAKE) e i relativi pin di configurazione (CW_1 e CW_2), una sezione a

Il complesso del trasmettitore

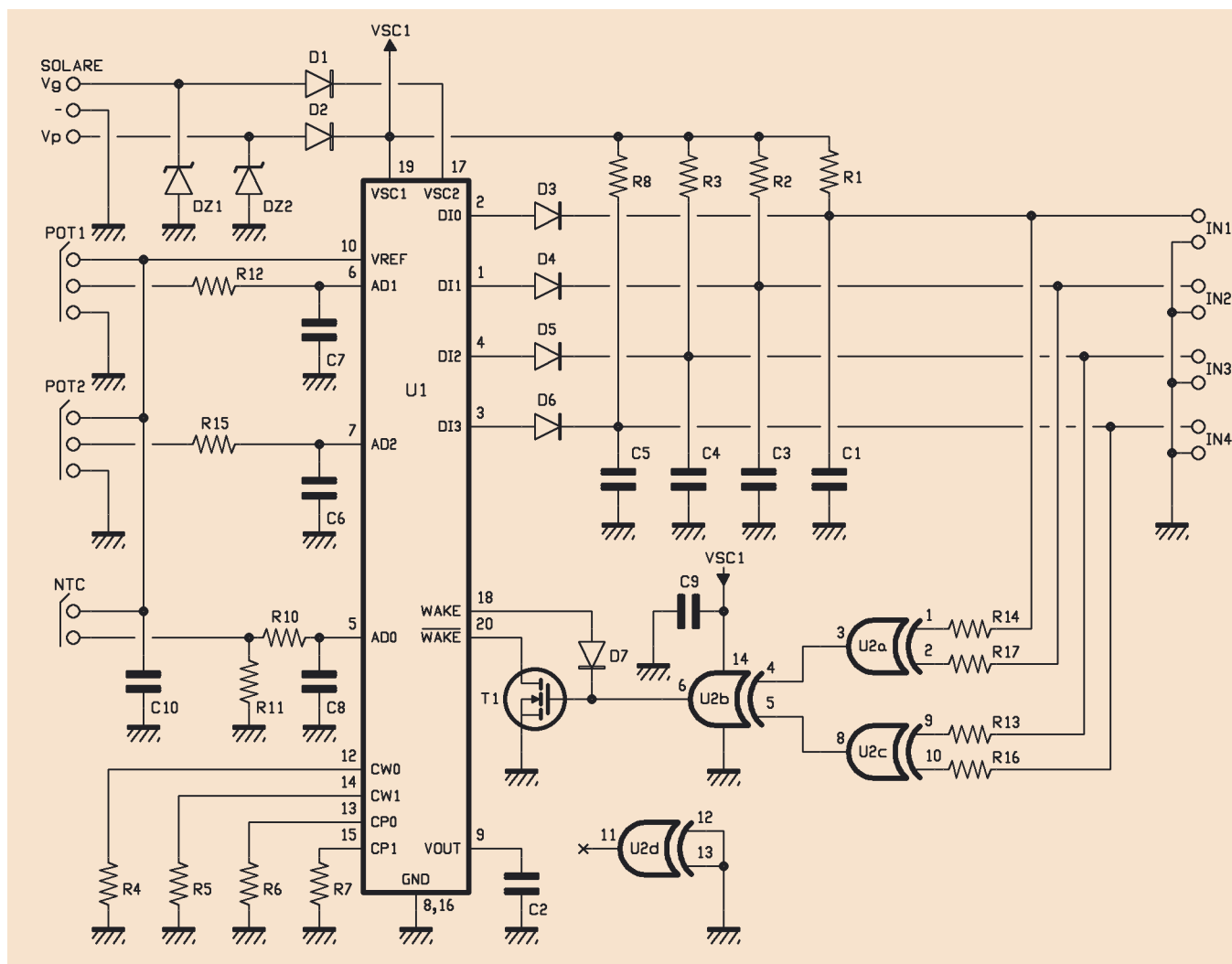


inoltre, un ricevitore in grado di decifrare i segnali inviati da esso e compatibile con altri due TX: il PTM200 del quale abbiamo già parlato nei precedenti articoli sui prodotti Enocean e l'STM250. Il progetto base consta di una trasmittente basata sull'STM110, un modulo fatto per leggere segnali sia analogici che digitali e di un ricevitore, che, nell'applicazione qui descritta, è l'RCM120 ausiliato da un PC. La possibilità di funzionare con un minuscolo pannello fotovoltaico rende il TX totalmente indipendente da qualsiasi altra fonte di alimentazione; ciò permetterà di realizzare applicazioni senza batterie e senza bi-

da trasmettere e fornisce l'elettricità per farlo).

Grazie al pannello solare, il modulo potrà funzionare durante il giorno senza la necessità di altre fonti di energia e durante la notte continuerà il suo lavoro, grazie ad un condensatore a foglie d'oro (*Gold Cap*) che, caricato durante il giorno, permetterà all'STM110 di continuare ad inviare dati al modulo ricevente.

L'unità ricevente impiega un modulo ricevitore RCM120 collegato al PC con una interfaccia USB, dalla quale preleva l'alimentazione; è stata pensata per monitorare una serie di ingressi sia digitali che analogici senza produrre azioni locali, dato che



microcontrollore che gestisce gli ingressi digitali e analogici, più i due pin di configurazione CP_0 e CP_1. Infine, vedete la sezione di trasmissione RF, la quale si occupa di inviare il telegramma (dati) nell'etere.

L'alimentazione del modulo STM110 viene gestita dai pin V_SC1 e V_SC2: il primo è l'ingresso principale di alimentazione e il secondo quello che porta al Gold Cap. La cella solare consigliata per alimentare il modulo è divisa in due sezioni di dimensioni differenti: all'area più piccola va connesso il pin V_SC1, mentre V_SC2 va collegato all'area più estesa, in quanto al pin V_SC2 internamente è collegato il

condensatore a foglie d'oro. Invece, optando per l'alimentazione a batteria è necessario collegare il solo pin V_SC1; in

questo caso la tensione fornita non deve superare i 5 Vcc. Successivamente descriveremo in dettaglio il tipo di cella solare

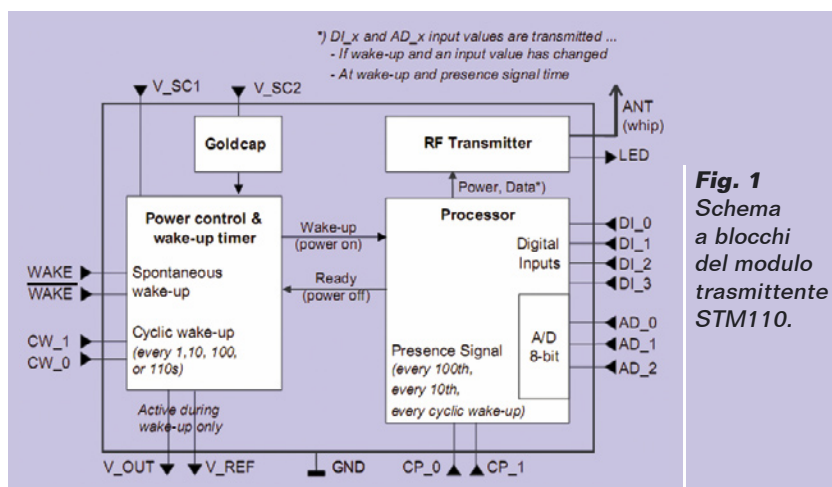


Fig. 1
Schema
a blocchi
del modulo
trasmettente
STM110.

[piano di montaggio **TRASMETTITORE**]

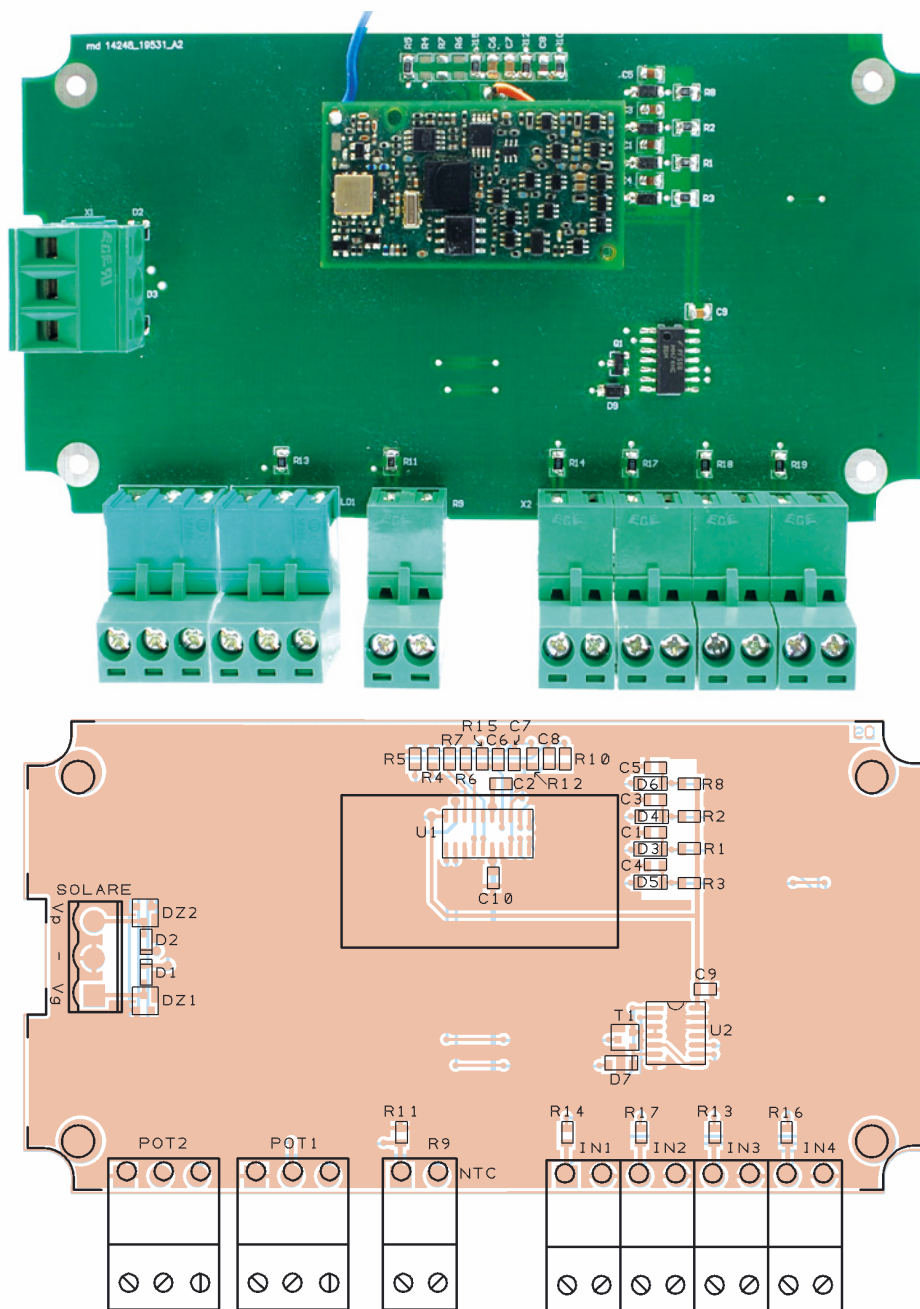
Per montare il modulo STM110 sulla scheda contenente il resto dell'elettronica e i collegamenti degli ingressi, occorre un connettore femmina da 2x10 contatti, a passo 1,27 mm.

Elenco Componenti:

R1÷R3, R8: 680 kohm (0805)
 R4÷R7: 0 ohm (0805)
 R9: NTC 10 kohm
 R10, R12, R15: 470 ohm (0805)
 R11: 12 kohm (0805)
 R13, R14, R16, R17: 100 kohm (0805)
 C1, C3÷C5: 10 nF multistrato (0805)
 C2, C9, C10: 100 nF multistrato (0805)
 C6÷C8: 220 pF ceramico (0805)
 DZ1, DZ2: Zener 5,1V BZX84_5V1
 D1, D2: BAT165
 D3÷D7: MMSD4148
 U1: STM110
 U2: M74HC86M1R
 LD1: Fotodiodo AMS302T
 T1: BSS123

Varie:

- Morsetteria componibile 2 poli (5 pz.)
- Morsetteria componibile 3 poli (3 pz.)
- Connettore passo 1,27 mm per STM110 (Farnell: 1667673)
- Circuito stampato



utilizzato e come collegarlo al circuito. La sezione di alimentazione gestisce anche due pin di uscita che forniscono due tensioni stabili chiamate rispettivamente V_{out} e V_{ref} : la prima può essere utilizzata per alimentare l'elettronica a contorno del trasmettitore stesso (la sua tensione di uscita si attesta a +3

Vcc ed è presente solo quando il modulo non è in sleep-mode); più precisamente, durante le fasi di Wake-Up tale tensione permane per un massimo di 2,6 ms circa, per poi ritornare a 0 V fintantoché non verrà generata un'ulteriore condizione di Wake. Stesso discorso per il pin V_{ref} : l'unica differenza sta nel valore

della tensione di uscita, che si attesta a circa +2,05 Vcc. Il modulo STM110 è sempre nello stato di sleep fintantoché un evento esterno non perturba tale condizione. L'evento scatenante può essere generato sfruttando i due pin di ingresso WAKE e WAKE (uno è il negato dell'altro) oppure con un WAKE spontaneo

Tabella 1

CW_0	CW_1	CP_0	CP_1	Funzione
NC	NC	NC	NC	Segnale di presenza una volta al secondo
NC	NC	GND	NC	Segnale di presenza ogni 10 secondi
NC	NC	NC	GND	Segnale di presenza ogni 100 secondi (1 minuti e 40 secondi)
NC	NC	GND	GND	Nessun segnale di presenza
GND	NC	NC	NC	Segnale di presenza ogni 10 secondi
GND	NC	GND	NC	Segnale di presenza ogni 100 secondi (1 minuti e 40 secondi)
GND	NC	NC	GND	Segnale di presenza ogni 1000 secondi (16 minuti e 40 secondi)
GND	NC	GND	GND	Nessun segnale di presenza
NC	GND	NC	NC	Segnale di presenza ogni 100 secondi (1 minuto e 40 secondi)
NC	GND	GND	NC	Segnale di presenza ogni 1000 secondi (16 minuti e 40 secondi)
NC	GND	NC	GND	Segnale di presenza ogni 10000 secondi (166 minuti e 40 secondi)
NC	GND	GND	GND	Nessun segnale di presenza
GND	GND	NC	NC	Segnale di presenza ogni 110 secondi (1 minuto e 50 secondi)
GND	GND	GND	NC	Segnale di presenza ogni 1100 secondi (18 minuti e 20 secondi)
GND	GND	NC	GND	Segnale di presenza ogni 11000 secondi (183 minuti e 20 secondi)
GND	GND	GND	GND	Nessun segnale di presenza

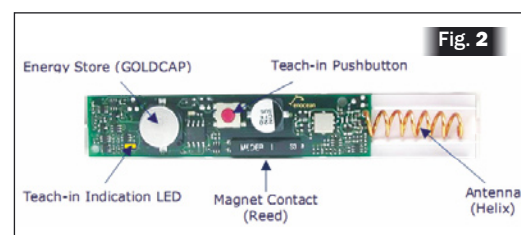
generato ad intervalli di tempo regolari direttamente dal modulo STM110. Il tempo tra una condizione di WAKE spontanea e la successiva viene determinata dalla configurazione dei pin CW_0, CW_1. Quando viene generata una condizione di Wake-Up, il modulo STM110 invia un telegramma di presenza a seconda di come sono stati configurati i pin di ingresso CP_0 e CP_1. La combinazione tra i pin CW_0, CW_1, CP_0 e CP_1 determinerà quindi ogni quanto viene inviato un telegramma di presenza. Il telegramma di presenza è identico in tutto e per tutto a quello inviato dal modulo in condizioni di Wake-Up generato dalla variazione di stato sui pin WAKE e WAKE. Vediamo quindi, nella **Tabella 1**, le possibili combinazioni messe a disposizione dal modulo. L'STM110, se opportunamente configurato, è in grado di funzionare per circa 60 ore in condizione di buio totale a patto che venga generata una condizione di Wake-Up ogni 100 secondi e una trasmissione di presenza ogni 17 minuti circa, come da **Tabella 1**. Ovviamente il condensatore a foglie d'oro deve

essere completamente carico. Le informazioni inerenti ai quattro ingressi digitali e i tre ingressi analogici vengono impacchettate nel telegramma, come mostra la **Fig. 3**.

Il secondo modulo che possiamo abbinare al nostro ricevitore è l'STM250: è un semplice contatto magnetico wireless utile per verificare se finestre, porte, cancelli ecc. sono chiusi, oppure aperti. Il modulo prende energia esclusivamente da una cella solare già montata nel suo involucro (**Fig. 2**). Tutte le volte che si verifica un cambiamento di stato del contatto magnetico o si preme sul pul-

sante di acquisizione, l'STM250 invia un telegramma. Nella nostra applicazione interessa soltanto lo stato del contatto magnetico, che viene incorporato nel pacchetto dati, come mostrato nella **Fig. 4**.

L'ultimo TX abbinabile è il PTM200, del quale riassumiamo le prerogative: è formato



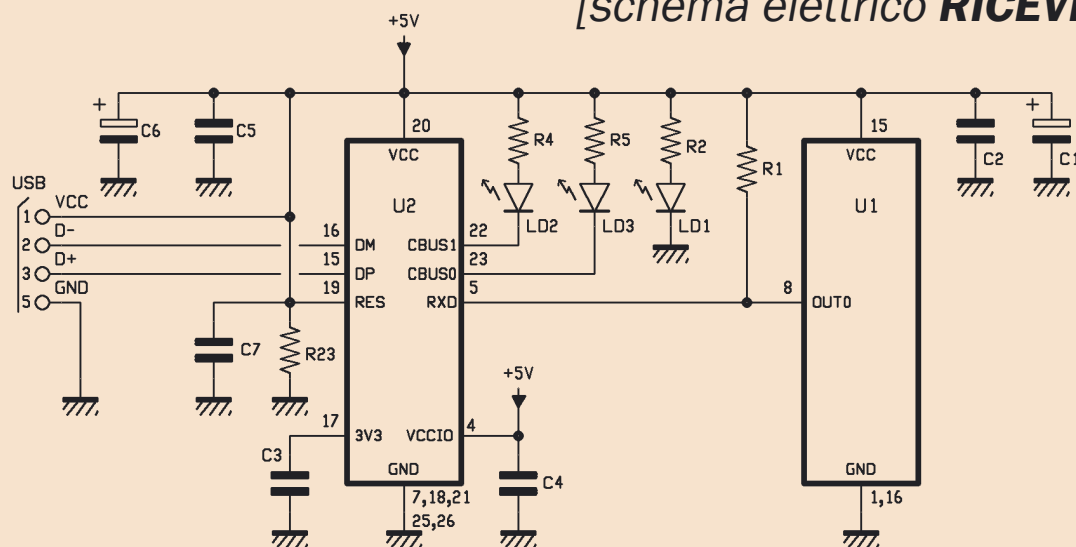
da due canali distinti, che per comodità vengono chiamati "A" e "B". Ogni canale prevede due pulsanti che vengono chiamati "O" e "I". Quando si preme uno qualsiasi dei quattro pulsanti disponibili, il modulo invia lo stato del pulsante premuto e il relativo canale cui è associato. Ricordate che lo stato viene inviato anche quando il pulsante viene rilasciato, permettendo così di trasmettere le condizioni sia di pressione, sia di rilascio. L'ID a 32Bit che identifica in modo univoco il modulo trasmettitore riguarda entrambi i canali "A" e "B". Nell'applicazione qui

Description of STM 11x radio data content:

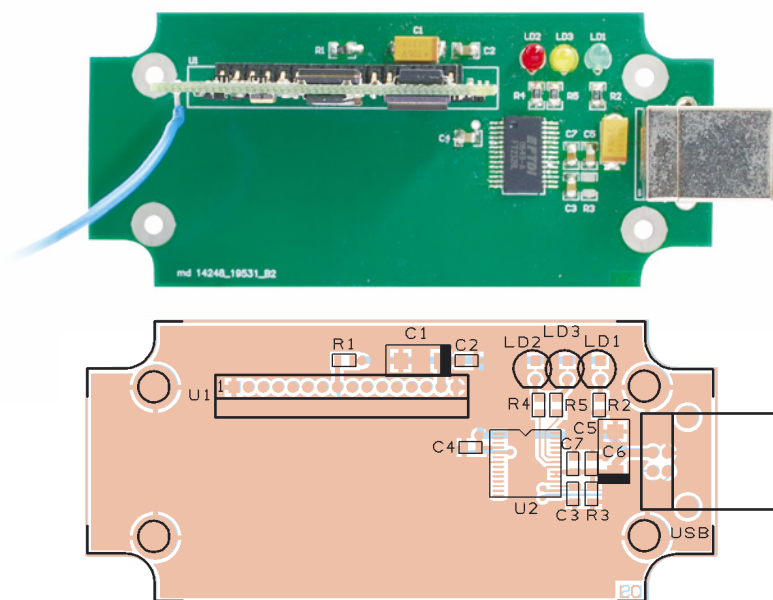
ORG	= 7 dec. always (EnOcean module type "4BS")
DATA_BYTE3	= Value of AD_2 analog input
DATA_BYTE2	= Value of AD_1 analog input
DATA_BYTE1	= Value of AD_0 analog input
DATA_BYTE0	= Digital sensor inputs as follows:
Bit 7	Reserved
Bit 6	DI_3
Bit 5	DI_2
Bit 4	DI_1
Bit 3	DI_0
ID_BYTE3	= module identifier (Byte3)
ID_BYTE2	= module identifier (Byte2)
ID_BYTE1	= module identifier (Byte1)
ID_BYTE0	= module identifier (Byte0)

Fig. 3

[schema elettrico **RICEVITORE**]



[piano di montaggio **RICEVITORE**]



Elenco Componenti:

R1, R3: 4,7 kohm (0805)
 R2, R4, R5: 470 ohm (0805)
 C1, C6: 10 μ F 25 VL tantalio (C)
 C2÷C5, C7: 100 nF multistrato (0805)
 U1: RCM120
 U2: FT232RL

LD1: Led 3 mm rosso
 LD2: Led 3 mm giallo
 LD3: Led 3 mm verde
 USB: Connettore USB-B

Varie:
 - Circuito stampato

trasmettitore STM110 e tutta l'elettronica per gestire gli ingressi, mentre la seconda monta il ricevitore RCM120 e l'interfaccia USB verso il PC basata sul convertitore RS232-USB della FTDI. Cominciamo con la descrizione del trasmettitore partendo dalla sezione di alimentazione: è stata prevista una morsetteria a tre poli, al contatto V_G della quale va collegata la sezione della cella solare con area maggiore (V_{SC2}); al contatto V_P si deve connettere la sezione più piccola della cella solare (V_{SC1}). Il contatto centrale è la massa. È stato necessario collegare in serie agli ingressi due diodi (D3, D4) per evitare eventuali ritorni verso la cella. A proteggere gli ingressi del modulo STM110 da eventuali sovratensioni sono stati messi due diodi Zener (D1 e D2) da 5,1 V. Gli input CW_0, CW_1, CP_0 e CP_1 sono connessi a massa (nel prototipo usiamo delle resistenze da 0 ohm, ossia R4, R5, R6 e R7). Questi ponticelli vanno montati a seconda del tempo di Wake-Up che si vuole ottenere e della periodicità di trasmissione del telegramma di presenza. Nell'applicazione proposta viene inviato un telegramma di presenza ogni

descritta, i pulsanti e i canali del PTM200 vengono trattati come entità singole.

DESCRIZIONE DELL'HARDWARE

Il progetto consta di due schede: la prima contiene il modulo

ORG byte = 6 dec. always (EnOcean device type "1BS")

DATA_BYTE3 as follows:

Bit 7	Bit 3	Bit 0
Reserved	LEARN	STATE

Bit 0: STATE

STATE = 1: magnet present (Window CLOSED)
STATE = 0: no magnet (Window OPEN)

Bit 3: LEARN

LEARN = 1: LRN pushbutton not pressed
LEARN = 0: LRN pushbutton pressed

Bits 2..3 and Bits 4..7: reserved

DATA_BYTE2 = 0
DATA_BYTE1 = 0
DATA_BYTE0 = 0

ID_BYTE3 = device identifier (Byte3)
ID_BYTE2 = device identifier (Byte2)
ID_BYTE1 = device identifier (Byte1)
ID_BYTE0 = device identifier (Byte0)

Fig. 4

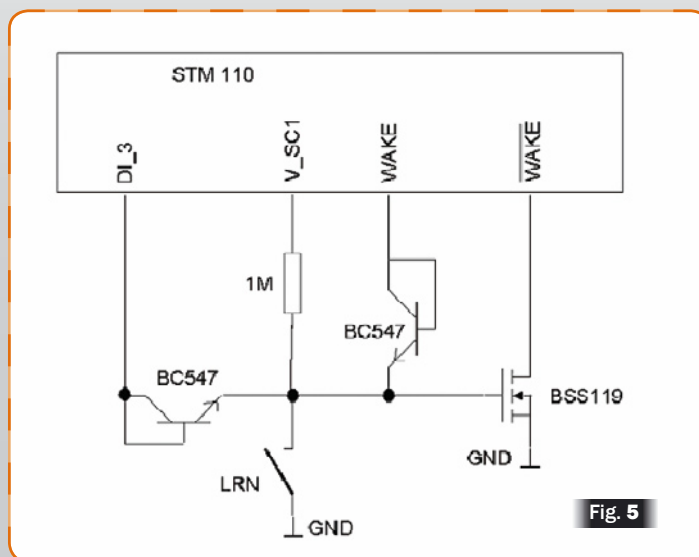


Fig. 5

100 secondi, quindi (consultando la **Tabella 1**) è necessario montare solo R5, lasciando tutti gli altri pin flottanti.

Notate che esistono altre due combinazioni che soddisfano alla condizione di invio del telegramma di presenza ogni 100 secondi, tuttavia consigliamo di utilizzare la nostra configurazione, in quanto, in condizioni di buio totale, assicura un consumo minimo di corrente. Infatti se si sceglie la configurazione che vede la sola R7 connessa verso massa si avrebbe un Wake-Up spontaneo ogni secondo e ogni 100 Wake-Up si avrebbe un invio del telegramma di presenza. Si capisce che un Wake-Up ogni secondo comporta un assorbimento di molta più corrente di quella richiesta con un Wake-Up ogni 100 secondi, in quanto tutte le volte che si genera un Wake-Up viene alimentata tutta l'elettronica digitale e analogica attraverso i pin di uscita V_ref e V_out, il che porta all'assorbimento di una quantità di corrente anche se minima.

Per assicurare che in condizioni di buio totale il sistema continui a funzionare, è necessario che la condizione di Wake-Up sponta-

nea si verifichi il meno possibile, compatibilmente con l'applicazione da sviluppare.

Continuiamo la descrizione dello schema elettrico affrontando la sezione di ingresso digitale: l'STM110 mette a disposizione del progettista quattro ingressi digitali; lo schema tipo di collegamento suggerito dall'EnOcean è visibile nella **Fig. 5**. Come si può osservare, l'ingresso digitale 3 è connesso al pulsante LRN tramite un transistor in configurazione a diodo; in più c'è una resistenza di pull-up, sempre connessa al pulsante LRN. La tensione del pull-up è data da V_SC1. Quando il pulsante viene premuto scatena una condizione di Wake-Up sui pin WAKE e WAKE, i quali sono interconnessi al pulsante grazie a un transistor in configurazione a diodo e un mosfet.

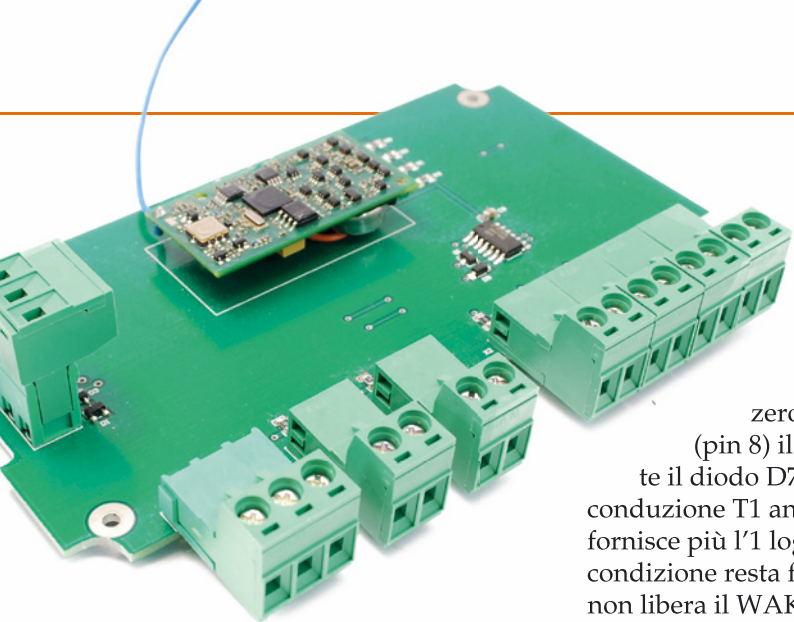
Ritornando al nostro schema elettrico, vediamo che per ogni ingresso digitale è stata rispettata la configurazione proposta dalla EnOcean.

Analizzando l'ingresso digitale IN1 (DI0) si osservano il diodo sull'ingresso (D5), la resistenza di pull-up connessa al pin di alimentazione V_SC1 (R1), un

condensatore (C1) per filtrare eventuali disturbi captati dai cavi utilizzati per collegare il pulsante o l'interruttore ON/OFF all'ingresso stesso.

Il segnale di Wake-Up sui pin di ingresso WAKE e WAKE viene gestito dalla rete combinatoria formata dai tre EX-OR U2a, U2b e U2c, la quale ad ogni variazione sugli ingressi, siano essi dei pulsanti o degli interruttori, genera il segnale di Wake-Up. Ricordiamo che per risultare valido, lo stato attuale del segnale di Wake-Up deve essere diverso dallo stato precedente; in parole più semplici, se il Wake-Up precedente era stato generato da un segnale a livello logico 0, per generare una nuova condizione di Wake-Up il segnale stesso deve passare a 1 logico, altrimenti non verrà generato nessun Wake-Up. L'importante è che lo stato successivo sia sempre diverso dallo stato precedente; solo in questo modo si garantisce che venga sempre generato un Wake-Up e quindi un invio di un telegramma.

Per chiarire il concetto facciamo un esempio: supponiamo che l'ingresso A vari, passando dallo stato logico "1" allo stato



"0", mentre tutti gli altri ingressi rimangono invariati (a esempio "1"). Se lo stato precedente era "0", verrà generata una condizione di Wake-Up con il conseguente invio di un telegramma. Per fare in modo che il sistema generi un'altra condizione di Wake-Up è necessario che lo stato successivo sia l'opposto del precedente, quindi uno "0"; se invece lo stato successivo sarà nuovamente "1", non verrà generata alcuna condizione di Wake-Up, in quanto non c'è stata variazione sull'uscita della rete logica e quindi non viene generata alcuna variazione sui pin WAKE e /WAKE. Il collegamento della rete combinatoria ai due pin WAKE e WAKE viene fatto sfruttando un diodo (D9) sul pin WAKE e un mosfet (T1) sul pin /WAKE. Così quando il mosfet riceve sul gate l'1 logico passa dall'interdizione alla conduzione e triggera

/WAKE. A questo punto il modulo reagisce ponendo a zero logico WAKE (pin 8) il quale, mediante il diodo D7, mantiene in conduzione T1 anche se U2b non fornisce più l'1 logico. Questa condizione resta fin quando U1 non libera il WAKE, allorché il mosfet torna interdetto e lascia tornare il pin 20 del modulo ad 1 logico. Bene, proseguiamo e vediamo che dei tre ingressi analogici della scheda il primo (AD0 del modulo) viene utilizzato per leggere una temperatura utilizzando un sensore NTC della Epcos B57560G103, o equivalente, caratterizzato da una resistenza di 10 kΩ a 25 °C. Il range di temperature che si vuole misurare va da un minimo di -20 °C a un massimo di +75 °C, la risoluzione della misura è ±1°C e l'errore commesso è ±1°C. Per la misura della temperatura si utilizza un partitore di tensione e la tensione passata al convertitore ADC è quella letta sulla resistenza di linearizzazione R11, che viene calcolata con la seguente formula:

$$R_{lin} = \frac{(R_a + R_c) * R_b - 2 * R_a * R_c}{R_a + R_c - 2 * R_b}$$

dove R_a è la resistenza a inizio range (nel caso in esame -20°C equivalenti a 71.668 Ω), R_b quella a metà range (+32 °C equivalenti a 8.284 Ω) e infine R_c è la resistenza a fine range (+75 °C equivalenti a 1.882 Ω). Risulta quindi che la resistenza di linearizzazione R11 si attesta a 5,6 kΩ. I valori di temperatura letti dal convertitore ADC si scostano dal valore ideale in quanto il sistema introduce un errore di lettura. La Fig. 6 mette in evidenza l'errore commesso; il grafico evidenzia tre curve distinte: la prima, di colore blu, esprime l'andamento ideale della temperatura rispetto ai valori letti dal convertitore ADC. Sull'asse delle ascisse vengono segnati i valori letti dal convertitore A/D, mentre sull'asse delle ordinate sono riportati i valori di temperatura ideali. La seconda curva, in rosso, esprime il valore reale di temperatura, sempre in relazione ai valori letti dall'ADC (asse delle ascisse). L'ultima curva, in arancione, mette in evidenza l'errore commesso durante la lettura. Si evince che è necessario implementare una strategia di correzione dell'errore (di cui si parlerà più avanti) durante la lettura della temperatura.

I restanti ingressi analogici sono pensati per uso generico, infatti nello schema elettrico sono stati disegnati due potenziometri da 100 kΩ; in realtà sul PCB non vi sono dei potenziometri ma semplicemente due morsettiere da tre poli cui connettere la sezione analogica generica desiderata. Si ricorda che l'alimentazione fornita in uscita altro non è che la tensione V_{ref} generata dal modulo STM110, la quale si attesta a +2,05 Vcc/1 mA per un periodo di 2,6 ms circa. Sarà cura del progettista realizzare un circuito analogico adeguato alla tensione

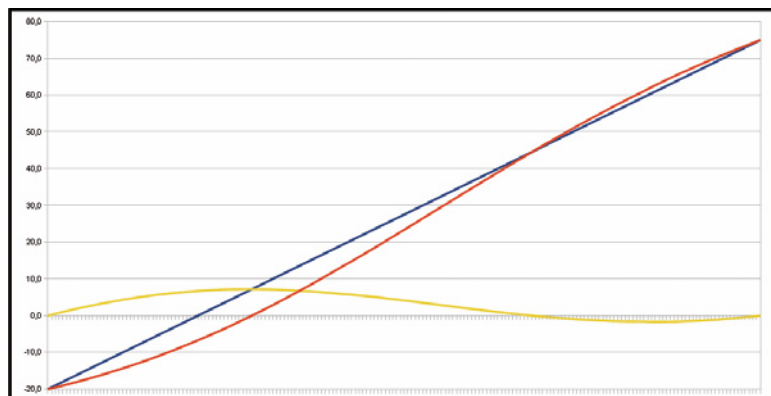


Fig. 6

Fig. 7

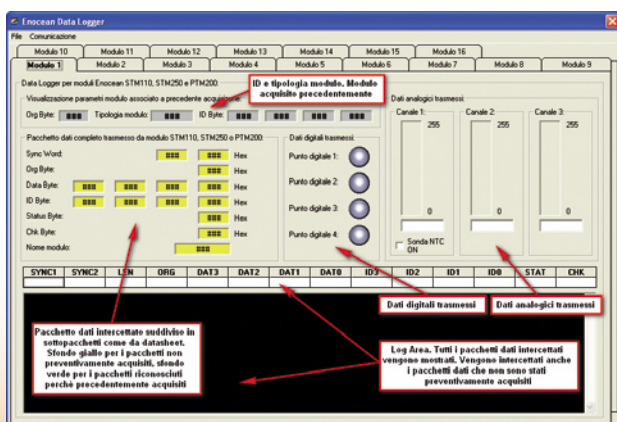
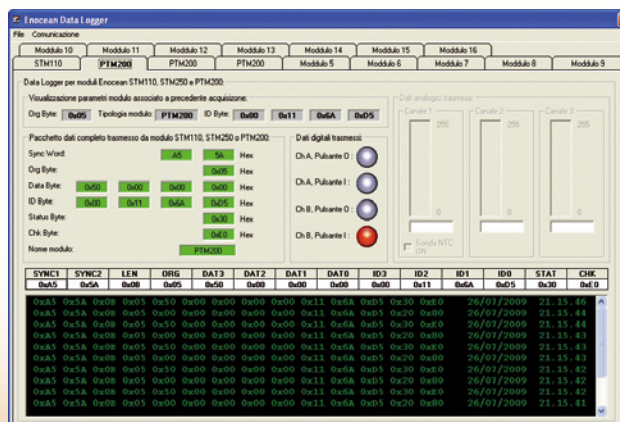


Fig. 8



ed alla corrente messe a disposizione dal modulo. Nell'applicazione proposta abbiamo utilizzato due semplici potenziometri. Passiamo adesso alla descrizione della scheda di ricezione dei pacchetti radio trasmessi dai moduli trasmettitori Enocean, sulla quale è montato il ricevitore RCM120 (U1) impostato per funzionare come interfaccia seriale, quindi i pin CODE_0, CODE_1 e CODE_2 devono essere lasciati flottanti come indicato nel data-sheet; ciò significa che tutti i telegrammi ricevuti verranno rigirati sul pin di uscita OUT0. La seriale è impostata per funzionare a 9.600 bit/s, un bit di start, un bit di stop e nessun bit di parità (la configurazione della seriale non può essere cambiata). Per il corretto funzionamento dell'uscita OUT0 è necessario connettere una resistenza di pull-up da 4,7 kohm. L'uscita OUT0 viene connessa direttamente al pin RXD dell'integrato FT232RL (U2) il quale si occupa di convertire il pacchetto dati seriale in un pacchetto dati USB. Ai pin CBUS0, e CBUS1 sono connessi due led per monitorare la trasmissione dati in corso; il led giallo LD3 monitorizza i pacchetti dati che vengono inviati dal modulo RCM120 al PC, mentre il led rosso LD2 monitorizza i pacchetti dati inviati dal PC. Questo led non è

utilizzato (in quanto non avviene alcuna trasmissione dal PC verso il modulo RCM120) e quindi può anche non essere montato. LED1 identifica l'avvenuto collegamento del cavo USB al modulo ricevente.

IL SOFTWARE

Per gestire i dati inviati dai moduli trasmettitori Enocean è stato concepito un software su piattaforma Windows che ha come unico obiettivo quello di eseguire un log dei dati ricevuti. Ovviamente gestirà solo i dati inviati dai moduli di cui si è eseguita una preventiva acquisizione, cosicché possiamo scegliere quali moduli devono essere soggetti a log e quali no. La Fig. 7 mostra il programma all'avvio (**Enocean Data Logger**). I moduli trasmettitori compatibili con il software sono: PTM200, STM110 e STM250. Il software è in grado di gestire fino a un massimo di sedici moduli trasmettitori, ma ovviamente è possibile espandere le sue capacità a trentadue o più moduli a seconda delle esigenze del progettista. Per semplicità abbiamo deciso di fermarci alla gestione di sedici moduli. Osservando la Fig. 8, si distinguono cinque aree; la

prima, **"Data Logger per moduli Enocean STM110, STM250 e PTM200:"**, mostra l'ID e la tipologia del modulo acquisito e quindi gestito dal programma. Questo significa che al posto dei caratteri "#" compariranno, dopo una acquisizione, il tipo di modulo e il suo ID, in modo da rendere sempre ben visibile a quale modulo si riferisce. Il nome del modulo acquisito compare anche nei tab di selezione che per impostazione predefinita si chiamano "modulo 1, 2, 3" ... ecc. La seconda area, **"Pacchetto dati completo trasmesso da modulo STM110, STM250 o PTM200:"**, indica il pacchetto dati ricevuto e viene mostrato nella sua interezza, ripartito per categoria di informazione. Se il pacchetto dati ricevuto all'istante t non è compatibile con il modulo acquisito, le informazioni riguardanti il pacchetto vengono mostrate su sfondo giallo; se invece il pacchetto



Fig. 9

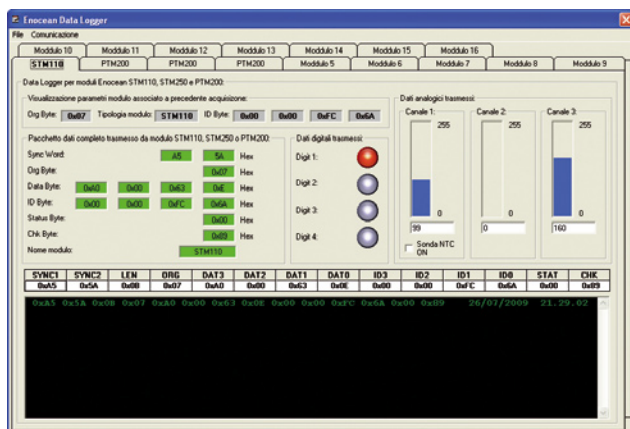
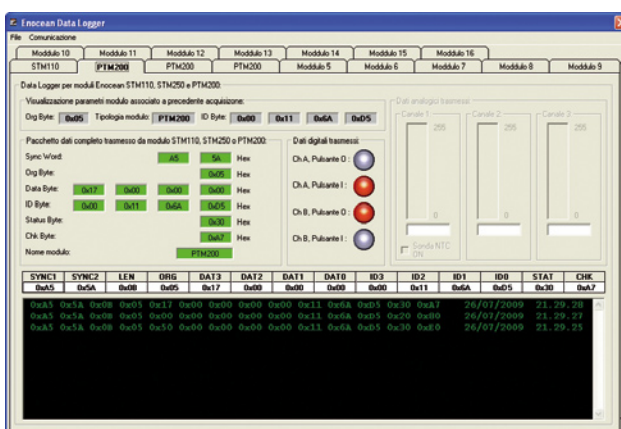


Fig. 10



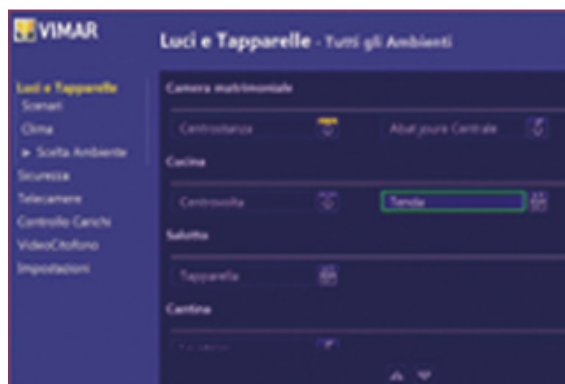
dati ricevuto è compatibile con il modulo acquisito, i dati vengono mostrati su sfondo verde, come mostrato nella Fig. 8.

La terza area, che non ha un nome come le precedenti, mostra un log dei pacchetti ricevuti; nella Fig. 7 viene identificata come "Log Area" (vedere la descrizione nel riquadro rosso). Nella tabella è indicato l'ultimo pacchetto dati ricevuto, mentre nel text box vengono elencati tutti i pacchetti ricevuti, sia compatibili che non compatibili. Ad ogni pacchetto vengono aggiunte la data e l'ora di ricezione. Se si decidesse di azzerare il contenuto del text box è

sufficiente fare clic con il pulsante destro del mouse e rispondere "OK".

La quarta area, "Dati digitali trasmessi:", mostra in modo grafico i dati digitali inviati dal modulo trasmettitore. Se il modulo è un STM110 vengono mostrati gli stati dei suoi quattro ingressi digitali (come si vede nella Fig. 9); se invece il modulo trasmettitore è un PTM200, vengono mostrati gli stati dei suoi pulsanti (Fig. 10). Quando l'ingresso o il pulsante è attivo, il led si colora di rosso; viceversa il led si colora di verde. L'ultima area, "Dati analogici trasmessi:", mostra i tre canali

analogici del modulo STM110: il primo può essere abbinato a una sonda NTC (perché nella nostra applicazione abbiamo deciso di gestire una sonda NTC per leggere la temperatura ambiente) ed è quindi possibile decidere se visualizzare i dati in modo generico, il Check Box non è spuntato, oppure visualizzare la temperatura letta dalla sonda e quindi il Check Box è spuntato. I rimanenti due canali analogici sono generici. Ovviamente il progettista può ridisegnare l'applicazione a seconda di cosa ha realmente collegato all'ingresso analogico n-esimo; la nostra



L'azienda vicentina ha sviluppato un software che permette (tramite un'interfaccia USB/RJ11) al suo sistema domotico By-me di interfacciarsi con Windows Media Center®, per essere gestito con un semplice telecomando e controllato attraverso lo schermo

Vimar usa Microsoft

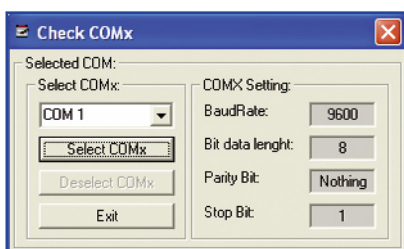
televisivo o il PC. Attraverso un menu personalizzato è possibile supervisionare tutta la casa gestendo in modo semplice ed intuitivo automazioni, illuminazione, condizionamento, antintrusione, videocitofonia e videocontrollo. Il tutto mentre si guarda un film, si ascolta della musica o si lavora al computer. In particolare è possibile controllare luci (accensione, spegnimento e regolazione) e tapparelle, gestire il climatizzatore in modo differenziato per i vari

locali, attivare, parzializzare e controllare l'impianto antintrusione, visualizzare le chiamate videocitofoniche inclusa la segreteria video, aprire la serratura e accendere le luci delle scale, visualizzare, registrare e rivedere le immagini trasmesse da telecamere CCTV, monitorare i consumi degli elettrodomestici (allo scopo di prevenire l'intervento dell'interruttore generale) visualizzare allarmi tecnici quali, ad esempio, quelli derivanti da fughe di gas o perdite d'acqua.

è solo una proposta di progetto e va presa come puro esempio applicativo. Apriamo una piccola parentesi sulla sonda di temperatura NTC: come già accennato precedentemente, la sonda NTC è prodotta dalla Epcos (Modello B57560G103) ed ha una resistenza di 10 kΩ a 25 °C.

Il range di temperature che si vuole misurare va da un minimo di -20 °C a un massimo di +75 °C, con risoluzione di ±1 °C. Come visualizzato dal grafico nella Fig. 6, la lettura introduce un errore che varia con la temperatura letta; l'errore massimo commesso è +7 °C. Per correggere l'errore introdotto durante la lettura si usa una tabella di linearizzazione,

Fig. 11



la quale aggiunge o toglie una costante che corregge l'errore di lettura. La formula matematica per ricavare il valore di temperatura corretto è la seguente:

$$T = \frac{(ADC_{value} - ADC_{min}) * T_{range}}{ADC_{max} - ADC_{min}} + T_{error} - 20$$

dove ADC_{value} è il valore letto dal convertitore ADC, ADC_{min} è il valore minimo che ci si aspetta dal convertitore ADC mentre ADC_{max} è il valore massimo. T_{range} è il range di temperature su cui lavora la nostra applicazione cioè da -20°C a +75°C (equivalente a 95 °C), infine T_{error} è la costante di correzione dell'errore, che viene ricavata da una tabella per ogni valore di temperatura letto.

Al valore ottenuto va sottratta una costante pari a 20. Il valore 20 nasce dal fatto che la lettura di temperatura parte da -20°C, quindi quando il convertitore ADC legge il minimo valore ammesso, la moltiplicazione restituisce 0 come valore; quindi per leggere -20°C

è necessario sottrarre una quantità pari a 20.

A questo punto si rende necessario mostrare come acquisire i moduli di cui si vuole eseguire il log; per prima cosa collegate il modulo ricevente al PC utilizzando un cavetto USB, poi richiamate dal menu "Comunicazione" la voce "Abilita comunicazione"; ora compare la finestra di selezione della porta seriale (Figura 11). A tal proposito ricordiamo che l'integrato FTDI viene gestito come interfaccia CDC (Communications Device Class) e quindi il PC lo vede come se fosse una semplice seriale. Selezionate dalla ComboBox la seriale cui avete collegato il modulo ricevitore e fate clic sul pulsante "Select COMx".

Selezionata la giusta seriale, dal menu "Comunicazione" si deve richiamare la voce "Acquisisci moduli Enocean": comparirà il form di acquisizione come mostrato nella Fig. 12 ("Acquisizione moduli Enocean").

Cliccate sul pulsante "Inizia

Fig. 12

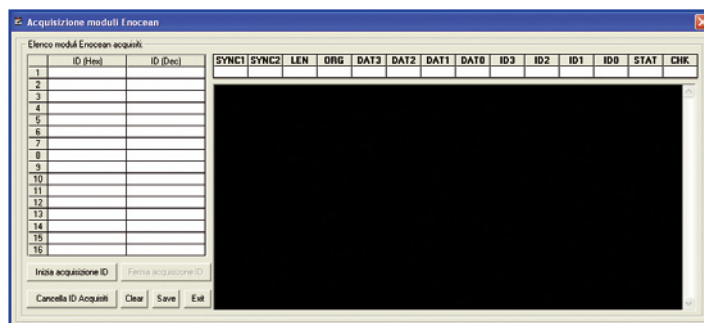
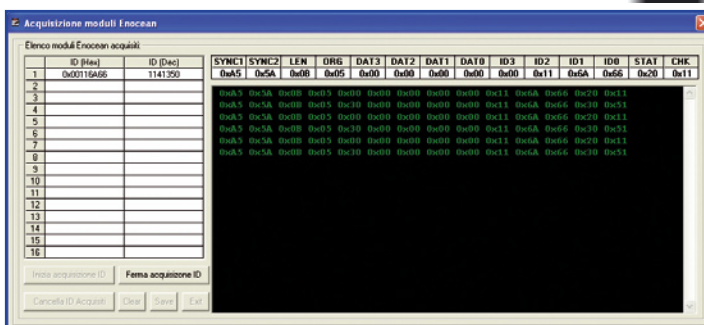


Fig. 13



acquisizione ID: a questo punto il sistema è pronto ad acquisire i moduli trasmettitori desiderati. Per considerare acquisito un modulo, il software deve intercettare un suo pacchetto dati per sei volte consecutive senza che nessun altro pacchetto dati di un altro modulo interferisca con l'acquisizione. Se ciò accade è necessario ricominciare da capo l'acquisizione del modulo in esame.

Un esempio chiarirà quanto detto: supponete di volere acquisire un modulo PTM200; per fare ciò, premete e rilasciate per tre volte consecutive un suo pulsante, dopodiché il software riterrà valido l'ID del modulo PTM200, il quale verrà visualizzato nella tabella sulla sinistra (vedere Fig. 13). Nella finestra di log si possono osservare i sei pacchetti dati ricevuti, i quali hanno tutti lo stesso ID.

Con questa procedura si devono acquisire tutti i moduli di cui si vuole eseguire il log; il numero massimo di moduli acquisibili è sedici. Quando ritenete conclusa

l'acquisizione premete il pulsante **"Ferma acquisizione ID"**. A questo punto non rimane che salvare su file, se necessario, i moduli acquisiti. Per fare ciò bisogna fare clic sul pulsante **"Save"** e seguire le istruzioni.

Salvare i moduli acquisiti su file è utile perché, così facendo, è possibile richiamare i moduli acquisiti dal menu **"File"** alla voce **"Apri file ID"**. L'utente può così creare una serie di profili da richiamare quando ne vuole eseguire il log.

È anche possibile, se necessario, aggiungere nuovi moduli trasmettitori a quelli già acquisiti. Per fare ciò è sufficiente richiamare nuovamente il form di acquisizione, **"Acquisizione moduli Enocean"**, spiegato precedentemente. I nuovi moduli verranno aggiunti in coda a quelli già acquisiti.

Per concludere la trattazione del software mostriamo come vengono generati i file di log dei moduli acquisiti. Per prima cosa richiamate un profilo dal menu **"File"** alla voce **"Apri file ID"**.

Nel nostro esempio abbiamo acquisito un modulo trasmettitore STM110 e tre moduli PTM200, come visibile nella **Fig. 14**.

Selezionate la porta seriale cui è collegato il modulo ricevitore e

abilitate dal menu **"Comunicazione"** la voce **"Start Polling moduli Enocean"**. A questo punto il software è pronto a ricevere i pacchetti dati inviati dai moduli trasmettitori; per ogni modulo presente nella lista dei profili acquisiti, viene creato un file di log contenente tutte le informazioni inerenti al modulo che ha trasmesso il pacchetto dati. La **Fig. 15** mostra i dati ricevuti dal modulo trasmettitore STM110; le stesse informazioni vengono memorizzate in un file di testo. Prima di creare il file di testo il software si accerta che siano presenti le cartelle in cui memorizzare i dati; nel caso in cui non siano presenti provvederà alla loro creazione.

In particolare viene creata la cartella **"Logger_File"**, all'interno della quale vengono create delle sottocartelle in cui saranno memorizzati i file di log di ogni modulo trasmettitore. Ad esempio per il modulo trasmettitore STM110, associato al tab **"Modulo 1"**, viene creata la cartella **"Enocean_Log_1 - STM110 - ID 0x0000FC6A"**. La prima parte del nome, evidenziata in rosso, indica che il log si riferisce al modulo 1; in particolare dice che è un modulo della serie STM110 (parte evidenziata in blu) e che

il suo ID è 0x0000FC6A, parte in arancione. All'interno della sotto-cartella appena creata viene introdotto il file **"28_07_2009_Enocean_Log_1 - STM110 - ID 0x0000FC6A.log"**. Il nome del file contiene la data di creazione (parte evidenziata in verde) indica che il log si riferisce al modulo 1 (parte evidenziata in rosso), il tipo di modulo trasmettitore (parte in blu) e infine l'ID del modulo trasmettitore (parte in arancione). L'estensione del file è **.log**.

Aperto il file di log con un editor di testo possiamo osservare che:

- 1) ogni riga identifica la trasmissione dati di un pacchetto;
- 2) in testa troviamo la data e l'ora di ricezione del pacchetto dati;
- 3) segue il nome del modulo che ha trasmesso il pacchetto e il suo ID (nello stesso file tutti i nomi e gli ID memorizzati sono identici);
- 4) nel caso di un modulo STM110 vengano prima memorizzati i dati digitali e poi i dati analogici, seguono le informazioni inerenti ai dati; (per quanto riguarda il primo canale analogico si può decidere di memorizzare il dato così com'è stato inviato oppure con-

RM ELETTRONICA
Forniture per hobbisti, scuole e industria

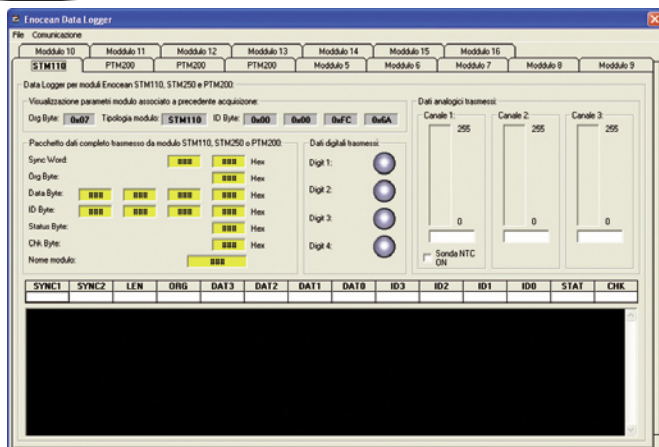
Distributore autorizzato:

FUTURA ELETTRONICA **EL SE Kit** **ELETTRONICA**

Il tuo punto di riferimento per l'elettronica a ROMA

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

Fig. 14



vertito in temperatura; dipende dall'eventuale spunta fatta sulla checkbox **"Sonda NTC ON"**;

- 5) se invece il modulo trasmettitore è un PTM200 i punti 1, 2 e 3 rimangono validi mentre al punto 4 avremo solo lo stato dei quattro pulsanti;
- 6) stesso discorso per un modulo STM250, unica differenza è che tale modulo ha un solo punto digitale e cioè lo stato del suo contatto magnetico.

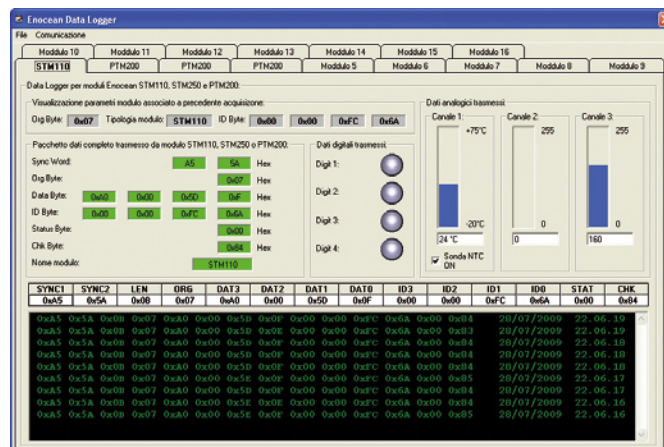
Il contenuto dei file di esempio pubblicati in queste pagine aiuta a comprendere quanto appena descritto.

Per concludere diamo una panoramica su alcuni algoritmi di gestione del programma. Per prima cosa analizziamo la routine che si occupa di monitorare i dati ricevuti dalla seriale, di controllare che il pacchetto dati ricevuto sia congruente e quindi valido, e infine di processare i dati ricevuti. La routine che si occupa di monitorare i dati ricevuti dalla seriale è illustrata nel **Listato 1**: Quando dal menu "Comunicazione" si impartisce il comando "Start Polling moduli EnOcean", si richiama la funzione "Polling_Module", la quale entra in un loop infinito e attende di ricevere i dati dalla seriale; non appena il numero dei dati ricevuti supera una costante ("ADD_CHECK-

SUM_BYTE") il software ritiene di avere ricevuto un pacchetto dati completo da parte di un

tutto che il pacchetto dati sia valido, quindi inizierà con il verificare prima il checksum,

Fig. 15



Listato 1

```
Private Function Polling_Module()
    On Error GoTo Exit_Polling_Module
    Do
        DoEvents
        If Stop_Polling = True Then
            Exit Do
        End If
        If frm_EnOcean_Data_Logger.RS232_Interface.InBufferCount >
        ADD_CHECKSUM_BYTE Then
            RS232_DataIn = RS232_DataIn & frm_EnOcean_Data_Logger.
            RS232_Interface.Input
            Call Process_Data_Polling

            RS232_DataIn = ""
        End If

        Loop While True
    Exit Function

Exit_Polling_Module:
    Call smnu_Communication_Click(MENU_COMM_CLOSE)
End Function
```

qualsiasi modulo trasmettitore EnOcean e quindi passa alla fase di elaborazione del pacchetto dati ricevuto (funzione "Process_Data_Polling"). Conclusa l'elaborazione del pacchetto dati, il sistema ritorna in loop in attesa di un nuovo pacchetto. Per uscire dal loop infinito è necessario impartire, nel menu "Comunicazione", il comando "Stop Polling moduli EnOcean". La funzione "Process_Data_Polling" deve verificare prima di

poi i byte di SYNC e di ORG. Se tutte e tre le verifiche danno esito positivo significa che il pacchetto dati è valido e quindi che si può passare a processare il campo ID e il campo dati. Viceversa il pacchetto dati verrà scartato. Se anche il codice ID è valido, cioè fa parte degli ID acquisiti, allora il sistema provvederà ad elaborare il campo dati e a generare i file di log. Il concetto esposto è valido anche durante le fasi di acquisizione dei moduli, l'unica differenza è che



Se volete che l'unità trasmittente funzioni con il pannello solare, dovete connettere le due sezioni del pannello solare all'apposita morsettiera, che porterà la corrente al modulo STM110.

il sistema dovrà ricevere per sei volte consecutive un pacchetto dati con lo stesso ID per ritenere valida la sua acquisizione.

LA COSTRUZIONE

Realizzare le due unità, ossia trasmettitore e ricevitore, è molto semplice; supponendo che abbiate già preparato i circuiti stampati occorrenti (dei quali trovate le tracce lato rame nel nostro sito web www.elettronica.in.it) partiamo dalla descrizione del modulo trasmettitore: per prima cosa saldate l'unico integrato presente sulla scheda (U2), il connettore per l'inserimento del modulo Enocean STM110 e poi tutte le resistenze e i condensatori SMD. Poi montate tutti i diodi, facendo attenzione alla polarità, e i transistor, quindi, per con-

cludere, le morsettiere. Il PCB del modulo trasmettitore è stato progettato per essere inserito nel contenitore Velleman G1098, reperibile presso la ditta Futura elettronica (www.futurashop.it); il coperchio del contenitore ha quattro punti di ancoraggio utilizzati per agganciarvi il PCB. Sarà vostra cura fresare la scatola in modo che le morsettiere estraibili siano accessibili dall'esterno. La scheda ricevente è ancora più semplice da assemblare: per prima cosa saldate l'integrato FTDI (U2) e poi tutte le resistenze e i condensatori; staginate quindi i tre led e infine il modulo ricevitore Enocean RCM120. Per ultimo saldate il connettore USB, rammentando di colare abbondante stagno in corrispondenza delle linguette di fissaggio. La scheda è stata progettata per essere inserita nel contenitore Velleman G1068, disponibile anch'esso presso la Futura Elettronica. Anche la scheda ricevente va fissata al coperchio grazie ai quattro punti di ancoraggio. L'ultimo passaggio riguarda la fresatura del contenitore allo scopo di rendere accessibile dall'esterno il connettore USB. Se per alimentare il modulo STM110 decidete di utilizzare la cella solare fornita dalla Enocean,

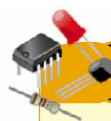
dovete prestare molta attenzione alla procedura di saldatura, pena il danneggiamento; infatti la cella ha tre contatti che vanno riscaldati appena il tempo indispensabile per far fondere lo stagno. Basta qualche secondo in più e si può rompere il vetro o fondere parte del semiconduttore; in entrambi i casi la cella risulterà inutilizzabile.

Se per saldare utilizzate una lega al piombo è necessario che la temperatura della punta del saldatore non superi i 240°C, mentre usando una lega priva di piombo la temperatura non deve eccedere i 255°C.

Nell'effettuare le saldature è necessario depositare una piccola quantità di lega saldante sul pad della cella solare e la punta del saldatore non deve rimanere in contatto con il pad per più di due secondi; è consigliabile tenere la punta del saldatore inclinata tra i 30° e 40° circa.

Depositare la lega saldate anche sul filo che si intende utilizzare per collegare la cella solare al modulo trasmettitore. Successivamente saldate il filo con il pad la saldatura non deve durare per più di due secondi. La stessa procedura deve essere applicata anche agli altri pad della cella solare.

Ricordate che il contatto più grande del modulo fotovoltaico riporta il segno "-" ed è la massa, mentre i rimanenti due, con il segno "+", identificano le due diverse aree della cella solare di cui una è più grande dell'altra. Per rendere intuitiva la connessione, l'area più grande è abbinata al pad di dimensioni maggiori. Ricordiamo che l'area più piccola della cella solare va collegata al pin V_SC1 (quindi al morsetto Vp) mentre l'area più grande va connessa al pin V_SC2, usando il morsetto Vg.



per il MATERIALE

Tutti i componenti utilizzati in questo progetto sono facilmente reperibili in commercio. Il master dei due circuiti stampati e il software da noi messo a punto possono essere scaricati gratuitamente dal sito della rivista (www.elettronica.in.it). Il modulo trasmettente Enocean con cella solare STM110 costa 68,00 Euro, il modulo ricevente RCM120 51,00 Euro e l'integrato FT232RL 7,00 Euro. 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>

Corso Wireless CPU



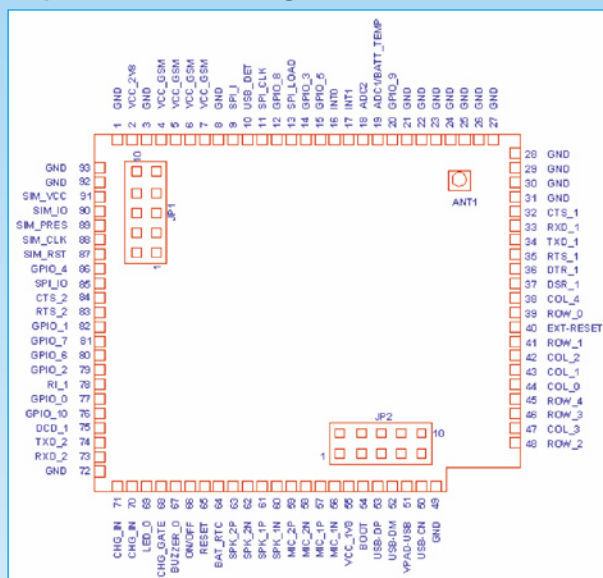
La demoboard “EVK Augusto”

Conosciamo la demoboard equipaggiata con WMP50, analizzandone l'hardware e vedendo come costruirla.

dell'Ing.
NICOLA FRISO

Nelle precedenti puntate di questo corso abbiamo introdotto la famiglia di Wireless CPU di Wavecom, esaminando in particolare i dispositivi WCPU siglati WMP50 e WMP100. Abbiamo anche configurato l'ambiente di sviluppo M2M Studio 1.0 e lanciato la nostra prima applicazione Open-AT “Hello World”. Adesso vogliamo focalizzare la nostra attenzione sugli strumenti hardware necessari a mettere alla pro-

va le suddette wireless CPU: andremo a studiare la demoboard EVKAUGUSTO che ci servirà per testare le funzionalità del modulo Augusto sviluppato da Shitek Technology. Questo modulo è già stato introdotto nella puntata precedente e non è altro che una scheda di supporto per le Wireless CPU WMP50 che riporta sui quattro lati, su un connettore pin-strip passo 2mm, tutti i pin BGA presenti sulla WCPU. Il modulo Augu-

Fig. 1 - Pin-out modulo Augusto.

sto integra anche il porta SIM, il connettore d'antenna, la memoria combo Flash-RAM esterna, l'oscillatore RTC a 32,768 kHz, il connettore di programmazione/debug seriale, il connettore di programmazione/debug JTAG e i componenti di filtro necessari per separare la parte di alimentazione digitale della WCPU dalla sezione analogica RF.

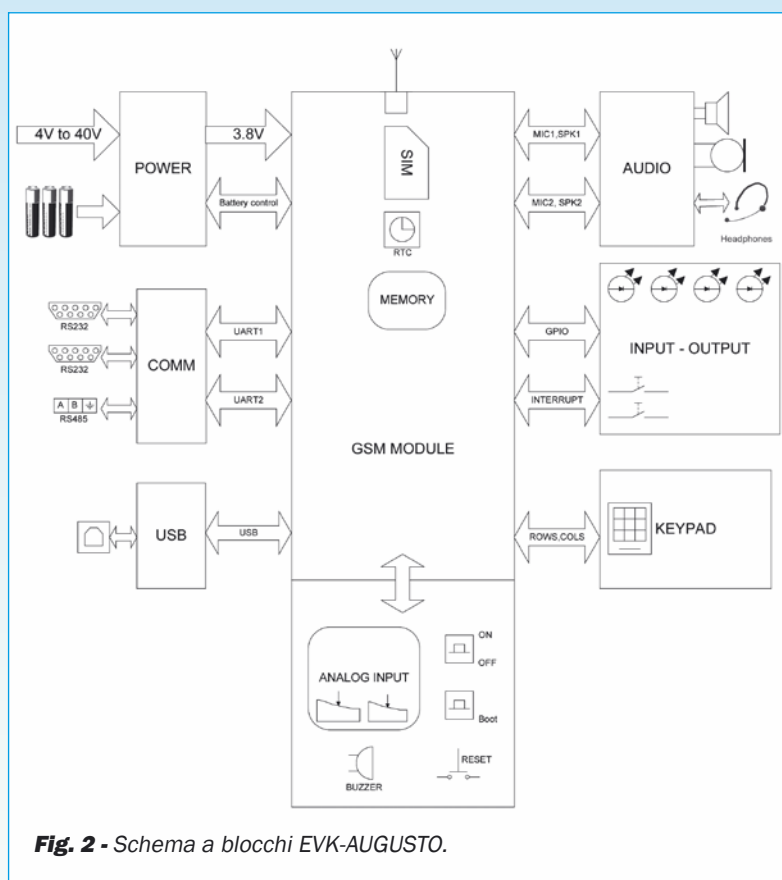
Nella **Fig. 1** è illustrata la pin-out del modulo Augusto, mentre nella **Tabella 1** è riportata la descrizione delle funzionalità dei relativi pin; per maggiori dettagli consultate il data-sheet del modulo Augusto.

La demoboard EVKAUGUSTO, oltre al connettore dove inserire il modulo Augusto mette a disposizione tutte le periferiche utili per testare le proprie applicazioni. Come si evince dallo schema a blocchi visibile nella **Figura 2**, la demoboard è divisa in sette sezioni, descritte qui di seguito.

Sezione 1: POWER – Questa è la sezione di alimentazione della scheda; comprende un DC/DC converter switching con ingresso da 4,5 V a 40 V e uscita impostata per fornire i 3,8 V necessari al modulo GSM. In alternativa è possibile alimentare la scheda con un pacco

batterie 3,6 V forniti da una cella al litio ricaricabile oppure da tre celle NiMH o NiCd. Nella sezione POWER è riportato anche il circuito per gestire la ricarica del pacco batterie.

Sezione 2: GSM MODULE – Questa parte di schema riporta il modulo Augusto e i connettori passo 2,54 mm posizionati attorno al modulo per testare con l'oscilloscopio lo stato di tutti i pin oppure per collegare direttamente altri componenti esterni alla demoboard. Nella stessa sezione sono presenti dei trimmer per testare gli ingressi analogici, un buzzer collegato all'uscita BUZZER del modulo Augusto ed i pulsanti di ON/OFF, BOOT e RESET.

**Fig. 2 - Schema a blocchi EVK-AUGUSTO.**

Sezione 3: COMMUNICATIONS – Questa sezione contiene gli integrati e le porte di comunicazione seriale; nello specifico, sono presenti due porte seriali RS232, una completa a 8 fili (standard ITU-T V.24) e l'altra a 4 fili (TX, RX, CTS, RTS).

Sezione 4: USB – Questa parte di circuito è dedicata esclusivamente alla gestione della porta USB slave del modulo Augusto.

Sezione 5: KEYPAD - La demoboard dispone di un tastierino 3x2 tasti collegati a matrice sui pin predisposti alla gestione tastiera della wireless CPU montata sul modulo Augusto.

Sezione 6: AUDIO – Sono stati inseriti due connettori audio collegati tramite opportuni filtri ai due canali audio del modulo Augusto. I due connettori sono predisposti per il collegamento di altoparlante e microfono. Uno dei canali audio è predisposto per realizzare un sistema viva-voce sfruttando il cancellatore d'eco integrato nella WCPU montata sul modulo Augusto.

Sezione 7: INPUT-OUTPUT

In questa parte di circuito, per verificare il funzionamento dei pin di GPIO (General Purpose Input-Output) e interrupt, sono stati predisposti 2 pulsanti per testare i due pin di interrupt e 4 uscite a transistor collegate ad altrettanti led, pilotate da 4 pin di I/O generici della WCPU. Andiamo ora ad analizzare nel dettaglio le sezioni in cui è stato suddiviso il circuito, con la premessa che i componenti si riferiscono agli schemi elettrici che trovate nel nostro sito e che, per ragioni di spazio, non abbiamo potuto pubblicare qui.

POWER

Con riferimento allo schema elettrico "Power Supply", abbiamo un ingresso di tipo jack J1, cui seguono un transil (D5) messo a protezione dai transistori di tensione, il diodo D3 di protezione dall'inversione della polarità e i condensatori di ingresso (C38,C39,C37)

dello stadio switching. L'integrato U7 è un regolatore switching di tipo step-down LM2596S-ADJ della National, utilizzato per ricavare la tensione di 3,8 V necessaria ad alimentare correttamente la wireless CPU WMP50 o WMP100 montata sul modulo Au-

Tabella 1 - Descrizione pin modulo Augusto.

Pin Name	Number	Description	I/O	Voltage Domain
GND	1,3,8,21,22,23,24, 25,26,27,28,29,30, 31,49,72,92,93	Reference ground		
VCC_GSM	4,5,6,7	Power supply	I	3.2 V to 4,5 V 3,8 V raccomandated
VCC_2V8	2	Output Digital Power Supply 2,8V (max 15mA)	O	2,74 V to 2,86 V
VCC_1V8	55	Output Digital Power Supply 1,8V (max 60mA)	O	1,76 V to 1,94 V
ON/~OFF	66	ON/~OFF Min Time ON > 80 ms	I	VILmax = VCC_GSM x 0,2 VIHmin = VCC_GSM x 0,8
~RESET	65	Reset (active low) Min Time Reset 40 ms	I/O	1V8 open-drain with internal pull-up
~EXT-RESET	40	External Reset (active low) for external devices Tmin = 35ms after 122us from RESET	O	1V8 push-drain
BOOT	54	Download mode selection Set to VCC_1V8 to enter in boot mode	I	1V8
BUZZER_0	67	Buzzer output (max 100mA)	O	VCC_GSM Open Drain
BAT_RTC	64	Back-up power supply for RTC. Left open if RTC is not used. If VBATT is present the back-up battery is charged by internal 2,5V regulator.	I/O	Inp Voltage: 1,85 V to 3,0 V, Inp current: 3,3 µA Out Voltage: 2,45 V Out Current: 2 mA
CHG_IN	71,70	Charger input voltage	I	4,8 V minimum for Imax=800 mA 6V maximum fot I=0 mA
CHG_GATE	68	Charge transistor control output	O	Max 10m A
LED_0	69	Open drain output signalling led	O	Max 8 mA
SIM_VCC	91	SIM power supply, supported 1,8 V and 3,0 V SIM		Vtyp=1,8V or Vtyp=3,0V Max 10 mA
SIM_IO	90	SIM data	I/O	V _{OH} =0,9xSIMVCC V _{OL} =0,4V V _{IH} =0,7xSIMVCC V _{IL} =0,4V
SIM_PRES	89	SIM presence	I	1,8V
SIM_CLK	88	SIM clock	O	3,25 MHz max freq. 2,9V/1,8 V
~SIM_RST	87	SIM reset	O	2,9/1,8 V
CTS_1	32	Clear to send (UART 1) (PC view)	O	2,8 V
RXD_1	33	Receive serial data (UART1) (PC view)	O	2,8 V
TXD_1	34	Transmit serial data (UART1) (PC view)	I	2,8 V
RTS_1	35	Ready to send (UART 1) (PC view)	I	2,8 V
DTR_1	36	Data terminal ready (UART 1) (PC view)	I	2,8 V
DSR_1	37	Data set ready (UART 1) (PC view)	O	2,8 V
DCD_1	75	Data carriage detect (UART 1) (PC view)	O	2,8 V
RI_1	78	Ring indicator (UART 1)	O	2,8 V
CTS_2	84	Clear to send (UART 2) (PC view)	O	1,8 V
RXD_2	83	Receive serial data (UART2) (PC view)	O	1,8 V
TXD_2	74	Transmit serial data (UART2) (PC view)	I	1,8 V
RTS_2	73	Ready to send (UART 2) (PC view)	I	1,8 V
USB-DP	53	USB Differential data positive	I/O	V _{Min} =3 V V _{Typ} =3,3 V V _{Max} =3,6 V I _{Vpadusb} =8 mA

... prosegue **Tabella 1** - Descrizione pin modulo Augusto.

Pin Name	Number	Description	I/O	Voltage Domain
USB-DM	52	USB Differential data negative	I/O	$V_{Min}=3V$ $V_{Typ}=3,3V$ $V_{Max}=3,6V$ $I_{Vpadusb}=8\text{ mA}$
VPAD-USB	51	USB Power Supply	I	$V_{Min}=3\text{ V}$ $V_{Typ}=3,3\text{ V}$ $V_{Max}=3,6\text{ V}$ $I_{Vpadusb}=8\text{ mA}$
USB-CN	50	USB Connect (high or low speed)	O	$V_{Min}=3V$ $V_{Typ}=3,3\text{ V}$ $V_{Max}=3,6\text{ V}$ $I_{Vpadusb}=8\text{ mA}$
USB-DET	10	USB Detection	I	1,8 V
SPI_LOAD	13	SPI load	O	2,8 V
SPI_CLK	11	SPI serial clock	O	2,8 V
SPI_I	9	SPI serial data input (only input)	I	2,8 V
SPI_IO	85	SPI serial data input and output	I/O	2,8 V
GPIO_0	77	General purpose input/output	I/O	2,8 V
GPIO_1	82	General purpose input/output	I/O	2,8 V
GPIO_2	79	General purpose input/output	I/O	2,8 V
GPIO_3	14	General purpose input/output	I/O	2,8 V
GPIO_4	86	General purpose input/output	I/O	2,8 V
GPIO_5	15	General purpose input/output	I/O	2,8 V
GPIO_6	80	General purpose input/output	I/O	Open-Drain
GPIO_7	81	General purpose input/output	I/O	Open-Drain
GPIO_8	12	General purpose input/output	I/O	2,8 V
GPIO_9	20	General purpose input/output	I/O	2,8 V
GPIO_10	76	General purpose input/output	I/O	2,8 V
INT_0	16	External interrupt 0	I	2,8 V
INT_1	17	External interrupt 1	I	2,8 V
ADC1/ BATT_TEMP	19	Analog to digital converter 1 or monitor external temp. of battery	I	0÷2V 10 bit resolution
ADC2	18	Analog to digital converter 2	I	0 to 2V 10 bit resolution
ROW_0	39	Row scan keypad	I/O	1,8 V
ROW_1	41	Row scan keypad	I/O	1,8 V
ROW_2	48	Row scan keypad	I/O	1,8 V
ROW_3	46	Row scan keypad	I/O	1,8 V
ROW_4	45	Row scan keypad	I/O	1,8 V
COL_0	44	Column scan keypad	I/O	1,8 V
COL_1	43	Column scan keypad	I/O	1,8 V
COL_2	42	Column scan keypad	I/O	1,8 V
COL_3	47	Column scan keypad	I/O	1,8 V
COL_3	48	Column scan keypad	I/O	1,8 V
MIC_1N	56	Microphone 1 negative input	I	Analog (vedere sezione audio)
MIC_1P	57	Microphone 1 positive input	I	Analog (vedere sezione audio)
MIC_2N	58	Microphone 2 negative input	I	Analog (vedere sezione audio)
MIC_2P	59	Microphone 1 positive input	I	Analog (vedere sezione audio)
SPK_1N	60	Speaker 1 negative input	O	Analog (vedere sezione audio)
SPK_1P	61	Speaker 1 positive input	O	Analog (vedere sezione audio)
SPK_2N	62	Speaker 2 negative input	O	Analog (vedere sezione audio)
SPK_2P	63	Speaker 2 positive input	O	Analog (vedere sezione audio)

gusto. La tensione di uscita è impostata dalla rete di feedback formata dalle resistenze R72 ed R73. L'integrato accetta un range di tensioni di ingresso da 4 a 40 V ed eroga fino a 3 A,

contro sovratensioni e sovracorrenti e di un sensore di temperatura interno al pacco batterie, di tipo NTC da 10 kohm a 25 °C. Il circuito di ricarica della batteria funziona in questo

con una frequenza di switching pari a 150 kHz. Questo chip ben si presta per alimentare carichi di tipo GSM, perché eroga una corrente più che sufficiente (3 A) per sopportare i picchi di corrente da 2 A che si verificano durante la fase di comunicazione dati o voce con la rete GSM/GPRS. Inoltre la bassa frequenza di switching consente una maggiore tolleranza sul ripple ammesso nella tensione di uscita (vedere l'apposito riquadro e il data-sheet del modulo Augusto). Per l'integrato si raccomanda di utilizzare condensatori di ingresso e di uscita a bassa resistenza serie. Nel nostro caso abbiamo utilizzato due condensatori di ingresso low-esr C38 e C39 di tipo elettrolitico e un condensatore di uscita tantalio low-esr; un altro condensatore del genere è già montato sul modulo Augusto, tra il pin di VCC_GSM e GND.

Il led DL8 rimane acceso se sono presenti i 3,8 V di alimentazione del modulo Augusto.

Nello schema è riportato anche un altro jack, siglato J2, connesso con il pin CHG-IN del modulo Augusto. Collegando a questo ingresso una tensione di 5 V proveniente, ad esempio, da un alimentatore per carica di cellulari (6V-800mA al massimo), si attiva il circuito di ricarica della batteria. In questa modalità occorre collegare al connettore CN5 una batteria. L'algoritmo interno può essere impostato per caricare due tipi di batterie: NiCd e NiMH oppure al litio. Per quanto riguarda la cella al litio da 3,6 V, deve essere dotata di circuito di protezione interno

modo: nel momento in cui si collegano i 5 V a J2 il diodo D6 manda alto il pin 5 di ON/OFF dello switching U7. In questo modo anche se la tensione di ingresso MAIN POWER su J1 è rimasta inavvertitamente collegata, lo switching viene spento e la VGSM è data solo dalla batteria collegata a CN5 oppure a JP13 (sono connettori di tipo diverso, posti in parallelo). La WCPU tramite il pin VCC_GSM controlla la tensione di alimentazione collegata con la batteria.

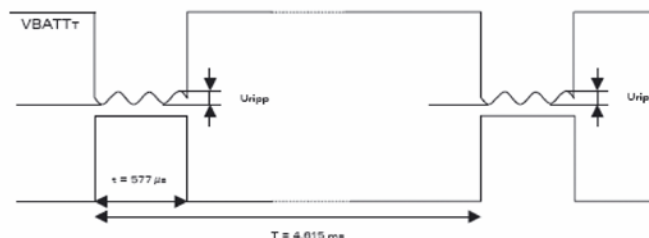
Se si usa un pacco batteria con sonda di temperatura integrata, tramite R78 viene polarizzata la sonda NTC del pacco batterie e il segnale ricavato dal partitore R78 con il parallelo di R79 e della sonda NTC, viene inviato al pin di ingresso di controllo BAT_TEMP. I valori di R78 e R79 sono calcolati per avere al massimo 2 V sul pin BAT_TEMP.

Il pin CHG-GATE controlla in corrente la base del transistor tipo PNP di potenza Q13. È tramite questo transistor che viene fornita la corrente necessaria alla ricarica della batteria. Quando la tensione della batteria è compresa tra 2,8 V e 3,2 V si attiva la modalità di pre-ricarica, in cui la corrente fornita alla batteria è costante e pari a 50 mA. In questa modalità il transistor Q13 non viene pilotato e la corrente costante è fornita direttamente dalla WCPU attraverso il pin VBATT_BB, collegato alla VCC_GSM del modulo Augusto. Durante la fase di pre-ricarica il led presente sul modulo Augusto (collegato al pin LED0) lampeggia. Quando, invece, la tensione è compresa tra 3,2 V e 4,3 V (massimi) l'algoritmo di ricarica gestisce la curva di tensione e corrente a seconda del tipo di batteria che si sta utilizzando. Con il comando AT+WBCM si possono impostare tutti i parametri relativi alla ricarica della batteria compreso il tipo di batteria utilizzato (NiCd/NiMH oppure al litio).

Se la tensione del pacco batterie è inferiore a 2,8 V, l'algoritmo di ricarica non viene eseguito, perché la batteria viene considerata completamente scarica; il modulo Augusto non funziona. Facciamo notare che il circuito di ricarica proposto (che è anche quello consigliato dalla Wavecom e riportato nel data-sheet) è utile solo nel caso in cui l'applicazione che stiamo sviluppando si rivolge ad un dispositivo portatile alimentato a batteria, come ad esempio un palmare o un cellulare

Alimentazione modulo Augusto

Segnale di alimentazione durante i burst di trasmissione:



In modalità di comunicazione GSM/GPRS classe 2, il modulo emette burst della durata di 577 µs ogni 4,615 ms.

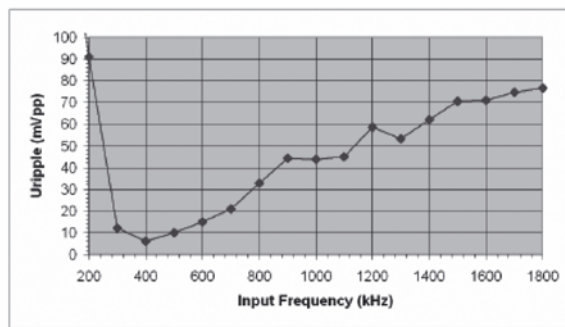
In modalità di comunicazione GSM/GPRS classe 10, il modulo emette burst della durata di 1.154 µs ogni 4,615 ms.

Il range di tensione ammesso VBATT = VCC_GSM varia da 3,2V a 4,5V. Durante i burst la tensione non deve scendere al di sotto dei 3,2V pena lo spegnimento del modulo. Tensioni superiori a 4,5V possono invece danneggiare il modulo.

Il massimo ripple ammesso dipende dalla frequenza di switching ed è riportato nella tabella seguente.

Maximal voltage ripple (U_{ripp}) versus Frequency

Freq. (kHz)	U _{ripp} Max (mVpp)	Freq. (kHz)	U _{ripp} Max (mVpp)	Freq. (kHz)	U _{ripp} Max (mVpp)
<100	100	800	33	1500	70
200	91	900	44	1600	71
300	12	1000	44	1700	75
400	6	1100	45	1800	77
500	10	1200	59	>1900	80
600	15	1300	53		
700	21	1400	62		



for $f < 100\text{kHz}$ U_{ripp} Max = 100mVpp
for $f > 1800\text{kHz}$ U_{ripp} Max = 80mVpp

che viene di tanto in tanto ricaricato collegandolo ad una fonte di alimentazione esterna. Se invece si desidera costruire un'applicazione che normalmente viene sempre alimentata

da una fonte esterna fissa e, solo quando questa viene a mancare si passa all'alimentazione a batteria, allora tale circuito non è indicato; occorre far gestire la carica della batteria da un integrato esterno e non dall'algoritmo di ricarica implementato all'interno del modulo. Per maggiori dettagli su questa modalità di ricarica si consulti l'application note di Wavecom "EXTERNAL BATTERY CHARGING SOLUTION WM_DEV_MOD_APN_002" scaricabile dal sito Wavecom.

GSM MODULE

Al centro dello schema è riportato il modulo Augusto U6, ad esso è collegato un pulsante di reset P9 al pin di RESET con un varistore VR14 che serve a limitare le sovratensioni dovute ad eventuali scariche elettrostatiche ESD. Sono presenti due interruttori a slitta miniaturizzati: M2 per gestire il pin di ON/OFF e M3 per gestire il pin di BOOT.

Il pin BUZZER0 è un'uscita open-drain pilotata in PWM che consente di gestire direttamente un buzzer. Il jumper JP8 in serie alla linea BUZZER0 è stato inserito qualora si voglia staccare il cicalino montato sulla demoboard ed utilizzarne uno esterno. Con il comando AT+WTONE è possibile generare toni sul buzzer di diversa frequenza. I due ingressi analogici ADC1 e ADC2 sono collegati a due partitori di tensione R70-TR1 ed R71-TR2. La tensione si può variare tramite i trimmer da 0 a 2 V. Il jumper JP11 consente di collegare il segnale ADC1/BAT_TEMP al trimmer oppure alla sonda NTC della batteria mentre, se non viene montato, è possibile collegare un segnale esterno (0V÷2V) direttamente sul pin ADC1.

Il jumper JP12 inserito in serie alla linea ADC2

serve se si desidera scollegare il trimmer ed utilizzare un segnale esterno (0÷2 V) da applicare direttamente al pin dell'ingresso analogico ADC2. Se Augusto monta una WCPU WMP50 è disponibile un solo ingresso analogico ADC1, mentre se invece monta una WCPU WMP100, allora sono disponibili entrambi gli ingressi analogici.

I connettori strip passo 2,54 mm siglati JP6, JP7, JP9, JP10 sono stati posizionati tutto intorno al modulo Augusto e servono per accedere direttamente ai pin del modulo e per collegare eventuali dispositivi esterni alla demoboard.

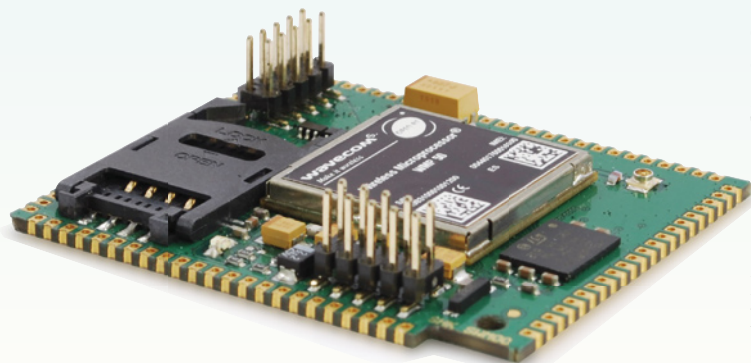
Una nota importante: qualora si colleghino componenti o dispositivi esterni alla demoboard, occorre accertarsi che i valori di tensione ai pin del modulo Augusto non superino le specifiche riportate nel data-sheet. La massima tensione ammessa per quasi tutti i pin è pari a 2,8 V; se si supera questo valore si rischia il danneggiamento della WCPU montata sul modulo.

COMMUNICATIONS

In questa sezione dello schema sono riportate le porte di comunicazione seriale collegate alla UART1 e UART2 del modulo Augusto. La porta USB è stata disegnata su una sezione a parte per questioni di spazio e leggibilità dello schema. La WCPU (WMP50 o WMP100) montata sul modulo Augusto dispone di due porte seriali. La UART 1 accetta tensioni comprese tra 0 e 2,8 V, mentre la UART 2 va da 0 a 1,8 V. I segnali TXD1, RXD1, CTS1, RTS1 della porta UART1 sono portati anche sul connettore JP1 di Augusto e servono anche per il debug o la programmazione della WCPU. La porta UART1 è una seriale completa conforme allo standard ITU-T V.24 e tutti i suoi segnali sono collegati all'integrato U1 (MAX3237) che è un transceiver RS232 con 5 pin di trasmissione e 4 pin di ricezione, al quale è collegata una connessione seriale standard DB9 per il collegamento con un PC.

Tramite questa porta, il modulo Augusto può essere visto ed utilizzato da un PC come un modem wireless.

La tensione di alimentazione dei transceiver U1 e U3 è fornita dai due regolatori lineari LDO (Low Drop-Out) LP2951 della National. U2 fornisce i 3 V necessari per alimentare il MAX3237, mentre U4 fornisce la



tensione di 1,8 V necessaria per alimentare il transceiver U3 (LTC2804). Il funzionamento dei due circuiti di pilotaggio di U1 e U3 è identico, quindi vediamo quello del solo U1: il transistor Q1 serve per pilotare il pin 3 SHD (attivo alto) di spegnimento di U2. Questo segnale viene mantenuto a livello alto da R16, collegata tra VCC_GSM e il collettore di Q1. Quando il modulo Augusto si accende e riconosce che la sua tensione di alimentazione VCC_GSM è stabile attiva il regolatore lineare interno alla WCPU, che genera i 2,8 V collegati, tramite R18, con la base di Q1. Il transistor allora entra in conduzione e manda a livello basso il pin SHD; U2 si accende e genera i 3 V necessari per alimentare la periferica di comunicazione. Tale procedura garantisce che non vi sia tensione ai pin delle porte UART del modulo Augusto prima della sua accensione; questa precauzione andrebbe presa per tutti i pin della WCPU, ai quali non deve essere applicata tensione senza che prima la WCPU non sia correttamente alimentata. Il led DL1 acceso indica la presenza dei 3 V necessari per alimentare U1. Il segnale EN_UART1 è gestito, in modo analogo, dal transistor Q2 e serve per abilitare in modo automatico U1 quando la WCPU genera la tensione VCC_2V8.

L'interruttore M1 è collegato al pin SHDN (attivo basso) di U1 e consente lo spegnimento manuale dell'integrato. Il led DL3 acceso indica che SHDN, pin 14 di U1, è alto e il MAX3237 è attivo e funzionante.

La porta UART2 lavora nel range 0÷1,8 V ed è collegata con i segnali TXD2, RXD2, CTS2, RTS2 tramite U3, che è un transceiver della Linear Technology siglato LTC2804, operante a 1,8 V. Così facendo, la UART2 è resa disponibile su un connettore seriale DB-9 standard per il collegamento con il PC o ad altri dispositivi.

L'interruttore M4 agisce sul pin di ON/OFF di U3 e permette lo spegnimento manuale

dell'integrato; lo stesso interruttore è collegato alla base del transistor Q4. Quando sulla base di quest'ultimo è presente il livello logico alto, si accende il led DL2, che indica che la UART 2 è attiva e funzionante.

USB

Il modulo Augusto riporta sul pin-strip tutti i segnali della WCPU necessari per gestire una connessione USB secondo lo standard USB 2.0. Precisiamo che la WCPU permette solo una connessione USB di tipo slave (cioè Augusto viene visto come una periferica dal PC),

Tabella 2 - Comandi AT.

Tipo	Comando	Risposta
Carica batterie	AT+WBCM?	0,0,4200,3200,4700,1438,601,1,2000,0 OK
	Legge lo stato della batteria.	
	AT+WBCM=4,0	OK
	Imposta l'algoritmo di ricarica per celle NiCd, NiMH	
	AT+WBCM=4	+WBCM: 4,0 OK La modalità è NiCd/NiMH
	Legge la modalità di ricarica impostata	
	AT+WBCM=5	+WBCM: 5,1 Il carica batterie è collegato
	Verifica la connessione con il carica batterie	
	AT+WBCM=1,1	OK +CME ERROR: 563 Carica non partita causa errore, ma codici di indicazione attivi
	Inizia la ricarica con l'indicazione di carica attiva	
Buzzer	AT+WBCM=1,0	OK
	Inizia la ricarica senza indicazione di carica	
	AT+WBCM=2	+WBCI: 2,4110 OK La tensione di batteria è 4.11V
	Chiede lo stato della batteria durante la carica	
	AT+WBCM=0,1	+WBCI:1 La tensione ha raggiunto il massimo livello. La batteria è considerata carica.
	Abilita l'indicazione di carica	
		OK
	AT+WBCM=3,0,4200,3500,4650...1,5	+WBCI: 3,4195 La tensione di batteria è 4.195V
	00,200	
	Configura i parametri di ricarica (in questo caso per la NiCd/NiMH)	OK
Keypad	AT+WTONE=1,1,300,-1510,50	OK
	Suona un tono	
	AT+WTONE=0	OK
	Stop tono	
Keypad	AT+WHCFN=0,2	+WHCFN: 0,1 OK Keypad è attivo
	Attivazione keypad	
	AT+CMER=,1	OK
	Abilita segnalazione tasto premuto	+CKEV: 4,1 +CKEV: 4,0 Il tasto 4 è stato premuto e rilasciato

.. prosegue Tabella 2 - Comandi AT.

Tipo	Comando	Risposta
Interrupts	AT+WIPC=? Visualizza le configurazioni disponibili	+WIPC:(0-3),("INT0", "INT1", "INT2"),(0-2),(0-2),(1-7) OK
	AT+WIPC=1,"INT0",1,2,1	OK INT0 configurato sul fronte di salita con antirimbato
	AT+WIND=2048 Abilita indicazione degli interrupt	OK +WIND: 12, "INT0" Interrupt su INT0
	AT+WIPC=0,"INT0"	OK Rilascia l'INT0
GPIO	AT+WIOM=2 Legge lo stato dei pin di GPIO	+WIOM: "GPIO1",4 +WIOM: "GPIO2",4 +WIOM: "GPIO3",4 +WIOM: "GPIO4",3 +WIOM: "GP11",4 +WIOM: "GP01",4 OK GPIO1,GPIO2,GPIO3,GP11 e G01 sono disponibili, GPIO4 è già utilizzato
	AT+WIOM=1,"GPIO1",0	OK Alloca GPIO1 come ingresso
	AT+WIOM=1,"GPIO2",1	OK Alloca GPIO2 come uscita (valore iniziale 0)
	AT+WIOM?	+WIOM: "GPIO1",0 +WIOM: "GPIO2",1,0 OK
	AT+WIOR="GPIO05" Legge il valore di GPIO05	+WIOR: 0 OK Il valore è basso
	AT+WIOV="GPIO02",0 Imposta basso GPIO02	OK Il valore è scritto

*Si consulti il data-sheet Wavecom "AT Commands Interface Guide for Open AT® Firmware v7.4" per la descrizione dettagliata dei comandi AT.

ad alta velocità (fino a 12 Mbit/s). Quando il segnale USB-CN va a livello alto tramite il transistor NPN Q15, si attiva il mosfet di tipo P siglato Q14, che manda in pull-up, tramite la resistenza R92, la linea positiva DP della USB. Questo viene riconosciuto dallo standard USB 2.0 come funzionamento in full-speed.

KEYPAD

In questa sezione dello schema sono presenti 6 tasti disposti a matrice e collegati sugli ingressi dedicati del modulo Augusto ROW0, ROW1, ROW2 e COL0, COL1.

Su ogni tasto è collegato anche un varistore per limitare i transitori di tensione dovuti a scariche elettrostatiche (ESD) che possono avvenire quando si preme il tasto.

La gestione della matrice di tasti è affidata all'algoritmo di controllo interno alla WCPU, che si occupa della scansione della matrice per rilevare qual è il tasto premuto. Non occorre aggiungere alcun condensatore di anti-rimbato, poiché la sua funzione è già svolta nella WCPU.

Per leggere dal collegamento seriale il tasto premuto, si possono utilizzare i comandi AT+WHCNP e AT+CMER.

quindi il connettore USB standard previsto sulla demoboard è quello di tipo B (CN6 nello schema).

La tensione di alimentazione standard dell'USB è 5 V e viene fornita al pin 1 di CN6; la WCPU montata sul modulo Augusto lavora a 3 V, per cui è stato inserito l'integrato U8 (LP2951) che genera i 3 V necessari per alimentare correttamente la sezione USB della WCPU. Il led DL9 segnala la presenza dei 3 V. Il partitore R82-R87 porta il segnale al pin USB-DET, che serve alla WCPU per rilevare la connessione USB.

Su ogni linea dati differenziale DP e DM sono stati inseriti un filtro (R89, C46 e R91, C47) e dei diodi (D8) di protezione contro le scariche elettrostatiche (ESD). Secondo lo standard USB 2.0 la WCPU WMP50 dispone poi di un pin USB-CN per utilizzare la comunicazione

AUDIO

Le WCPU WMP50 e WMP100 dispongono di due canali audio separati, entrambi disponibili sul pin-strip di I/O del modulo Augusto. Ogni canale è comprensivo di un ingresso microfonico e di un'uscita altoparlante. Il canale 2 è solitamente utilizzato per creare un sistema vivavoce con un microfono e uno speaker separati e opportunamente posizionati all'interno di un autoveicolo.

Il canale 1 invece è normalmente collegato ad una cornetta o ad un kit auricolare.

I segnali audio sono disponibili ai connettori di tipo RJ-45 siglati CN1 e CN2.

La scelta del tipo di filtraggio da adottare sui canali audio è molto importante, soprattutto in un'applicazione rumorosa come quella in cui è presente un modulo GSM. In particolare,

la principale fonte di rumore nella banda audio è proprio il GSM stesso: il rumore è chiamato TDMA ed è dovuto alla demodulazione del segnale GSM, che comporta dei burst ogni 4,615 ms a 216,7 Hz più le armoniche.

Per quanto riguarda il microfono, sia per il canale 1 che per il canale 2 è stato scelto un circuito differenziale, in quanto è più immune al rumore rispetto alla soluzione single-ended. Per i due canali microfonici, la WCPU accetta comunque anche quest'ultimo tipo di configurazione, comunque sconsigliata da Wavecom. La principale differenza tra il MIC1 e il MIC2 è data dal fatto che il canale 2 è già polarizzato internamente a 2 V, mentre il microfono collegato al canale 1 necessita di polarizzazione esterna. Per quanto riguarda i canali dedicati agli altoparlanti (speakers SPK1, SPK2) il canale 2 può essere configurato come differenziale o singolo; nella demoboard è stata scelta la soluzione differenziale. Il canale 1, invece, accetta solo la configurazione single-ended,

Bibliografia:

- Datasheet Augusto rev.01 www.shitek.eu
- User Guide Demoboard EVK Augusto www.shitek.eu
- Datasheet Wavecom WMP50
<http://www.wavecom.com->Prduct->Download>
- Application Notes Wavecom
<http://www.wavecom.com->Developers->Application Notes>

come si vede, nello schema, dalla presenza del condensatore di disaccoppiamento C3. Le impedenze ammesse per l'altoparlante con le configurazioni scelte sono di 8 ohm per l'SPK2 e di 32 ohm per l'SPK1.

Per le caratteristiche specifiche dell'altoparlante e del microfono si rimanda al datasheet del modulo Augusto o al data-sheet di Wavecom.

INPUT-OUTPUT

In questa sezione dello schema sono presenti 2 tasti (P1 e P2) collegati alle basi dei transistor, rispettivamente, Q7 e Q10. Alla pressione del tasto i transistor agiscono come interruttori e portano a livello basso le linee di interrupt INT0 e INT1. In questo modo è possibile testare il funzionamento dei due ingressi di interrupt della WCPU.

Questa sezione permette anche di testare 4 degli 11 GPIO disponibili sul modulo Augusto. I pin GPIO0, GPIO1, GPIO2, GPIO3 tramite gli switch DIP1 possono essere collegati alle resistenze di base dei transistor Q8, Q9, Q11, Q12 e pilotare i rispettivi led DL4, DL5, DL6, DL7. Il dip-switch DIP1 serve per collegare (e scollegare) fisicamente i pin di GPIO e di interrupt con (dai) i circuiti della demoboard disegnati in questa sezione dello schema, ciò permette di utilizzare questi pin anche collegandoli a circuiti esterni alla demoboard. I comandi AT per configurare gli ingressi di interrupt e i GPIO sono riportati nell'apposito riquadro (Comandi AT) in queste pagine.

MONTAGGIO DEL CIRCUITO

Questa demoboard è molto compatta ed utilizza componenti quasi esclusivamente di tipo SMD. Consigliamo di prendere in considerazione il montaggio manuale solo se avete già esperienza e pratica del montaggio manuale di circuiti SMD.

Alcuni componenti SMD hanno passo inferiore al millimetro e le resistenze sono di tipo 0603, per cui consigliamo vivamente di munirvi di un saldatore con punta sottile e di aiutarvi nella saldatura con del fluxante; questo per prevenire eventuali sbavature di stagno difficili poi da individuare a occhio nudo. Se decidete di autocostruirvi la demoboard, raccomandiamo di utilizzare esclusivamente i componenti elencati nella lista, soprattutto per quel che riguarda i condensatori del circuito switching di alimentazione C38, C39, C40, C41, che devono essere di tipo low-esr.

Al solito, montate per primi tutti i componenti SMD a partire dalle resistenze e dai componenti più bassi: diodi, condensatori, integrati; in seguito montate tutti i componenti PTH (connettori, pulsanti, ecc.). Si consiglia inoltre di procedere nel montaggio per gradi, partendo dalle sezioni di alimentazione e verificando le tensioni generate dai vari stadi di alimentazione man mano che si avanza con il lavoro.

Il modulo Augusto va alloggiato solo dopo aver verificato che tutte le tensioni presenti sui connettori strip JP6, JP7, JP8, JP9 rientrano nelle specifiche elencate nel datasheet del modulo Augusto, riportate nella **Tabella 1**.