

Elettronica In

Mensile di elettronica applicata, attualità scientifica, novità tecnologiche.

122

Bluetooth

**Robot In:
Firmware,
Software
e Telecontrollo**

**Ascolto
ambientale
Bluetooth**

**Corso di
programmazione
per Tibbo EM1000**

Mambo: il nuovo firmware

Brandeggio due assi

Generatore di alta tensione

Ricevitore per radiocomandi

Caricabatterie auto

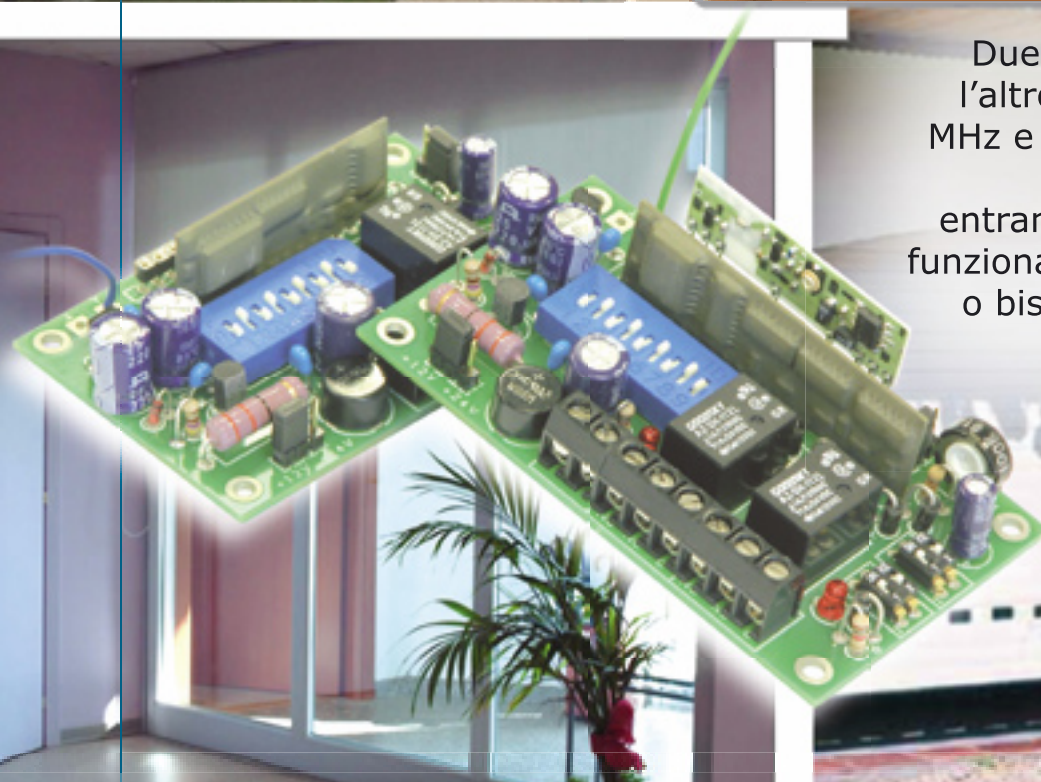
ESCLUSIVO
CORSO LCD
(Liquid Crystal Display)



RX per telecomando a 433,92 MHz 1 e 2 canali

di Davide Scullino

Due ricevitori, uno monocanale e l'altro bicanale, operanti a 433,92 MHz e basati sulla codifica Motorola a 19.683 combinazioni. Sono entrambi dotati di uscite a relé con funzionamento in modalità impulsiva o bistabile, in grado di controllare carichi con assorbimento massimo di 2 ampere.



Sebbene oggi, in special modo nel campo degli impianti antifurto, il sistema di codifica del telecomando che va per la maggiore è certamente quello rolling-code, sono ancora molto diffusi dei codificatori a chiave fissa che hanno fatto la storia del comando a distanza quando ancora nessuno adottava la codifica variabile. Stiamo parlando dei dispositivi Motorola della serie MC1450xx che, per quanto datati, sono ancora utilizzati nei controlli di apertura di cancelli, basculanti, tende, eccetera, in virtù dell'elevato numero di combinazioni consentito: ben 19.683.

Dal lontano numero 1 di *Elettronica In* ad oggi, abbiamo

presentato molti progetti di sistemi di controllo remoto e, tra i tanti, i nostri progetti FT24 (ricevitore monocanale) e FT26 (bicanale) hanno raccolto (e continuano a raccogliere) grande consenso da parte dei nostri lettori. Tuttavia, anche in questo campo, "nulla è per sempre". Con sempre maggior rapidità, infatti, nuovi prodotti (più performanti o semplicemente più economici) prendono il posto delle versioni attualmente in uso; è ciò che sta accadendo con i moduli riceventi AM (RF290) utilizzati nei circuiti citati poc'anzi i quali non sono più disponibili, anche perchè le attuali norme in materia di compatibilità elettromagnetica e



Il ricevitore AC-RX2

Per realizzare i ricevitori per radiocomando descritti in queste pagine è stato impiegato un ibrido di recente produzione, rispondente alle norme RoHS riguardanti l'utilizzo di componentistica esente da metalli pericolosi come piombo, cadmio e mercurio. Il modulo dispone di uno stadio ricevente super-reattivo accordato a 433,92 MHz mediante un risuonatore SAW, seguito da un demodulatore AM, dalla cui uscita si possono prelevare impulsi simili a quelli partiti dall'encoder del trasmettitore; uno squadratore provvede poi a raddrizzare i fronti del segnale, che esce dal piedino 14 in formato TTL (0/5V, se il modulo è alimentato a 5 V). L'ingresso per l'antenna (50 ohm) è al pin 3, mentre ai pin 1, 10 e 15 si applica l'alimentazione, che deve essere di 5 volt rispetto alla massa; quest'ultima fa capo ai piedini 2, 7 e 11.

Il piedino 13 è l'uscita del demodulatore, mentre i dati si prelevano dal 14, dopo che sono stati squadrati dal comparatore.

Le principali caratteristiche del modulo sono:

- Tensione di alimentazione: 5 V
- Assorbimento tipico: 2,5 mA
- Frequenza di ricezione: 433,92 MHz



- Banda passante RF (-3 dB): ± 2 MHz
- Radiazione in antenna: max -60 dBm
- Sensibilità RF: -106 dBm tipica, (generatore RF con 100% di modulazione)
- Onda quadra in uscita: 3 KHz
- 0 logico in uscita: GND + 0,4 V
- 1 logico in uscita: Vcc - 1,2 V
- Tempo di accensione: 2 sec
- Temperatura di lavoro: $-20^{\circ}\text{C} \div +80^{\circ}\text{C}$

inquinamento ambientale si sono fatte sempre più stringenti. Ecco dunque la necessità di utilizzare un modulo più recente e, con l'occasione, di dare una "rinfrescata" ad entrambi i circuiti. La scelta, dettata dal giusto compromesso tra costo e prestazione, è caduta sul modulo Aurel AC-RX2, ricevitore superreattivo di elevate prestazioni conforme alle direttive RoHS. Le nuove versioni dei ricevitori monocanale (codice progetto FT713) e bicanale (codice FT712), oltre a garantire le stesse funzioni dei predecessori, dispongono di tre nuove caratteristiche: possono essere alimentati sia in continua che in alternata, a 12 o 24 volt, e sono dotati di un jumper per l'attivazione del controllo automatico del guadagno in ricezione. Vediamo ora entrambi i circuiti in dettaglio.

Il ricevitore monocanale

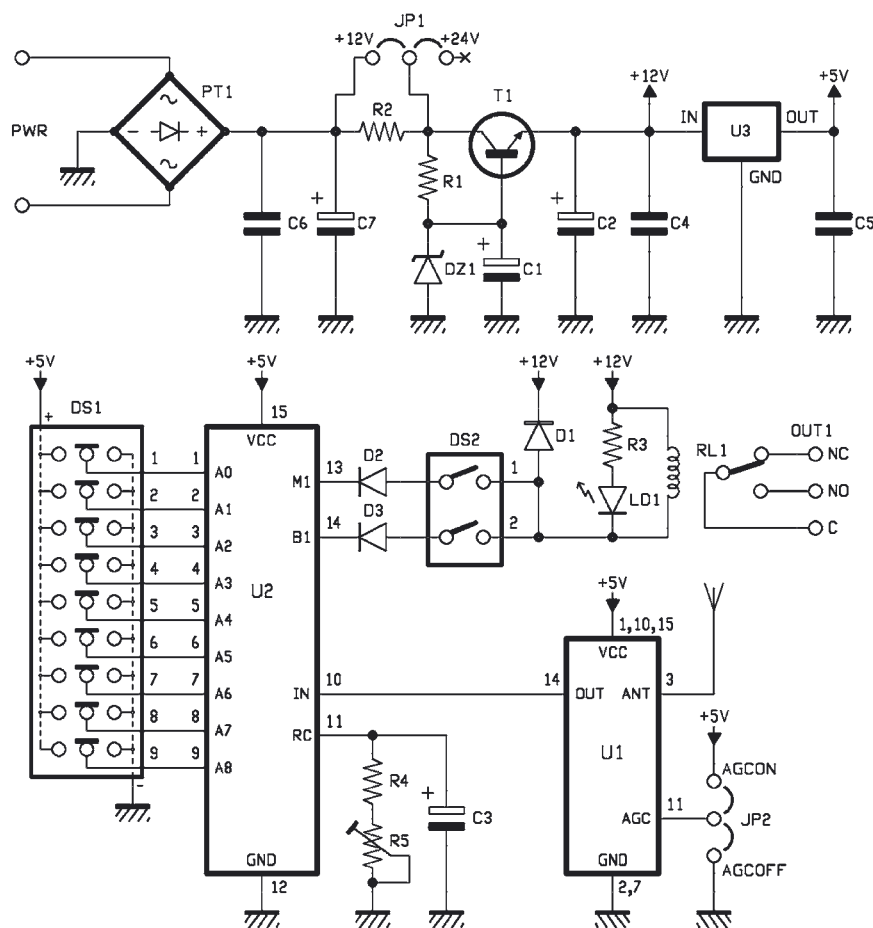
Come appare nello schema elettrico corrispondente, consta di un radio-ricevitore e una decodifica entrambi in tecnologia ibrida, oltre che di un alimentatore AC-DC con regolatore di tensione discreto, un relé e un dip-switch three-state a nove vie. I due

ibridi sono prodotti dall'Aurel: U2 è il D1MB a cui è affidato il compito di decifrare il segnale generato dal trasmettitore e di gestire le due uscite a transistor (NPN open collector) di cui dispone per controllare il relé. A questo modulo abbiamo dedicato un capitolo più avanti. U1, invece, è il modulo AC-RX2, che riceve il segnale RF generato dal telecomando ed estrae la sequenza di dati generata dall'encoder. Esso permette di ottenere una buona portata (anche con trasmettitori di debole potenza, come i modelli TX1CSAW o il TX2CSAW) grazie alle sue doti di sensibilità e selettività. Rispetta, inoltre, le direttive RoHS, che impongono la realizzazione dei dispositivi elettronici garantendo l'assenza di materiali velenosi quali di piombo, cadmio e mercurio.

Il circuito, comunque, è in grado di funzionare anche con altri ricevitori SMD Aurel, quali l'AM4SF, il 4MM5, l'ormai obsoleto RF290-433, eccetera e proprio per questa ragione abbiamo previsto nel circuito il jumper JP2, che permette di attivare e disattivare il controllo automatico di guadagno qualora, nel caso di appli-

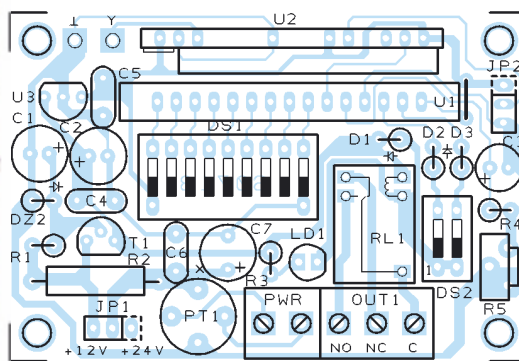
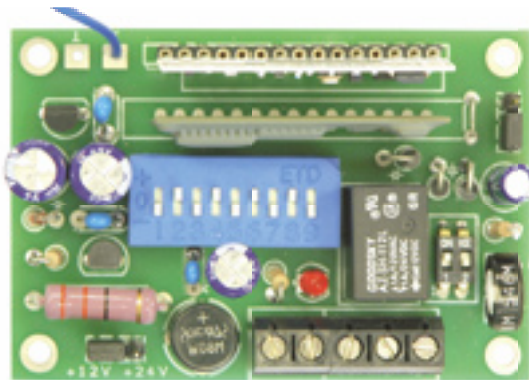
cazioni particolari, vogliate sostituire il modulo AC-RX2 con un altro che disponga di tale funzione. Noi abbiamo scelto di utilizzare l'AC-RX2 e perciò JP2 deve essere sempre posto su AGC OFF (collegamento del pin 11 di U1 a massa).

Relativamente a tale ibrido, esso contiene un ricevitore superrigenerativo realizzato in tecnologia SMD, provvisto di un preamplificatore AF d'ingresso che gli conferisce un'elevata sensibilità (-106 dBm), uno stadio di sintonia accordato a 433,92 MHz mediante un risuonatore SAW, un demodulatore AM e uno squadratore del segnale BF d'uscita. La selettività è discreta e ammonta a ± 2 MHz (a ± 3 dB) di scostamento sulla frequenza di sintonia. La portante radio modulata in ampiezza captata dall'antenna (uno spezzone di filo lungo 17 cm) raggiunge l'ingresso (piedino 3) dell'ibrido; dopo l'amplificazione e la selezione operata dal circuito di sintonia, la componente RF viene applicata ad uno stadio superreattivo che amplifica notevolmente il segnale, al limite dell'autoscillazione dello stadio. In questo modo viene garantita una



ELENCO COMPONENTI:

- R1: 470 ohm
- R2: 33 ohm 2W
- R3: 1 kohm
- R4: 10 kohm
- R5: Trimmer MV 1 Mohm
- C1, C2: 220 μ F 25 VL elettrolitico
- C3: 47 μ F 100 VL elettrolitico
- C4+C6: 100 nF multistrato
- C7: 470 μ F 35 VL elettrolitico
- U1: AC-RX2
- U2: D1MB
- U3: 78L05
- D1=D3: 1N4007
- PT1: Ponte diodi
- DZ1: Zener 12V 1W
- T1: BC547
- LD1: led 3 mm rosso
- DS1: Dip-switch Three-state 9 vie
- DS2: Dip-switch 2 vie
- Varie:
 - Morsetti 2 poli
 - Morsetti 3 poli
 - Relè miniatura 12V
 - Strip maschio 3 poli (2 pz.)
 - Jumper (2 pz.)
 - Circuito stampato S713



Questo circuito (così come quello del ricevitore bicanale) è molto facile da montare: occorre solo prestare attenzione al verso di inserimento dei componenti polarizzati, quali diodi e condensatori elettrolitici.

elevatissima sensibilità che, come abbiamo visto, nel nostro caso raggiunge il livello di -106 dBm. Lo stesso stadio si occupa anche di demodulare la portante estraendo la componente di bassa frequenza, ossia gli impulsi corrispondenti al codice trasmesso dall'encoder del TX.

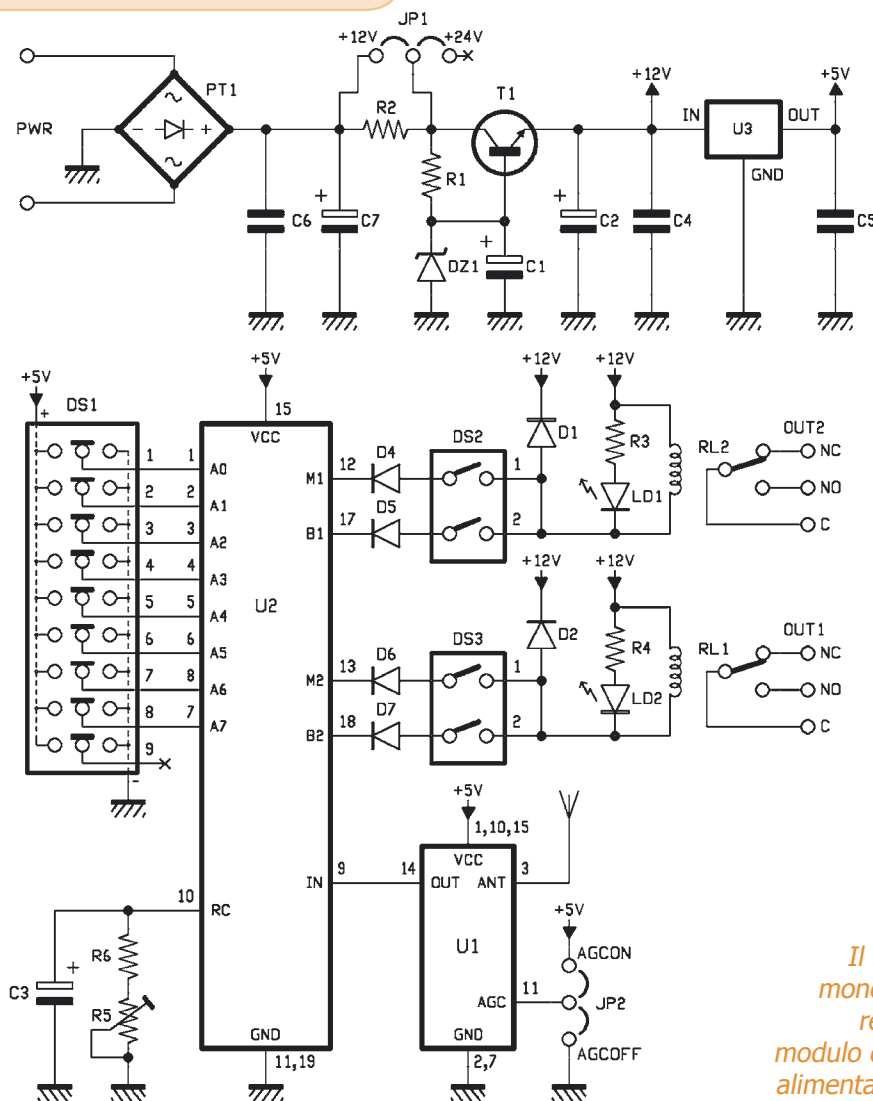
Tali impulsi sono disponibili sul piedino 14, ben ripuliti e squadrati, e vengono inviati all'ingresso 10 dell'ibrido di decodifica (U2) che co-

manda le due uscite open collector quando i dati ricevuti contengono un'informazione valida. Le uscite 13 (impulsiva) e 14 (bistabile) vengono comandate contemporaneamente, ma tramite il dip-switch DS2 è possibile scegliere quale deve attivare la bobina del relé. Si noti che i dip vanno chiusi sempre e solo uno alla volta, perché chiudendoli entrambi prevale il modo bistabile.

In parallelo alla bobina di RL1 si tro-

vano un bipolo led/resistenza (il diodo luminoso LD1 si accende quando il relé viene eccitato) e un diodo di protezione dall'inversione di polarità, necessario ad evitare danni ai transistor di uscita del D1MB quando vanno in interdizione, momento in cui la natura induttiva della bobina genera un piccolo di extratensione.

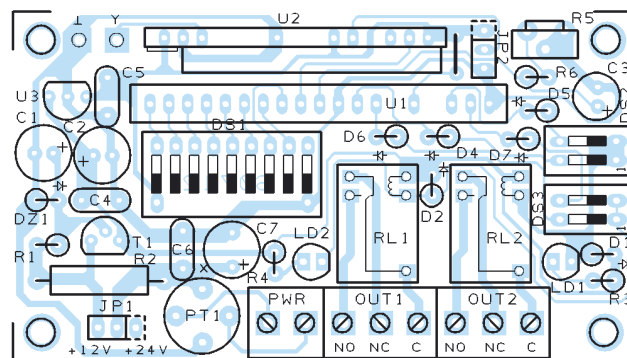
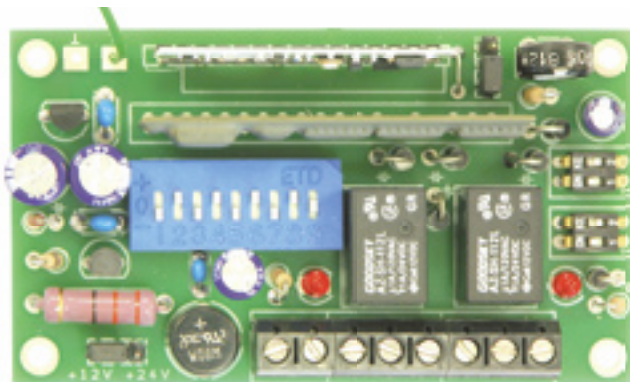
Il relé scelto permette di commutare correnti dell'ordine di 2 A in circuiti funzionanti a bassa tensione (non ol-



ELENCO COMPONENTI:

- R1: 470 ohm
- R2: 33 ohm 2W
- R3, R4: 1 kohm
- R5: Trimmer MV 1 Mohm
- R6: 10 kohm
- C1, C2: 220 μ F 25 VL elettrolitico
- C3: 47 μ F 100 VL elettrolitico
- C4-C6: 100 nF multistrato
- C7: 470 μ F 35 VL elettrolitico
- U1: AC-RX2
- U2: D2MB
- U3: 78L05
- D1-D6: 1N4007
- PT1: Ponte diodi
- DZ1: Zener 12V 1W
- T1: BC547
- LD1, LD2: led 3 mm rosso
- DS1: Dip-switch Three-state 9 vie
- DS2, DS3: Dip-switch 2 vie
- Varie:
- Morsettiera 2 poli
- Morsettiera 3 poli (2 pz)
- Relè miniatura 12 V (2 pz)
- Strip maschio 3 poli (2 pz)
- Jumper (2 pz)
- Circuito stampato S712

Il ricevitore a due canali differisce dal monocanale, oltre che per il numero dei relé, anche per le dimensioni e per il modulo di decodifica utilizzato. Le sezioni di alimentazione e di ricezione sono identiche.



tre i 70 volt); quindi per comandare carichi più esigenti bisogna usare il contatto normalmente aperto per controllare la bobina di un relé di maggiore potenza alimentato con la tensione a 12 volt del ricevitore ma anche con una tensione proveniente da una sorgente differente. La rete costituita da

R4-R5-C3 permette di ritardare il rilascio del relé di un tempo selezionabile tra circa 0,2 (trimmer cortocircuitato) e 30 secondi (trimmer con inserita la massima resistenza) quando è imposta la modalità di comando impulsiva. In modalità bistabile tale rete non ha effetto perché lo stato assunto

dall'uscita viene invertito ad ogni ricezione di una stringa dati valida. L'intero circuito può essere alimentato a tensione sia continua che alternata tramite la morsettiera PWR, collegata all'ingresso di un ponte raddrizzatore, i cui pin + e - fanno capo alla rete di filtro C6-C7: in questo modo è pos-

sibile inserire il ricevitore in impianti già esistenti (quali apricancello, antifurto e simili) senza preoccuparsi né del fatto che la tensione disponibile provenga da un trasformatore o da un alimentatore in continua, né della polarità. In tal senso va considerata l'aggiunta della resistenza R2, (escludibile tramite JP1) che serve a limitare la caduta di tensione e quindi la dissipazione di potenza sul transistor T1, usato come regolatore lineare. Con tensioni di alimentazione di circa 24 volt bisogna posizionare il ponticello JP1 in posizione "+24V", altrimenti, con tensioni di alimentazione standard (da 9 a 15 volt), il ponticello va lasciato su "+12V".

Lo stadio che segue R2 stabilizza a circa 12 volt (necessari per alimentare il relé) la tensione ai capi dei condensatori C2 e C4: in pratica tale stadio realizza un regolatore lineare di tipo serie in cui il transistor T1 (che funziona a collettore comune ed è polarizzato in base dalla tensione dello Zener DZ1) è sempre in conduzione e presenta sul proprio emettitore un potenziale di poco inferiore a quello di base. Tale potenziale alimenta, oltre al relé, il regolatore integrato 7805, dal quale si ricavano i 5 volt stabilizzati che ci servono a far funzionare i due moduli SMD.

Il ricevitore bicanale

Per il modulo a due canali valgono le considerazioni fatte poc'anzi riguardo alla versione monocanale: dal relativo schema elettrico vediamo come il blocco di alimentazione e il radioricevitore siano identici; le uniche differenze stanno nella decodifica e nelle uscite, che in questo caso sono due. In questo circuito il segnale demodulato dall'AC-RX2 entra nel piedino 9 dell'ibrido U2, che stavolta è un D2MB (decodifica a due canali, a cui è dedicato un capitolo più avanti), il cui codice, limitatamente ai primi otto bit (il nono è impostato internamente in maniera diversa per i due stadi decoder)

si definisce (uguale a quello del trasmettitore da abbinare) mediante il dip-switch three-state DS1.

Quando viene ricevuta la trasmissione di un TX, se i dati riguardano il primo canale si attiva RL2, altrimenti è RL1 a venire eccitato; anche in questo caso, l'ibrido dispone di due uscite per canale, una impulsiva (pin 12 e 13) e l'altra bistabile (pin 18 e 19), che vanno collegate alla bobina del relé corrispondente usando dei dip-switch.

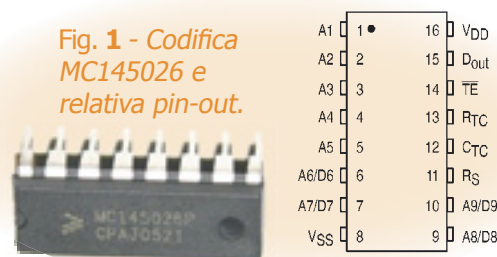
Come per il modulo a singolo canale, i contatti di DS2 e DS3 devono essere chiusi uno solo per volta, altrimenti si ottiene sempre il comando bistabile.

L'attivazione di ciascun relé viene evidenziata dall'accensione del relativo led (LD1 per RL2 ed LD2 per RL1). Anche qui sono presenti i diodi che eliminano le extratensioni inverse originate all'interdizione dei transistor di U2 dalle bobine dei relé. La rete di temporizzazione scelta per il D2MB (R5-R6-C3) è identica a quella del D1MB, visto che il decoder alla base di tali ibridi è il medesimo; anche in questo caso, il trimmer R5 va regolato per ottenere il ritardo voluto (0,2÷30 secondi).

Realizzazione pratica

Per ciascuno dei ricevitori è stata prevista una diversa basetta da realizzare per fotoincisione utilizzando il master scaricabile dal nostro sito (www.elettronica.in.it). Incisa e forata la basetta, seguendo il relativo disegno di montaggio si dispongono i componenti, iniziando con le resistenze e i diodi al silicio, badando di rispettare la polarità di questi ultimi e rammentando che il loro terminale di catodo è identificato da una fascetta colorata; subito dopo si possono inserire il dip-switch 9 vie three-state (DS1 che entra solo nel verso giusto, quindi non richiede particolari attenzioni), i dip binari (DS2 e, sul modulo bicanale, DS3) e

Fig. 1 - Codifica MC145026 e relativa pin-out.



le strip a tre punte a passo 2,54 mm che realizzano i ponticelli JP1 e JP2. Si procede con i condensatori (stando attenti alla polarità di quelli elettrolitici) e i led, ricordando che il pin più lungo è l'anodo; dopo, è la volta di relé e moduli ibridi, che possono essere inseriti in un solo verso. Il montaggio va completato con il regolatore integrato e il transistor BC547, da orientare ciascuno come indicato nel piano di montaggio. Allo scopo di agevolare le connessioni con gli scambi del relé e con l'alimentazione, prevedete idonee morsettiere da circuito stampato a passo 5 mm, da infilare e saldare nelle rispettive piazzole. Per completare l'unità ricevente, tagliate uno spezzone di filo di rame lungo 17 centimetri e infilatelo nel foro ANT della basetta, saldandolo alla relativa piazzola. Bene, adesso il ricevitore è pronto e può essere collaudato: potete alimentarlo con una tensione continua di 12÷15 volt (senza riguardo per la polarità e ponendo il jumper JP1 in posizione +12) applicata ai contatti PWR dello stampato, prelevandola da un alimentatore in continua, una batteria o un trasformatore capaci di fornire almeno 100 milliampere.

Prima di accendere il ricevitore è indispensabile impostare il dip-switch DS1 per avere uguale codifica sia sul trasmettitore che sul ricevitore (ricordate che nel RX bicanale i dip 6, 7, 8 possono assumere solo gli stati 1 o 0) e porre il jumper JP2 in posizione AGC OFF (pin 11 a massa), condizione necessaria per operare con il ricevitore AC-RX2, scelto per il progetto. Fatto ciò, non resta che premere un tasto del trasmettitore e verificare che sul ricevitore scatti il relé corrispondente, secondo la modalità defi-

Configurazione dei ricevitori

Modalità di funzionamento dei relé

I due ricevitori possono attivare i relé di uscita in modalità impulsiva (con e senza ritardo) o bistabile. Come riportato nelle tabelle 1 e 2, l'impostazione si effettua mediante il dip-switch DS2 nella versione monocanale. Nella versione bicanale, invece, si agisce su DS2 (canale 1) e DS3 (canale 2). In modalità impulsiva, il ritardo viene regolato tramite il trimmer R5 (unico presente) tra 0,2 e 30 secondi circa.

Selezione dell'alimentazione

Viene effettuata tramite il jumper JP1. In linea di massima, alimentando i ricevitori con 12 Vdc (9÷15 Vac) JP1 va posizionato su +12V, altrimenti posizionarlo su +24V. Fate riferimento alle Figure 2 e 4.

Impostazione AGC

I due circuiti possono funzionare con moduli RF differenti dall'AC-RX2, purché pin-to-pin compatibili col nostro. Alcuni di questi ricevitori dispongono di un pin di attivazione e disattivazione della funzione di controllo automatico di guadagno. Tale funzione viene controllata tramite il jumper JP2 (vedere le Figure 1 e 3).

Nota Bene: utilizzando l'AC-RX2, il jumper JP2 deve rimanere in posizione AGC OFF (pin 11 di AC-RX2 a massa).

Impostazione codifica

Viene effettuata tramite il dip-switch DS1 in entrambi i ricevitori. La configurazione dei dip deve coincidere con quella impostata sul trasmettitore, come visibile in Figura 5.

Nota bene: utilizzando i trasmettitori TXC1SAW e TXC2SAW (entrambi sprovvisti del nono dip) il dip 9 del ricevitore monocanale deve essere impostato a "+" (in alto).

Tabella 1 - Funzionamento relé

	DIP-1	DIP-2	Funzione
DS2	OFF	OFF	Non possibile
	OFF	ON	CH1 bistabile
	ON	OFF	CH1 impulsivo
	ON	ON	Non possibile

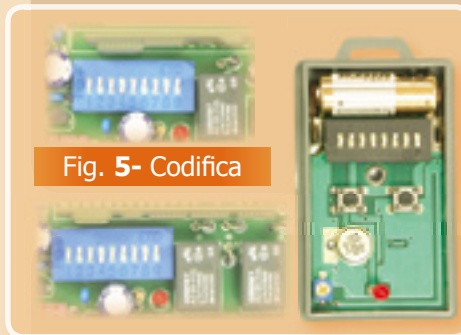


Fig. 5- Codifica

Tabella 2 - Funzionamento relé

	DIP-1	DIP-2	Funzione
DS2	OFF	OFF	Non previsto
	OFF	ON	CH1 bistabile
	ON	OFF	CH1 impulsivo
	ON	ON	Non previsto
DS3	OFF	OFF	Non previsto
	OFF	ON	CH2 bistabile
	ON	OFF	CH2 impulsivo
	ON	ON	Non previsto

Ricevitore monocanale

Fig. 1 - JP2

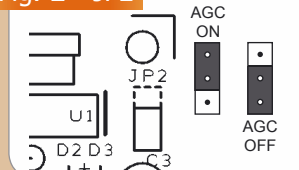
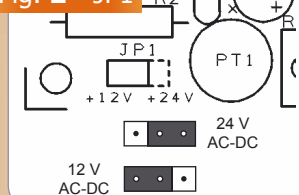


Fig. 2 - JP1



Ricevitore bicanale

Fig. 3 - JP2

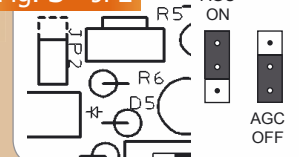
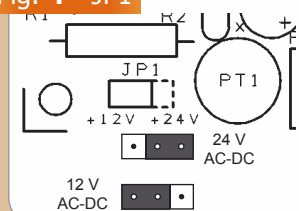


Fig. 4 - JP1



nita dal dip-switch DS2 per il modulo a singolo canale, DS2 o DS3 per quello bicanale. Anche se lo abbiamo già detto, ripetiamo che è necessario utilizzare dei trasmettitori con codifica Motorola MC145026, come i modelli TX1CSAW e TX2CSAW.

Codifica e decodifica

I ricevitori qui descritti sono progettati per operare con i segnali trasmessi da un'unità radio codificata con l'encoder Motorola MC145026 (visibile in Figura 1), il quale consente di impostare la chiave di riconoscimento su nove piedini di codifica (pin 1÷7, 9 e 10). Ognuno di essi è in grado di operare in logica three-state: in pratica ogni pin può riconoscere tre livelli logici ossia lo 0 (pin a massa), l'1 (pin al positivo) e l'alta impedenza (pin

lasciato scollegato), per un totale di $3^9=19.683$ possibili combinazioni.

L'MC145026 opera con due decodificatori specifici, l'MC145027 e l'MC145028, che si distinguono per il modo in cui la stringa di dati ricevuta viene interpretata. L'MC145027 legge come indirizzo i bit A1÷A5 e considera A6÷A9 come dati trasmessi; ciò significa che l'encoder ad esso abbinato impiega, in questo caso, le ultime quattro linee di indirizzo come dati da trasmettere (tipicamente si tratta dello stato di quattro pulsanti) e pertanto il sistema dispone solamente $3^5=243$ possibili chiavi di codifica base.

L'MC145028, invece, confronta lo stato di tutti i nove pin di indirizzo con la codifica contenuta nella stringa di dati ricevuta, quest'ultima a sua volta dipendente dalla configurazione

dei nove pin A1÷A9 dell'encoder. In entrambe le decodifiche il piedino VT va a livello logico alto una volta riconosciuta una stringa dati valida. Indipendentemente dalla decodifica scelta, affinché encoder e decoder aventi la stessa codifica base si "comprendano", è indispensabile che operino alla stessa frequenza di clock, perché l'uscita dell'encoder ripropone in modo seriale lo stato dei nove pin di codifica sincronizzato sul clock di sistema; il decoder, pertanto, può sincronizzarsi su tale stringa solamente se il suo clock interno è il più vicino possibile a quello dell'encoder. Tenete presente che il decoder può compensare autonomamente delle piccole differenze, purché rimangano entro i limiti dichiarati dal costruttore. Sia nell'encoder che nel decoder, la fre-

quenza di clock viene ottenuta tramite oscillatori RC che fanno uso di resistenze e condensatori esterni. Nei nostri ricevitori, per ridurre l'ingombro dei circuiti stampati, adottiamo delle decodifiche ibride prodotte dall'Aurel e siglate D1MB (a singolo canale) e D2MB (bicanale) in cui, oltre al decoder, è presente (come già detto) una logica di gestione delle uscite che permette di ottenere il funzionamento impulsivo o bistabile. Tutte le uscite dispongono di un transistor NPN (per ciascun canale), in configurazione open-collector, in grado di comandare direttamente relè con assorbimento massimo di 50 mA.

Modulo D1MB

Contiene un decoder MC145028 che riceve il segnale dal pin 10 (IN) e che pilota con la sua uscita VT sia la base del transistor NPN facente capo al pin 13 (uscita impulsiva) che l'ingresso di un flip-flop di tipo D connesso a "latch". L'uscita del flip-flop pilota un secondo transistor open-collector che fa capo a sua volta al pin 14 (uscita bistabile).

L'uscita impulsiva è legata sia allo stato dell'uscita dell'encoder MC145028 sia alla costante di tempo definita da un bipolo RC collegato tra il pin 11 e la massa: in altre parole, il pin 13 rimane attivo per tutto il periodo in cui il pin VT rimane attivo, periodo cui va sommato il tempo determinato dal bipolo RC, che non è indispensabile. Dal datasheet Aurel si ricava che la capacità non deve

superare i 10 μF mentre la resistenza deve essere compresa fra 47 kohm e 2,2 Mohm. Il pin 14, invece, inverte il suo stato ogni volta che il pin VT si attiva: in parole povere, una pressione del pulsante sul telecomando attiva il relé e la successiva pressione lo disattiva. La bobina del relé va collegata tra il positivo e i pin 13 o 14. Il clock del decoder è fissato a 1,7 kHz dalle reti di temporizzazione interne all'ibrido; la scelta di tale frequenza dipende dal fatto che i trasmettitori reperibili in commercio operano quasi tutti proprio intorno a 1,7 kHz.

Modulo D2MB

Dal punto di vista funzionale vale quanto detto per il D1MB, con la differenza che questo modulo è in grado di pilotare due relé differenti. Fa uso di una decodifica MC145027 che, come abbiamo visto in precedenza, gestisce cinque linee di codifica e quattro linee di comando. Del D2MB va detto un particolare molto interessante: la casa costruttrice ha utilizzato tre delle quattro uscite di comando della decodifica per realizzare, insieme ad alcuni circuiti integrati aggiuntivi, una logica di controllo che consente di espandere il numero di bit utilizzabili come chiavi di codifica: normalmente, infatti, ne avremmo a disposizione solamente cinque (per un totale di 243 combinazioni) ma con la soluzione adottata da Aurel, si possono utilizzare 8 linee, in cui le ultime tre sono normali ingressi binari. In totale sono quindi disponibili $3^5 \times 2^3 = 1.944$

L'unità trasmittente

Il trasmettitore adatto ai ricevitori qui descritti è un prodotto che si può acquistare già montato e collaudato da varie aziende, perché è standardizzato; un buon abbinamento può essere ottenuto usando i modelli TX1CSAW (monocanale) e TX2CSAW della Futura Elettronica (www.futurashop.it) operanti entrambi a 433,92 MHz e aventi una potenza di 2 mW.



combinazioni di codifica. Da quanto appena detto consegue che l'attivazione dei relé viene effettuata in funzione dello stato di una sola uscita dati che, opportunamente legata allo stato della linea VT, permette di agire sul primo relé piuttosto che sul secondo. Per quanto i due moduli siano funzionalmente simili, la piedinatura e le dimensioni del D2MB differiscono leggermente da quelle del D1MB: ad esempio, i dati da decodificare vanno al piedino 9 mentre la rete di ritardo nel rilascio delle uscite fa capo al pin 10. Infine le due uscite monostabili vanno ai pin 12 e 13 mentre le uscite bistabili si trovano sui pin 17 e 18.

per il

MATERIALE

I ricevitori proposti in queste pagine sono disponibili in scatola di montaggio al prezzo di Euro 23,00 (FT713K, monocanale) e 35,00 Euro (FT712K, bicanale). I kit comprendono tutti i componenti, le minuterie ed i due moduli Aurel. I ricevitori sono disponibili anche già montati e collaudati al prezzo di 26,00 Euro (FT713M, monocanale) e 40,00 Euro (FT712M, bicanale). I telecomandi (cod. TXC1SAW e TXC2SAW) sono disponibili già montati e collaudati al prezzo di 20,00 e 22,00 Euro. Tutti i prezzi sono comprensivi di IVA.

Il materiale va richiesto a: Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)

Tel: 0331-799775 ~ Fax: 0331-778112 ~ <http://www.futurashop.it>

Brandeggio a due assi con servocontrolli

di *Mirco Segatello*

Consente di comandare due servocontrolli da modellismo, con i quali realizzare un semplice brandeggio a due assi. E' possibile definire lo stato di ciascun servo in modo indipendente o congiunto e di memorizzare differenti posizioni richiamabili in seguito. Ideale per il puntamento di minitelecamere oppure di piccoli generatori luminosi.

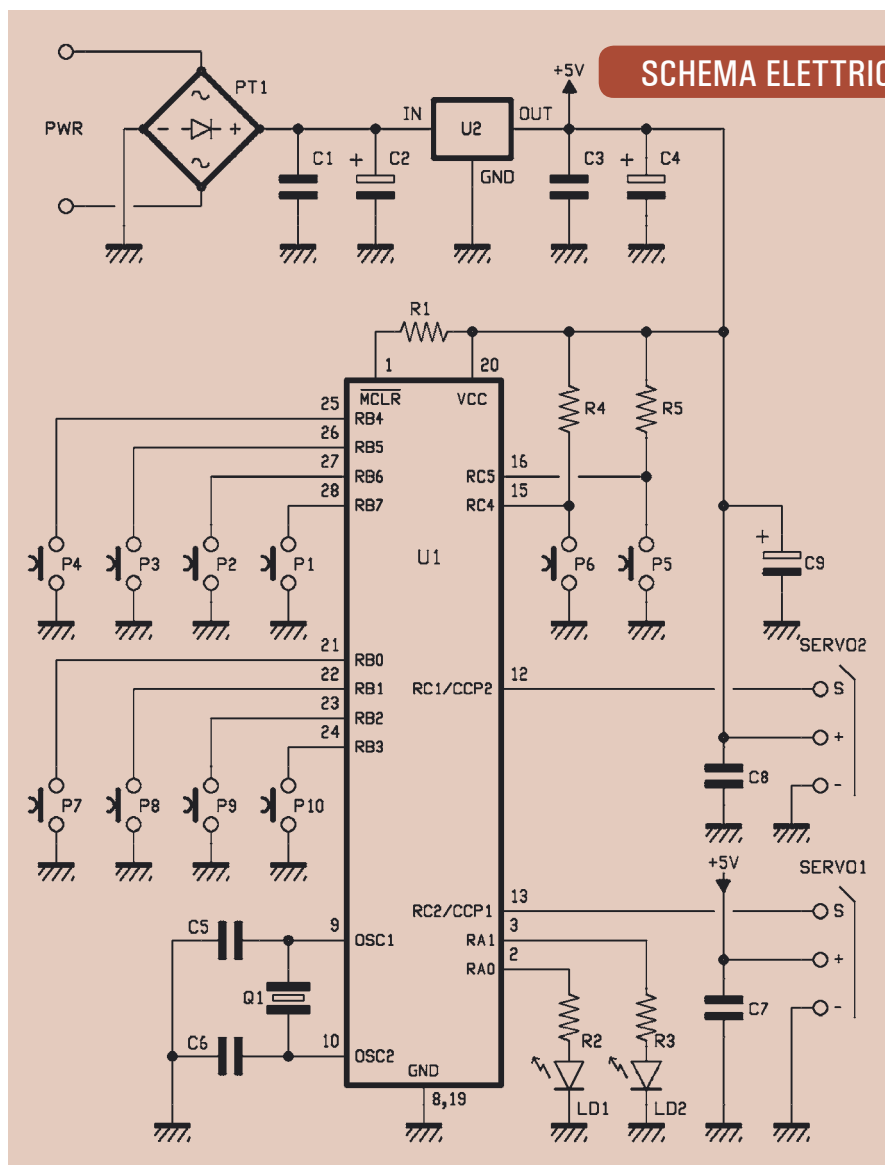
Chi ci segue da qualche anno sa che siamo sempre stati interessati all'argomento "robotica", in tutte i suoi aspetti: proprio recentemente, infatti, (sul fascicolo 116) abbiamo pubblicato un articolo relativo ad un semplice braccio robotizzato i cui movimenti fondamentali vengono realizzati tramite cinque servocomandi per uso modellistico. In quella circostanza abbiamo avuto un'ulteriore conferma di quanto i servocomandi, confidenzialmente chiamati "servo", siano molto versatili e facili da utilizzare anche in applicazioni di uso più

quotidiano, oltre che per robotica e modellismo. Abbiamo pertanto pensato di realizzare un semplice progetto che avesse una certa valenza didattica per quanti fossero interessati ad approfondire l'argomento relativo al controllo dei servo, e che inoltre presentasse svariate possibilità di impiego pratico. L'idea più immediata (e realizzata in pratica) è stata quella di progettare un semplice posizionatore a due assi, (di per sé abbastanza ovvio se si dispone di due servocomandi) che abbiamo anche voluto utilizzare in pratica realizzando un semplice brandeggio per microtelecamere. ➤

Analizziamo immediatamente questo progetto in ogni sua parte.

Schema elettrico

Il circuito, in verità molto semplice, è riconducibile a due blocchi: quello di alimentazione e quello di controllo, quest'ultimo costituito dal microcontrollore PIC16F876 della Microchip, scelto perché dispone di due uscite PWM programmabili (CCP1 e CCP2). Lo stadio di alimentazione è classico: la tensione in ingresso (AC o DC) giunge al circuito di filtro e stabilizzazione (C1 e C2) passando attraverso il ponte raddrizzatore PT1. La tensione continua livellata ai capi di C2 viene poi abbassata a 5 V tramite U2, un comune 7805, sulla cui uscita il filtro capacitivo C3-C4 effettua un'ulteriore pulizia del ripple residuo. La tensione di 5 V così ottenuta è perfettamente stabilizzata e idonea ad alimentare sia il microcontrollore che i due servo. L'alimentatore così realizzato può ricevere tensione sia in continua che in alternata senza la necessità di rispettare la polarità. In alternata può essere alimentato tramite il secondario di un trasformatore da 9 volt con potenza di 10÷15 VA. Per alimentarlo in continua, invece, potete utilizzare un economico adattatore universale non stabilizzato da 15-20 W, impostando una tensione di uscita di 9 volt. Vediamo ora il blocco relativo al microcontrollore, cui sono connessi 10 pulsanti, il circuito di clock formato da un quarzo (Q1) e due condensatori (C5 e C6), due led di segnalazione (LD1 ed LD2) ed infine i connettori per i servo (SERVO1 e SERVO2). I led vengono utilizzati per segnalare lo stato del circuito durante le fasi di memorizzazione delle posizioni, spiegate un po' più avanti. I condensatori C6 e C7, applicati in prossimità dei connettori SERVO1 e SERVO2, hanno lo scopo di filtrare il rumore elettrico generato dai motori dei servo durante il normale funzionamento.



Firmware

Prima di vedere come funziona il programma di questo progetto, è necessario capire quali sono le funzioni svolte. Innanzitutto i due servocomandi possono essere azionati manualmente tramite i pulsanti P1-P2 (indietro-avanti del primo servo) e P3-P4 (indietro-avanti del secondo servo). Inoltre il sistema può memorizzare e richiamare tre coppie di posizioni x-y per i due servo: il pulsante P5 avvia la memorizzazione mentre i pulsanti P8-P9-P10 servono sia per selezionare la locazione di memoria su cui salvare la combinazione di interesse (Mem1, Mem2 e Mem3), sia per richiamarla in seguito. Infine è stata

prevista la possibilità di memorizzare tre posizioni per il servo 1 e tre per il servo 2: P5 avvia la procedura di memorizzazione, P8-P9-P10 definiscono le locazioni di memoria su cui salvare le tre posizioni del primo servo (Mem4, Mem5 e Mem6) o del secondo (Mem7, Mem8 e Mem9), P6 e P7 definiscono il servo del quale si sta memorizzando la posizione oppure richiamiamo in sequenza le posizioni memorizzate. Riassumendo, nelle locazioni Mem1÷3 sono memorizzate le posizioni congiunte (Servo1+Servo2), mentre nelle locazioni Mem4÷6 (servo1) e Mem7÷9 (servo2) si trovano le posizioni individuali dei servo. Dopo questa premessa, possiamo iniziare a de-

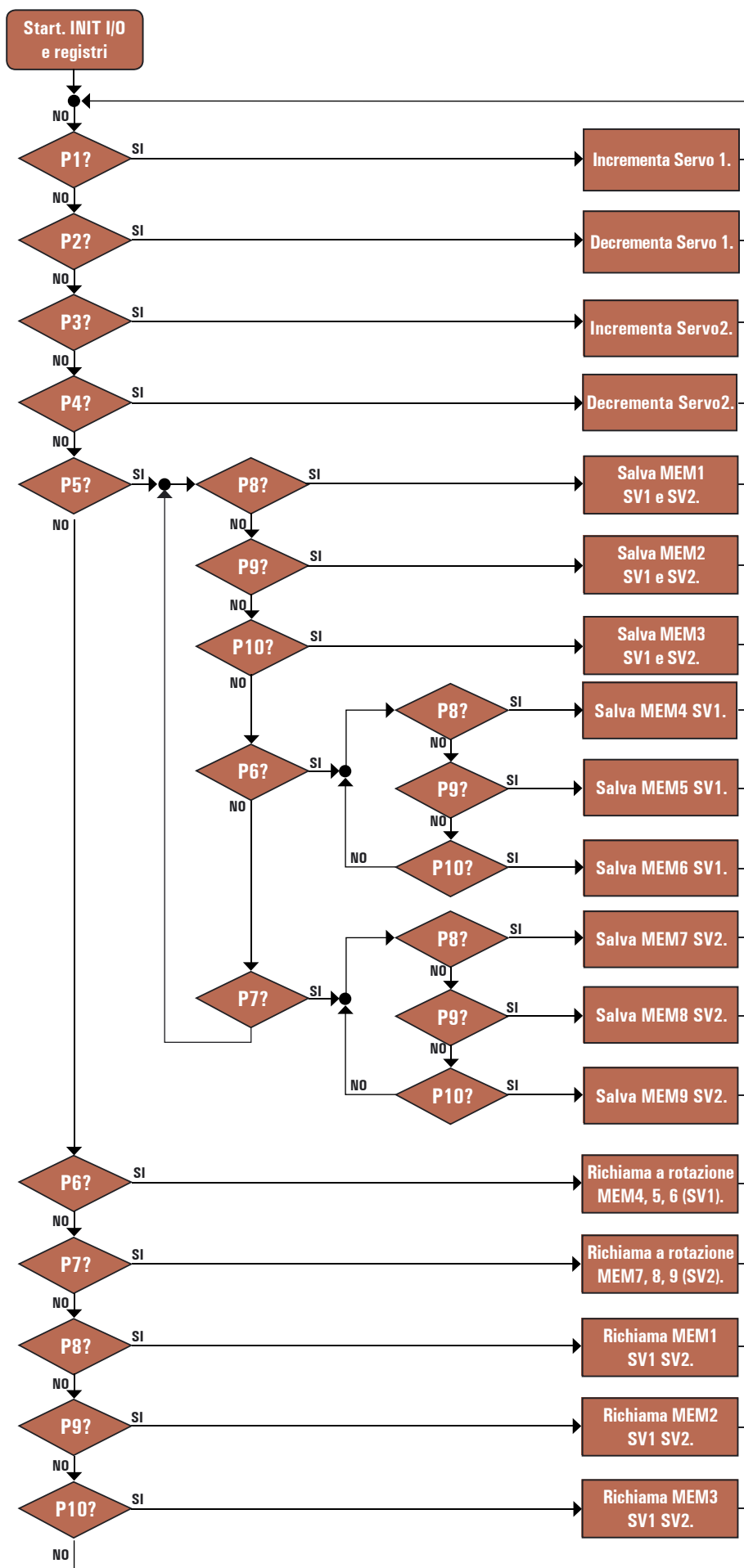


Figura 1 - Il diagramma di flusso del firmware è abbastanza semplice. Il concetto base è che lo stato di un pulsante definisce un'azione specifica come ad esempio avviene con P1, o una nuova possibilità di scelta come nel caso di P5, che devia il programma dal ciclo principale ad un loop secondario. La sintassi Px? (vedi P1?, P2?...) è applicabile solo ai pulsanti e deve essere letta come "il pulsante Px è premuto?", domanda la cui risposta può essere SI o NO.

scrivere il flusso delle operazioni logiche, facendo riferimento al diagramma di Figura 1. La prima serie di operazioni è rappresentata dalla configurazione dei pin di I/O e dei registri del microcontrollore: non appena essa termina, il programma inizia ad eseguire il loop principale in cui controlla ciclicamente lo stato dei 10 pulsanti. I primi ad essere controllati sono P1, P2, P3 e P4, tramite i quali viene effettuato il posizionamento manuale del servo. Quando uno di essi è premuto, il programma chiama la subroutine relativa quindi posiziona il servo e termina la sub, riprendendo dall'inizio del ciclo principale.

Una volta effettuato il posizionamento manuale, il programma controlla P5 al quale è affidato il compito della gestione delle memorie: descriveremo questa operazione per ultima. A questo punto vengono verificati gli stati di P6 e P7: il primo richiama in sequenza le memorie Mem4÷6 (posizioni del servo 1), il secondo le memorie Mem7÷9 (servo 2); entrambi producono l'effetto di riposizionare il servo secondo i nuovi valori di posizione letti dalle memorie. Infine, come da diagramma di flusso, le pressioni di P8, P9 o P10 determinano il richiamo delle subroutine che leggono le memorie Mem1, Mem2 e Mem3 e riposizionano i due servo contemporaneamente. Il loop principale riprende sempre dall'inizio ogni volta che l'ultimo pulsante ➤

Listato 1

In questa sezione abbiamo voluto riportare e commentare tutto il codice sorgente affinché possiate avere una panoramica completa di come funziona questo controllo per due servi. Il listato è strutturato in quattro blocchi principali: **main2** è il loop che controlla se i pulsanti sono premuti, **main** verifica se i pulsanti sono rilasciati. Le routine che iniziano per **SV** (ad esempio **SV1_UP**) posizionano manualmente i servi. Quelle che invece iniziano con **PUSH** (ad esempio **PUSH_P8**) salvano posizioni in memoria oppure le richiamano dalla stessa. La scelta della locazione di memoria in cui leggere o scrivere orbita attorno alle variabili di servizio **MEM**, **mem1**, **mem2**, **TOG1** e **TOG2**.

```
*****
* Name:697.BAS
* Author : Mirco Segatello
* Date : 16/08/2007
* Version : 1.0
* Notes : for PIC16F876A
*****
```

```
-----
' Impostazioni di programmazione
'-----
```

```
@ DEVICE XT_OSC
@ DEVICE BOD_OFF
@ DEVICE LVP_OFF
@ DEVICE CPD_OFF
@ DEVICE WDT_OFF
@ DEVICE WRT_OFF
```

```
DATA @0,150,150,150,150,150,150,150,150,150,150,150
```

```
-----
' Definizione registri
'-----
```

```
DEFINE OSC 4 ' Specifica clock a 8MHz
TRISA = %11111100 ' RA0-RA1 out
TRISB = %11111111 ' RB0-RB7 in
TRISC = %11111001 ' RC1-RC2 out
low OPTION_REG.7 ' Abilita RBPU
symbol P1 = PORTB.7 ' Pulsante P1
symbol P2 = PORTB.6 ' Pulsante P2
symbol P3 = PORTB.5 ' Pulsante P3
symbol P4 = PORTB.4 ' Pulsante P4
symbol P10 = PORTB.3 ' Pulsante P10
symbol P9 = PORTB.2 ' Pulsante P9
symbol P8 = PORTB.1 ' Pulsante P8
symbol P7 = PORTB.0 ' Pulsante P7
symbol P5 = PORTC.5 ' Pulsante P5
symbol P6 = PORTC.4 ' Pulsante P6
symbol SV1 = PORTC.2 ' Servo1
symbol SV2 = PORTC.1 ' Servo2
symbol LED1 = PORTA.0 ' LED1
symbol LED2 = PORTA.1 ' LED2
```

```
-----
' Definizione variabili
'-----
```

```
PORTA = 0
PORTB = 0
PORTC = 0
MEM var byte
MEM1 var byte
MEM2 var byte
TOG1 var byte
TOG2 var byte
SV1_Pos var byte
SV2_Pos var byte
```

```
-----
' Impostazioni iniziali
'-----
read 0, SV1_Pos
read 1, SV2_Pos
TOG1 = 0
TOG2 = 0
```

```
-----
' Programma principale
' Controlla se i pulsanti sono premuti.
'-----
```

```
main2 ' Inizio loop princ.
pulsout SV1, SV1_Pos ' Pos. Default SV1.
pulsout SV2, SV2_Pos ' Pos. Default SV2.
pause 12 ' Attesa.
if P1=0 then goto SV1_UP ' Controllo pulsanti.
if P2=0 then goto SV1_DW ' Ad ogni pulsante
if P3=0 then goto SV2_UP ' viene associata una
if P4=0 then goto SV2_DW ' subroutine dedicata.
if P8=0 then goto PUSH_P8
if P9=0 then goto PUSH_P9
if P10=0 then goto PUSH_P10
if P6=0 then goto PUSH_P6
if P7=0 then goto PUSH_P7
if P5=0 then ' Per P5 è differente.
low led2 ' Se P5 è premuto
pause 10 ' spegne led 2,
high led1 ' attende 10 msec,
MEM =1 ' accende led1,
mem1 =0 ' configura variabili
mem2 =0 ' di servizio
goto main
endif
goto main2 ' e devia verso loop
' secondario.
' Ripete il ciclo.
```

```
-----
' Loop secondario: controlla se tutti
' i pulsanti sono rilasciati.
'-----
```

```
main ' Inizio loop.
pulsout SV1, SV1_Pos ' Mantiene pos. SV1.
pulsout SV2, SV2_Pos ' Mantiene pos. SV2.
pause 15 ' Attende...
' Nessun puls. premuto.
' Ritorna loop princ.
if PORTB=255 and P5=1 and P6=1 then goto main2
goto main ' Ripete loop
```

```
-----
' Sottoprogramma spostamento manuale
'-----
```

```
SV1_UP ' Incrementa SV1.
if SV1_Pos<230 then SV1_Pos = SV1_Pos+1
goto main2 ' Ritorna al princ.
```

(P10) risulta a riposo oppure ogni volta che la pressione di un qualsiasi pulsante ha determinato l'esecuzione di una particolare subroutine. Avevamo lasciato in sospenso la funzione di memorizzazione svolta da P5 che, quando viene premuto, fa deviare il programma dal loop principale ad un loop secondario:

in questo loop vengono dapprima salvate le posizioni attuali dei due servo, posizioni che sono state variate in precedenza tramite i pulsanti da P1 a P4 e che ora possono essere salvate in modo congiunto (si memorizzano entrambe in una delle tre locazioni di memoria doppie Mem1, 2 e 3) o indipendente (tre posizioni

relative al servo 1 in Mem4÷6 e tre relative al servo 2 in Mem7÷9, per un totale di sei locazioni di memoria singole). Il loop procede controllando in sequenza i soli pulsanti P8, P9, P10, P6 e P7 che, in questo caso, richiamano le subroutine di scrittura in memoria. La pressione di P8, P9 e P10 richiama la subroutine che dap-

```

SV1_DW      ' Decrementa SV1.
IF SV1_Pos>70 then SV1_Pos = SV1_Pos-1
goto main2  ' Ritorna al princ.

SV2_UP      ' Incrementa SV2.
if SV2_Pos<230 then SV2_Pos = SV2_Pos+1
goto main2  ' Ritorna al princ.

SV2_DW      ' Decrementa SV2.
IF SV2_Pos>70 then SV2_Pos = SV2_Pos-1
goto main2  ' Ritorna al princ.

```

```

'-----
' Sottoprogramma memorie
' Richiama le memorie salvate in precedenza
' oppure salva le nuove posizioni dei servi
'-----
PUSH_P8      ' Controlla P8
if mem=0 and mem1=0 and MEM2=0 then ' Nessun flag.
  read 0, SV1_Pos
  read 1, SV2_Pos
endif
if MEM=1 then
  write 0, SV1_Pos
  write 1, SV2_Pos
  low LED1
  MEM=0
endif
if mem1=1 then
  write 6, SV1_Pos
  low led2
  mem1=0
endif
if mem2=1 then
  write 7, SV2_Pos
  low led2
  mem2=0
endif
goto main    ' Pulsanti a riposo?

PUSH_P9      ' Controlla P9.
if mem=0 and mem1=0 and MEM2=0 then ' Nessun flag.
  read 2, SV1_Pos
  read 3, SV2_Pos
endif
if MEM=1 then
  write 2, SV1_Pos
  write 3, SV2_Pos
  low LED1
  MEM=0
endif
if mem1=1 then
  write 8, SV1_Pos
  low led2
  mem1=0
endif
if mem2=1 then
  write 9, SV2_Pos
  low led2
  mem2=0
endif
goto main    ' Pulsanti a riposo?

PUSH_P10     ' Controlla P10.
if mem=0 and mem1=0 and MEM2=0 then ' Nessun flag.
  read 4, SV1_Pos
  read 5, SV2_Pos
endif
if MEM=1 then
  write 4, SV1_Pos
  write 5, SV2_Pos
  low LED1
  MEM=0
endif

```

```

endif
if mem1=1 then
  write 10, SV1_Pos
  low led2
  mem1=0
endif
if mem2=1 then
  write 11, SV2_Pos
  low led2
  mem2=0
endif
goto main    ' Pulsanti a riposo?

```

```

'-----
' Sottoprogramma singolo
' Richiama in sequenza tre posizioni per
' SV1 e tre per SV2 oppure
' seleziona il servo di cui si vuole salvare
' la posizione attuale.
'-----
PUSH_P6      ' Controlla P6.
if TOG1>2 then TOG1=0
' Azzerato TOG1 se >2.

if mem=0 and mem1=0 then
  select case TOG1
    case 0
      read 6, SV1_Pos
    case 1
      read 8, SV1_Pos
    case 2
      read 10, SV1_Pos
  end select
  TOG1=TOG1+1
endif
' Incrementa TOG1

if mem=1 then
  low led1
  pause 10
  high led2
  mem =0
  MEM1 =1
  mem2 =0
endif
goto main    ' Pulsanti a riposo?

'-----
PUSH_P7      ' Controlla P7.
if TOG2>2 then TOG2=0
' Azzerato TOG2 se >2.

if mem=0 and mem2=0 then
  select case TOG2
    case 0
      read 7, SV2_Pos
    case 1
      read 9, SV2_Pos
    case 2
      read 11, SV2_Pos
  end select
  TOG2=TOG2+1
endif
' Incrementa TOG2

if MEM=1 then
  low led1
  pause 10
  high led2
  mem =0
  mem1 =0
  MEM2 =1
endif
goto main    ' Pulsanti a riposo?

```

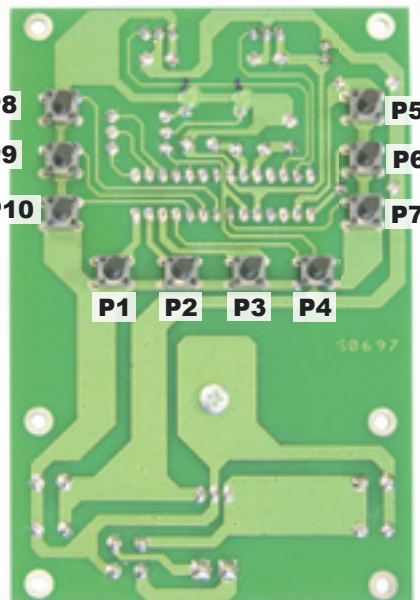
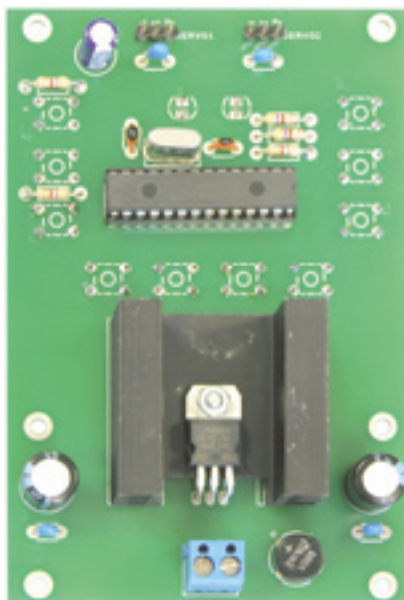
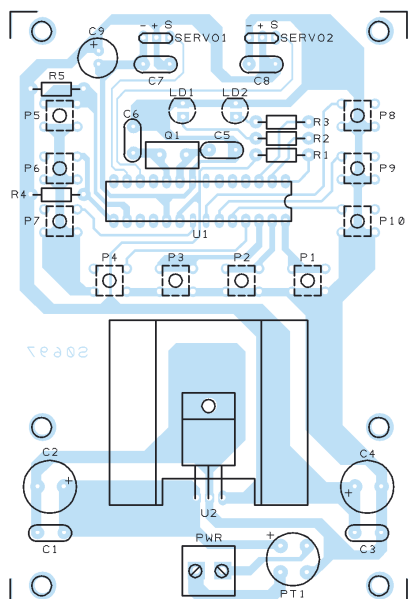
prima salva le coppie di posizioni in Mem1, 2 e 3 e successivamente termina l'esecuzione del loop secondario e fa riprendere dall'inizio il loop principale. La pressione di P6 o P7, invece, determina l'esecuzione di un terzo loop che attende in continuazione la pressione di P8, P9 o P10: quando uno di questi è

attivo, il programma richiama la sub che memorizza le tre posizioni relative al primo servo (Mem4÷6, decise con la pressione di P6) o al secondo (Mem7÷9, decise con P7). Come potete constatare, il programma è piuttosto lungo, ma per nulla complesso in quanto ripropone sempre lo stesso concetto di "controllo

un pulsante e decido l'azione". Nel Listato 1 abbiamo riportato tutto il codice sorgente commentato. Il file può anche essere scaricato dal sito della rivista (www.elettronica.in.it).

Realizzazione pratica

In considerazione dell'esiguo numero di componenti utilizzati, peraltro ➤



ELENCO COMPONENTI:

R1, R4, R5: 4,7 kohm
 R2, R3: 470 ohm
 C1, C3, C7, C8: 100 nF multistrato
 C2: 470 μ F 25 VL elettrolitico
 C4: 1000 μ F 16 VL elettrolitico
 C5, C6: 22 pF ceramico
 C9: 220 μ F 16 VL elettrolitico
 Q1: quarzo 4 MHz
 U1: PIC16F876A (MF697)
 U2: 7805
 PT1: Ponte diodi W08M

LD1, LD2: led 5 mm verde
 P1÷P10: Microswitch

Varie:

- Morsetteria 2 poli
- Zoccolo 14+14
- Dissipatore
- Vite 10 mm 3 MA
- Dado 3 MA
- Strip maschio 3 pin (2 pz.)
- Circuito stampato

Il circuito (qui riprodotto al 70% delle dimensioni reali) impiega solo componenti ad inserzione ed è pertanto piuttosto semplice da realizzare. I pulsanti ed i led vanno montati sul lato piste, in modo da facilitare l'inserimento del PCB in un contenitore. Collegando i servocontrolli sui jumper SERVO1 e SERVO2, fate riferimento alla tabella sottostante.

Serigrafia circuito	Colore filo del servo
S	Giallo o arancio
+	Rosso
-	Nero o marrone

tutti ad inserzione, siamo sicuri che il montaggio di questo circuito non sarà assolutamente problematico, a patto che venga rispettato il verso corretto di inserimento di tutti i componenti polarizzati come condensatori elettrolitici, diodi e zoccoli. Una volta in possesso del circuito stampato, realizzato con la tecnica della fotoincisione (il master in formato 1:1 è come sempre disponibile sul nostro sito), potrete iniziare a saldare i componenti a più basso profilo come le resistenze, lo zoccolo, i condensatori non polarizzati ed il ponte di diodi. Procedete quindi con i condensatori elettrolitici ed i jumper SERVO1 e SERVO2 (pin

strip a tre contatti a passo 2,54 mm). Per ultimo va fissato lo stabilizzatore di tensione U2, i cui pin devono essere piegati a 90° come visibile sul piano di montaggio. Notate che il corpo metallico di U2 è posto a contatto di un idoneo dissipatore, quindi è indispensabile fissare meccanicamente stabilizzatore, dissipatore e circuito stampato tramite una vite da 3 MA di lunghezza adeguata e relativo dado (fate ancora una volta riferimento alla fotografia riportata sul pino di montaggio). I pulsanti e i diodi LED non sono saldati sul lato componenti, bensì sul lato saldatore: in questo modo sarà più facile inserire in seguito il circuito in un

eventuale contenitore, dal quale far fuoriuscire pulsanti e led. A questo punto potrete inserire nel relativo zoccolo il microcontrollore che avrete in precedenza programmato con il firmware (MF697.hex) scaricato dal sito, sia innestare i due servo sui rispettivi connettori (attenzione al verso: aiutatevi sempre con il piano di montaggio e la tabella della pin-out). Un ultimo sguardo al circuito, per avere la certezza di non avere commesso errori e siete pronti per accenderlo ed utilizzarlo. Il circuito assorbe in totale circa 200÷800 mA (a seconda del modello di servocontrollo utilizzato) quando entrambi i dispositivi sono in movimento; in

posizione, invece, l'assorbimento si riduc notevolmente.

Funzionamento

Siamo giunti alla parte pratica, dove finalmente possiamo premere i pulsanti e vedere cosa succede. Per la loro disposizione, fate riferimento alla Figura 2. La prima volta che il circuito viene acceso i servo vengono portati verso la posizione centrale. Successivamente essi verranno posizionati in relazione alla prima posizione in memoria (Mem1). Premendo i pulsanti P1 o P2 è possibile far muovere il servo N° 1 manualmente, mentre i pulsanti P3 e P4 permettono di posizionare il servo N° 2. Finché il pulsante è premuto si ottiene lo spostamento del servo, rilasciandolo il servo mantiene la posizione: è possibile comandare un solo servo alla volta e la rotazione massima è di $\pm 90^\circ$ circa a seconda del modello utilizzato. Dopo aver posizionato i servo nella posizione desiderata, è possibile memorizzare tale posizione per eventualmente richiamarla velocemente in un secondo momento. Vediamo ora come memorizzare le posizioni congiunte, ossia di entrambi i servo. Premendo il pulsante P5 si abilita il salvataggio in memoria, stato evidenziato dall'accensione del led LD1; ora è possibile premere uno dei pulsanti P8, P9, P10 corrispondenti alle tre posizioni in memoria (Mem1, Mem2 o Mem3): LD1 si spegne per indicare l'avvenuta memorizzazione. La procedura può essere ripetuta più volte ed ogni volta la posizione di memoria scelta viene sovrascritta con i nuovi dati. Tutte le memorie vengono conservate anche allo spegnimento del circuito, ma alla successiva riaccensione i servo sono portati nella posizione relativa alla prima memoria (Mem1). A questo punto premete a caso i pulsanti P8, P9, P10 e verificate che ogni volta i servo si muovano verso le posizioni che avete memorizzato.

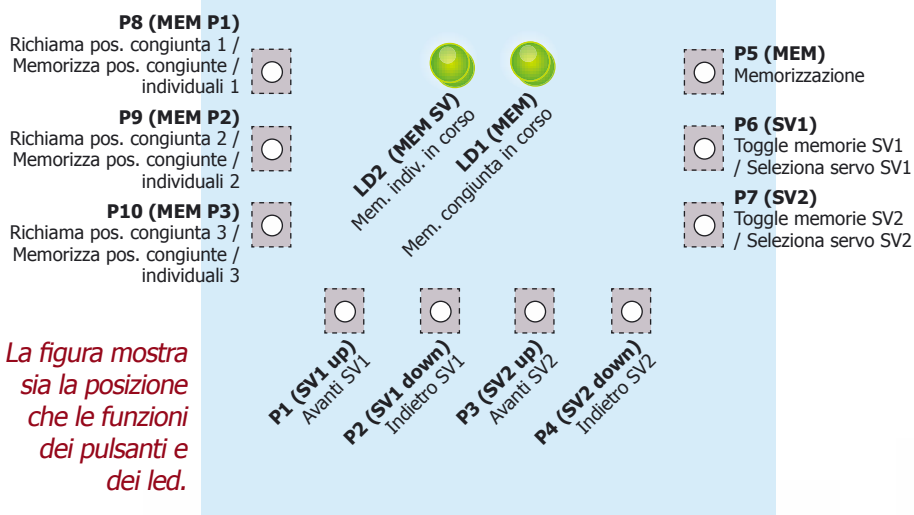
Descriviamo ora la procedura che permette di salvare in memoria la posizione di ogni singolo servo. Dopo aver riposizionato il servo, si preme il pulsante P5 per abilitare il salvataggio: il LED1 si accende. A questo punto, premendo il pulsante P6, si informa il programma che la posizione in corso di memorizzazione è pertinente al servo 1; analogamente P7 si riferisce al servo 2. LED1 si spegne mentre si accende LED2 ad indicare l'attesa per la posizione in memoria dove effettuare il salvataggio. Premendo uno dei pulsanti P8, P9, P10 il dato viene effettivamente salvato nella posizione corrispondente ed il LED2 si spegne. In questo modo sono disponibili tre memorie indipendenti per ciascun servo, memorie facilmente richiamabili in sequenza premendo rispettivamente il pulsante P6 per il servo 1 e P7 per il servo 2. In altre parole, ad ogni pressione, ad esempio di P6, il servo 1 viene mosso di volta in volta verso le tre posizioni memorizzate. Premendo i pulsanti P8, P9, P10 è sempre possibile riposizionare entrambi i servo in corrispondenza della posizione memorizzata tramite la prima procedura. In totale sono quindi disponibili tre memorie congiunte e tre memorie singole per ciascun servo. La tabella

riassume i comandi a disposizione ed eventualmente, per meglio comprendere le procedure, si può visionare il file video disponibile sul sito della rivista (www.elettronica.in.it).

Utilizzo

Poiché questo progetto realizza un semplice sistema di posizionamento x-y, esso può essere utilizzato in pratica per ottenere un sistema di puntamento di una telecamera o di un raggio laser. Quale che sia la vostra applicazione dovreste in ogni caso predisporre una piccola struttura meccanica di supporto su cui montare i due servocontrolli in modo che uno ruoti sull'asse verticale (posizionamento sinistra-destra) e l'altro sull'asse orizzontale (posizionamento alto-basso): in questo modo una piccola videocamera potrebbe coprire una visuale di circa 120° sia in verticale che in orizzontale. Nel caso stiate utilizzando una microtelecamera e dei servocontrolli di dimensioni molto contenute (noi abbiamo scelto il servo MOTSER2 e la microcamera FR417 della Futura Elettronica), il montaggio può essere effettuato realizzando una struttura di piccole dimensioni, che consta di tre elementi di vetronite monofaccia non presensibilizzata: in Figura 3 abbiamo riportato il piano di taglio ➤

Fig. 2



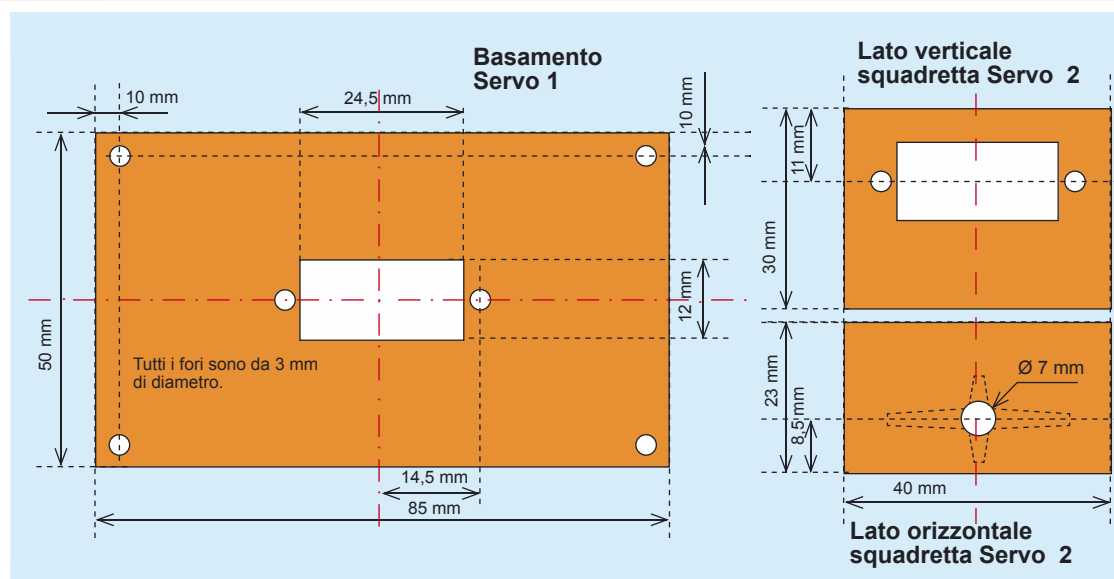


Fig. 3

Forma e dimensioni delle tre piastre di vetronite monofaccia utilizzate per realizzare il nostro mini brandeggio. Il disegno non è in scala reale.

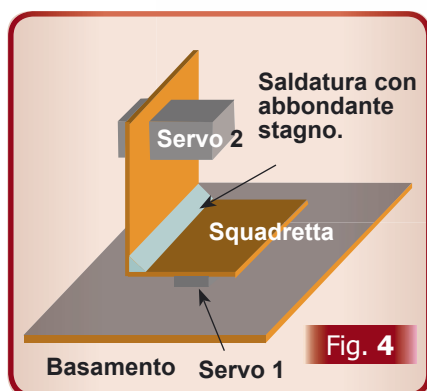


Fig. 4

Le squadrette vanno saldate cercando di realizzare un angolo di 90° esatti.

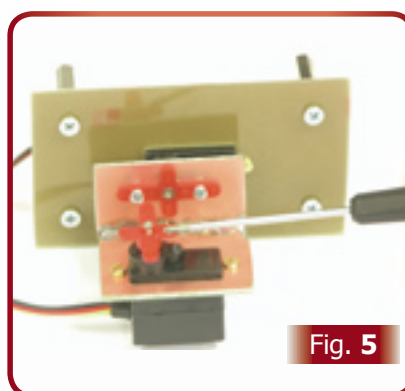


Fig. 5

La crocetta del primo servo va fissata alla squadretta mediante due viti a testa croce.

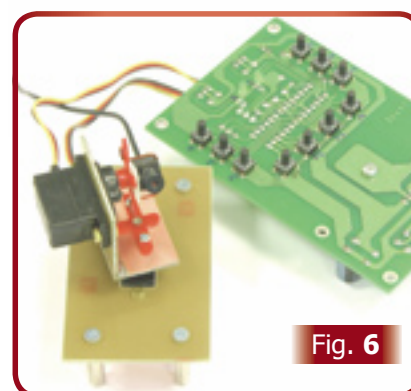


Fig. 6

La microtelecamera è fissata alla crocetta del secondo servo mediante del nastro biadesivo.

delle tre piastre. Il montaggio deve essere effettuato secondo lo schema pratico di Figura 4 mentre nelle Figure 5 e 6 sono visibili la struttura montata e il sistema completo, dopo che la microtelecamera è stata fissa-

ta sulla crocetta del secondo servo sia con del nastro biadesivo che con del filo di rame molto sottile. La nostra struttura è stata realizzata in funzione delle dimensioni dei servo utilizzati nonché di quelle della te-

lecamera. Ovviamente, facendo ricorso ad altri modelli, le dimensioni delle piastre dovranno essere opportunamente modificate. In ogni caso è sempre conveniente fare ricorso a delle basette ramate.

per il

MATERIALE

Il materiale utilizzato per la realizzazione di questo progetto è facilmente reperibile presso qualsiasi negozio di elettronica. Il master in formato 1:1 ed il firmware utilizzato per programmare il micro possono essere scaricati gratuitamente dal sito della rivista (www.elettronica.in.it). Il microcontrollore può anche essere acquistato già programmato (cod. MF697) al costo di 15,00 Euro. I due servocontrolli (cod. MOTSER2) e la microtelecamera (cod. FR417) sono acquistabili rispettivamente al prezzo di 15,00 e 120,00 Euro. Tutti i prezzi sono comprensivi di IVA.

Il materiale va richiesto a: Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)

Tel: 0331-799775 ~ Fax: 0331-778112 ~ <http://www.futurashop.it>

Mambo, la prova pratica col nuovo firmware

di **Alessandro Orlando**



Analizziamo le nuove funzioni della versione firmware 1.0.3. Ne verifichiamo poi il corretto funzionamento tramite un file di configurazione che, ogni due minuti, invia al servizio di localizzazione on-line www.gpstracer.net un messaggio di posta elettronica contenente data, ora e posizione.

Nel corso dell'articolo pubblicato sul fascicolo precedente abbiamo spiegato in dettaglio la procedura da utilizzare per aggiornare il firmware del Mambo tramite un programma di emulazione terminale, nella fattispecie il classico HyperTerminal. Tipicamente, l'aggiornamento del firmware è necessario quando si vogliono aggiungere nuove funzioni o correggere errori di programmazione in un dispositivo. Nel nostro caso, la nuova release corregge dei bachi (errori di programma) e aggiunge delle nuove funzioni. Vediamo insieme le variazioni più importanti.

La nuova release

Le differenze tra le due release, senza considerare le versioni precedenti o intermedie (chiamate BETA), sono molteplici e alcune di esse sono compatibili solo con l'ultima versione hardware "1E2". Per sapere quale versione di hardware è presente nel vostro Mambo, potete utilizzare il WorkBench attraverso la finestra CONSOLE, tramite la quale è possibile visualizzare il traffico dati da e per il Mambo. Il comando da inviare affinché il localizzatore comunichi la versione HW è

\$PFAL,MSG.Version.Complete.

Nota per l'aggiornamento del firmware



Dopo aver pubblicato il fascicolo precedente, abbiamo continuato a eseguire le nostre prove e verifiche, nel corso delle quali ci siamo resi conto di un fatto importante che non è stato citato nella precedente puntata che, ricordiamo, riguarda l'aggiornamento del firmware del MAMBO. Abbiamo verificato che in alcuni rari casi, il dispositivo si blocca durante la fase di aggiornamento e ciò è dovuto, essenzialmente, a due ragioni: la batteria scarica e la perdita della connessione Bluetooth. Sfortunatamente, quando ciò si verifica, pur riattivando la connessione e riaprendo una sessione di HyperTerminal, non è più possibile inviare il file di reset ne-

cessario per porre il Mambo in modalità RedBoot (indispensabile per avviare l'aggiornamento). In questo caso occorre eseguire una semplice procedura manuale che consta di due fasi: nella prima si apre il collegamento Bluetooth e si avvia la sessione HyperTerminal, mentre nella seconda si devono pigiare contemporaneamente tutti i tre pulsanti del localizzatore per forzare manualmente la modalità RedBoot. Da questo momento è possibile utilizzare la procedura già vista nella puntata precedente, ossia digitare sulla tastiera del PC:

"CRTL-C"

quindi

"fload"

seguito da **ENTER** e inviare il file **"mambo_2.4.3_final.bin"** con il protocollo **1K Xmodem**.

Vediamo ora le più importanti tra le nuove funzioni implementate, tralasciando tutto ciò che concerne la risoluzione dei bachi firmware.

Beep Signal e Spy Call

Questa funzione è utilizzabile solo con hardware 1E2. Come facilmente intuibile dal nome, essa consente al Mambo di porsi costantemente in modalità silenziosa anche durante l'accensione e di disattivare l'altoparlante lasciando però attivo il microfono. Risulta essere molto utile nelle applicazioni in ambito sicurezza per l'ascolto ambientale.

Il protocollo 3D

Tipicamente, tutti i ricevitori GPS calcolano la posizione riferita ad uno spazio invece che a una superficie, pertanto la posizione viene elaborata sui tre assi x-y-z. Semplificando al massimo tutti i concetti che stanno alla base del calcolo, dalle variabili assolute x-y-z vengono estratte Latitudine, Longitudine e Altitudine.

Il nuovo firmware è in grado di fornire anche l'informazione relativa all'Altitudine, espressa in metri. Questa nuova opzione è particolarmente utile nel caso in cui il dispositivo venga uti-

lizzato per esempio da alpinisti, escursionisti o amanti del volo a vela o con aerei ultraleggeri.

Dynamic Protocol

Anche questa funzione è supportata solo dall'hardware 1E2, ed era già presente anche nella precedente versione. Qui sono stati aggiunti due nuovi comandi: **&(SMSNUMBER)** e **&(STARTUPREASON)**. Il primo restituisce il numero del mittente di un SMS; il secondo, invece, il motivo per cui il Mambo si è acceso l'ultima volta.

In entrambi i casi, la comunicazione viene effettuata tramite un SMS di risposta. Le cause di riavvio dopo un stand by possono essere sia l'**Accensione** effettuata manualmente tramite pulsante sia quella automatica; quest'ultima può avvenire per effetto dello scadere di un **Timer**, della ricezione del segnale di **Ring** di una chiamata telefonica in corso, o del cambio di posizione (inteso come movimento fisico, **Motion**), sempre, comunque, durante lo stato di Stand-By.

Geofence Event

Si tratta di una nuova interessante funzione con la quale viene generato un

evento di segnalazione ogni qual volta il dispositivo entra in una delle aree di interesse precedentemente impostate. Tramite il Geofence Event è possibile definire degli SMS di allarme specifici per zona, ossia delle segnalazioni che vengono inviate quando il localizzatore entra ed esce da una delle aree di interesse memorizzate.

History

La funzione History era già presente nella precedente versione. Qui è stato aggiunto il nuovo comando **GPS.History.push** con il quale è possibile ottenere la cronologia completa delle posizioni memorizzate digitando il solo comando anziché più comandi in sequenza come avveniva nella precedente revisione. Il formato dei dati può essere scelto tra **"txt, rmc o bin"**.

TCP

Anche lo stack TCP era già presente. Sono state però implementate rispettivamente:

- la possibilità di inviare delle e-mail utilizzando la connessione Internet tramite il comando **MSG.send.SMTP**,
- la modalità di "invio sicuro" dei pacchetti tramite il comando **TCP.client.sendmode**, comando che permette di inviare i pacchetti dati in maniera veloce (senza controllo di corretta ricezione da parte del destinatario) o sicura (con controllo).

MSG.version.bios

Si tratta di un nuovo comando che consente di verificare la versione del Bios.

Eventi e stati (Events & States)

Facendo qualche passo indietro e ritornando agli articoli in cui avevamo descritto il primo set di comandi e alcuni esempi di script applicativi, ricorderete che tutto ciò che il Mambo può fare (se opportunamente configurato) è costituito da "eventi" e "stati", il verificarsi dei quali genera una serie di azioni definite dallo script di programma. In questa versione FW sono stati

Tabella 1 - Comandi di configurazione GPRS

Comandi	
1	\$PFAL,CNF.Set,TCP.SMTP.CONNECT=1,mail.libero.it,25
2	\$PFAL,CNF.Set,TCP.SMTP.FROM=tuonome@libero.it
3	\$PFAL,CNF.Set,TCP.SMTP.LOGIN="internet.wind",180,"","
4	\$PFAL,CNF.Set,GPRS.APN=internet.wind
5	\$PFAL,CNF.Set,GPRS.AUTOSTART=1

aggiunti degli eventi nuovi. Il primo è in grado rilevare l'invio o meno delle e-mail via SMTP (**TCP.SMTP.esend** e **TCP.SMTP.failed**); il secondo è il **Sys.power.voltage**, con il quale è possibile stabilire degli stati di allarme della tensione della batteria. Infine **GSM.GPRS.traffic** consente di stabilire la quantità di traffico GPRS rispetto ad un valore stabilito.

Tenete presente un particolare molto importante: noi ci siamo limitati a descrivere a livello generale solo alcuni dei cambiamenti apportati al firmware; in realtà le variazioni sono molte di più e comprendono anche le modifiche, le correzioni dei banchi di programma e le soppressioni di alcune locuzioni utilizzate nella precedente versione come per esempio la soppressione del parametro

sys.batt.charge mode

o la modifica del comando di reset durante la fase di aggiornamento da

sys.ZV.reset a **sys.CPU.reset**.

Sappiate che la lista completa di tutti i cambiamenti apportati è contenuta oltre che nella nuova versione del manuale di circa 250 pagine, nel CD allegato al prodotto.

Alcune prove pratiche

Dopo aver visto per sommi capi quanto offerto dal nuovo firmware, abbiamo voluto verificarne l'efficacia e l'affidabilità. Per fare ciò ci siamo serviti di un nuovo script di configurazione, realizzato proprio per questo scopo, in grado di inviare ogni due minuti un messaggio verso l'indirizzo di posta elettronica **mambo-gps@gpstracer.net**, collegato con il server **www.gpstracer.net**. A quanti non fossero ancora a conoscenza di tale server,

diciamo che si tratta di un servizio che Futura Elettronica mette a disposizione di tutti coloro che acquistano un localizzatore satellitare come il Mambo. Configurando opportunamente il localizzatore, questi può

inviare dei messaggi di posta elettronica, specifici per utente e totalmente riservati, che contengono le informazioni di identificazione dell'utente, dell'ora in cui il messaggio è stato inviato e della posizione geografica del localizzatore al momento dell'invio. Le e-mail vengono salvate sull'unità a disco del server e, all'occorrenza e previa procedura di riconoscimento utente tramite login e password (richieste nella home page di **www.gpstracer.net**), possono essere richiamati per visualizzare sul cartografico di Google Maps la posizione del localizzatore al momento dell'invio del messaggio.

Rispetto agli SMS, le e-mail sono di sicuro più economiche: basti pensare che la connessione GPRS con l'invio di e-mail può costare (a seconda del tipo di contratto) pochi Euro al giorno. Non potendo verificare ogni singolo contratto e gestore, per comodità noi abbiamo utilizzato un contratto Wind, con l'unica limitazione che ci impongono, ossia di avere un account di posta elettronica associato al dominio **libero.it**. Pertanto tutti i comandi che vedrete in seguito sono validi per il gestore Wind; con gestori differenti, deve essere variata la sola parte finale del comando, che rappresenta il campo "parametro del gestore di telefonia

mobile" e posizionato a destra del carattere "=".

Per la configurazione del localizzatore sono necessari pochi parametri: il primo e più importante è l'indirizzo di posta elettronica, che deve avere una struttura del tipo **tuonome@libero.it** e serve per identificare l'account. Oltre all'account di posta, Mambo necessita anche dei parametri SMTP.

Fate ora riferimento alla tabella 1. Il comando riportato nella riga 1 comunica al localizzatore che si deve connettere al server di posta elettronica di Libero (**mail.libero.it**) attraverso la porta 25.

Il comando riportato sulla seconda linea, invece, istruisce il Mambo relativamente all'indirizzo di posta elettronica del mittente. Si tratta di un comando estremamente importante poiché definisce quel parametro che il server di **www.gpstracer.net** utilizza per riconoscere il mittente della e-mail e per memorizzare, in seguito, il messaggio nella cartella assegnata al mittente. Come già accennato, l'indirizzo di posta al quale inviare le e-mail è uguale per tutti (**mambo-gps@gpstracer.net**) mentre il mittente è definito dall'indirizzo di posta elettronica personale.

L'ultimo parametro SMTP da impostare è il gateway su cui deve essere effettuato il "log in": in altre parole, il trasferimento del messaggio all'indirizzo **mambo-gps@gpstracer.net** al server di posta avviene attraverso il gateway di **internet.wind**.

Il comando preposto per questa operazione è riportato nella terza linea della Tabella 1.

Tabella 2 - Parametri di configurazione GPRS dei gestori italiani

PARAMETRO	TIM	VODAFONE	WIND
APN	ibox.tim.it	web.omnitel.it	internet.wind
Nome connessione	TIM	VODAFONE	WIND
Nome utente	Specifico per l'account di posta elettronica.	Specifico per l'account di posta elettronica.	Specifico per l'account di posta elettronica.
Password	Lasciare vuoto.	Lasciare vuoto.	Lasciare vuoto.
Indirizzo IP	Dinamico.	Dinamico.	Dinamico.
DNS primario	192.120.24.30	10.127.1.41	212.245.255.2
DNS secondario	Lasciare vuoto.	Lasciare vuoto.	Lasciare vuoto.

Quanto visto fino ad ora configura il servizio di posta elettronica, ma non è ancora abbastanza: è necessario configurare anche i parametri GPRS.

In particolare occorre comunicare al Mambo l'APN (Access Point Name, ossia "identificazione, nome") del gestore di telefonia, necessario per effettuare la registrazione in rete e per registrarsi automaticamente all'accensione. L'istruzione visibile nella quarta riga della tabella comunica l'APN mentre quella nella quinta riga impone la registrazione in rete automatica. Ricordiamo che per inviare o ricevere la posta attraverso un collegamento cellulare bisogna connettersi all'APN del provider di telefonia attraverso il suo gateway rispettando i parametri del gestore. È evidente che se cambiassimo SIM Card (per esempio TIM o VODAFONE) dovremmo cambiare i parametri rispettando quelli che vengono assegnati dal gestore stesso per l'accesso ad internet via GPRS e per l'invio di posta elettronica. A titolo informativo, in Tabella 2 abbiamo riportato i parametri dei tre gestori più importanti.

Configurazione del Mambo

Il file di configurazione che abbiamo utilizzato per provare il nuovo firmware deriva da quello già visto nell'articolo pubblicato sul fascicolo 119, in cui la Figura 2 riporta il diagramma di flusso completo: in quella circostanza, il localizzatore inviava ogni 5 minuti, a un cellulare prestabilito, un SMS contenente le informazioni "data, ora, posizione e veicolo fermo oppure in movimento con eventuale velocità". Qui abbiamo eliminato gli allarmi relativi all'invio degli SMS in caso di auto ferma e assenza di segnale GPS, mentre sono stati modificati i parametri relativi alla rete GPRS e ai

vari timer; infine è stato cambiato il mezzo utilizzato per inviare il messaggio, che ora è una e-mail al posto di un SMS. Relativamente ai timer, negli articoli precedenti si è parlato largamente di essi: ricorderete che si tratta di procedure molto importanti per l'esecuzione di routine cicliche. Prestate ora attenzione ai tre comandi riportati in Tabella 3, ognuno dei quali si riferisce a un evento di allarme preciso (AL1, AL4, AL6). La prima riga riporta il comando relativo all'allarme AL1 e, tradotta da "linguaggio Mambo" a italiano, significa che, all'accensione, il localizzatore imposta il TIMER_SLEEP a "0", il TIMER_BAT_MODE a "0" e il TIMER_SMS_INVIO a "120" (secondi). Per questo ultimo Timer abbiamo mantenuto lo stesso nome usato nell'articolo pubblicato sul fascicolo 119, dato che oggi come allora, esso scandisce l'invio di un messaggio (anche se ora si tratta di un messaggio di posta elettronica). La seconda riga è più concisa e definisce l'allarme AL4, che riporta a "120" secondi il TIMER_SMS (AL1) quando questi raggiunge il valore "0". Infine, nella terza riga, trovate il comando relativo all'AL6, allarme che comunica al Mambo di inviare all'indirizzo *mambo-gps@gpstracer.net* la stringa NMEA RMC, stringa che viene definita dal valore numerico "8" dopo l'indirizzo di posta. Tenete presente che il file di configurazione



Fig. 1



Fig. 2

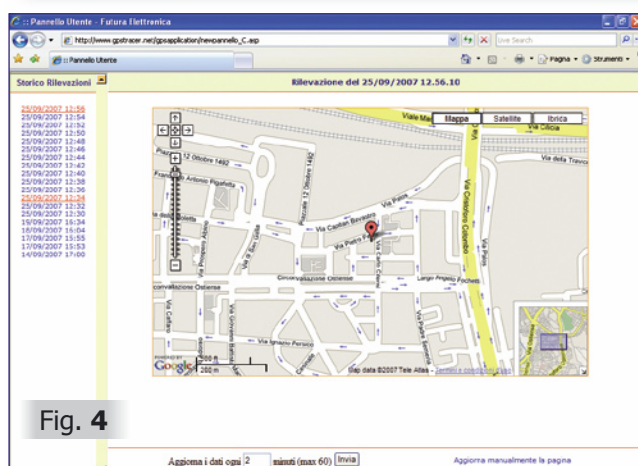
completo, scaricabile gratuitamente dal sito della rivista (www.elettronica.it), è molto lungo ma contiene, in linea di massima, gli stessi parametri di configurazione già visti nel corso degli articoli precedenti. Qui ci siamo limitati a commentare solo i nuovi comandi direttamente coinvolti nella gestione del programma di test, programma che deve essere scaricato a bordo del Mambo e che, dopo il reset all'avvio del localizzatore, invia una e-mail ogni due minuti al server di *www.gpstracer.net*.

Il servizio *www.gpstracer.net*

Bene, dopo aver analizzato le tre stringhe di comando più importanti, utilizzate nel nuovo file di configurazione,

Tabella 3 - Comandi principali nel file di configurazione

Comandi di configurazione del timer e dei messaggi	
1	\$PFAL,CNF.Set,AL1=SYS.Device.eStart:SYS.COUNTER_SLEEP_MODE.set=0&SYS.COUNTER_BAT_MODE.set=0&sys.counter_sms_invio.set=120
2	\$PFAL,CNF.Set,AL4=SYS.COUNTER.e_sms_invio:sys.counter_sms_invio.set=120
3	\$PFAL,CNF.Set,AL6=SYS.COUNTER.e_SMS_INVIO&GPS.Nav.sFix=valid:MSG.Send.SMTP,"mambo-gps@gpstracer.net",8,""



verifichiamo che Mambo stia funzionando correttamente. Per fare ciò ci avvaliamo di www.gpstracer.net, servizio di localizzazione on-line per accedere al quale è necessario effettuare la registrazione; sappiate che il servizio è gratuito per tutti coloro che acquistano il dispositivo Mambo attraverso il canale di distribuzione ufficiale. La registrazione viene effettuata accedendo alla home page del sito, visibile in Figura 1, alla quale si arriva tramite browser di-

l'indirizzo di posta elettronica utilizzato per inviare i messaggi al server di *www.gpstracer.net*, e infine il nome del gestore di telefonia mobile (Wind). Rammentiamo che l'indirizzo di posta elettronica deve coincidere con quello programmato nel Mambo tramite l'istruzione

```
$PFAL,CNF.Set,TCP.SMTP.  
FROM=tuonome@libero.it
```

già vista in tabella 2. A questo punto, non rimane che fare clic sul collega-

gitando nella barra degli indirizzi *www.gpstracer.net*. Inserendo nelle due aree di testo i propri dati di riconoscimento (username e password) e cliccando sul pulsante “Accedi”, viene caricata la pagina di Figura 3, in cui è possibile visualizzare e modificare tutti i dati personali. Qualora non siate ancora in possesso dei dati di accesso, li potete richiedere attraverso il collegamento al form di registrazione (Figura 2) presente nella home page (Figura 1). Relativamente alla pagina dei dati personali, notate che è presente una sezione dedicata al localizzatore, sezione in cui è necessario specificare tre parametri fondamentali: il tipo di dispositivo di localizzazione (in questo caso il Mambo),

mento “Accedi al servizio”: viene visualizzata la pagina di Figura 4, la cui parte di sinistra contiene l’elenco dei messaggi che il localizzatore ha inviato al server, mentre la parte di destra visualizza la mappa. È sufficiente cliccare su uno qualsiasi dei messaggi ricevuti per visualizzare su Google Maps la posizione del localizzatore nel momento in cui il messaggio è stato inviato.

Note conclusive

La volta scorsa, dopo aver terminato l'articolo, ci è stato comunicato la disponibilità di un nuovo firmware. Bene, questa volta è successo di meglio perché ad essere disponibile è un nuovo hardware, la versione 1E2. Nei prossimi giorni effettueremo delle prove quindi vi aggiorneremo sulla situazione. Come anticipazione delle novità, invece, nei prossimi numeri parleremo di "*Bolero*", un localizzatore destinato ad applicazioni professionali: esso ripropone tutte le caratteristiche del Mambo, ma dispone anche di ingressi sia digitali che analogici, di uscite digitali, nonché di un telecomando per il controllo a breve distanza e di un modulo di I/O bidirezionale, entrambi comunicanti attraverso un protocollo di trasmissione ISM a 2,4 GHz. Di questi nuovi prodotti, e dei relativi esempi pratici, pubblicheremo articoli specifici. Se volete proseguire il viaggio nell'affascinante mondo del GPS e dei suoi campi di applicazione, continuate a seguirci. Per intanto, arrivarci al mese prossimo, puntuali in edicola.

per il

MATERIALE

Il sistema di localizzazione satellitare GPS/GSM/GPRS Bluetooth Mambo (cod. Mambo55) può essere acquistato al prezzo di 510,00 Euro, IVA inclusa. La confezione include, oltre al localizzatore, il pacco batterie, un auricolare, un caricabatterie con adattatore sia di rete che da accendisigari per auto, un laccio per il trasporto al collo ed il CD contenente i manuali in inglese e l'ultima versione di firmware disponibile al momento dell'acquisto.

**Il materiale va richiesto a: Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 ~ Fax: 0331-778112 ~ <http://www.futurashop.it>**

Ascolto ambientale in tecnologia Bluetooth

di *Marco Landoni*

Sistema composto da due unità, una trasmittente e una ricevente, in grado di operare entro un raggio d'azione di cento metri in campo aperto e trenta metri al chiuso. Grazie alla procedura di accoppiamento tra TX e RX, la portante radio non può essere intercettata neppure da dispositivi dello stesso tipo. Il trasmettitore è dotato di un circuito di controllo automatico del guadagno, in modo da adattarsi al livello del segnale captato dal microfono.

In passato, sulle pagine della nostra rivista, ci siamo più volte occupati di progetti basati sui moduli ricetrasmittitori Bluetooth BISM2 prodotti dalla EZURIO. Come abbiamo già avuto modo di illustrare, tali dispositivi integrano diverse funzionalità oltre all'essenziale front-end a radiofrequenza: sono disponibili infatti una serie di porte I/O digitali configurabili, due convertitori analogico-digitale e un'interfaccia completa per un codec audio. Utilizzando proprio tali moduli, questo mese presentiamo un'applicazione che realizza la trasmissione di un segnale vocale captato da un microfono, applicazione perfet-

tamente idonea per l'ascolto ambientale a distanza. Ciò che caratterizza questo tipo di sistema radio rispetto agli ormai familiari moduli di trasmissione a 434/868 MHz e 2,4 GHz è, in primo luogo, la possibilità di disporre di una comunicazione completamente digitale con tanto di algoritmo di correzione degli errori integrato. Inoltre, il sistema è configurato in modo tale per cui non è possibile rilevarlo né farlo connettere con altri dispositivi Bluetooth: il sistema, quindi, si presta per essere impiegato in luoghi particolarmente densi di trasmissioni a radiofrequenza, specialmente nella banda a 2,4 GHz (Bluetooth, Wi-Fi, >

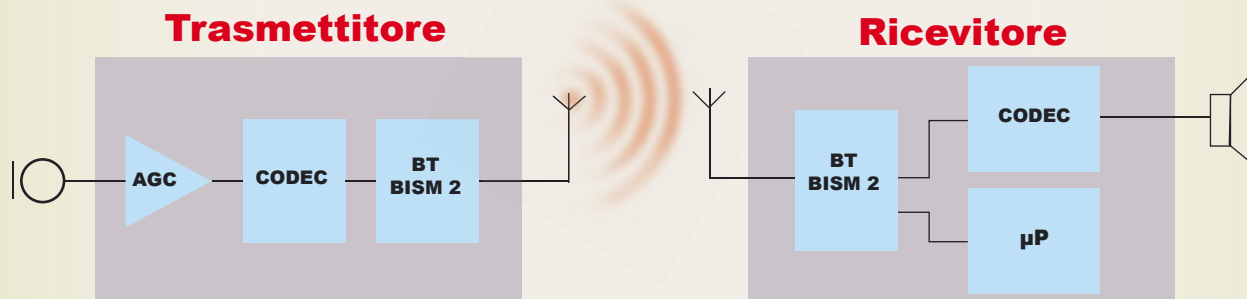


Fig. 1 - Il sistema per ascolto ambientale è composto da due unità, un trasmettitore e un ricevitore. Nel trasmettitore, il segnale captato dal microfono viene adattato in livello da un controllo automatico di guadagno, digitalizzato in formato PCM dal codec e inviato via radio tramite il BISM2. Tale trasmissione viene ricevuta dal BISM2 del ricevitore, che la converte da RF a PCM, quindi la invia al codec e infine all'altoparlante. Il microprocessore serve per impartire i comandi ai moduli BISM di entrambe le unità.

ZigBee eccetera) ma anche per realizzare delle trasmissioni radio non intercettabili o semplicemente che si “confondono” nel coacervo degli altri segnali digitali. Per estendere il campo d'applicazione del sistema, abbiamo deciso di dotare il trasmettitore di un circuito di controllo automatico di guadagno (AGC) e di soppressione del rumore: in tal modo è possibile ascoltare tutto ciò che avviene nel raggio di qualche metro di distanza dal microfono stesso, rendendo il dispositivo adatto anche ad un ascolto di tipo ambientale. In considerazione delle caratteristiche dell'apparecchiatura, le principali applicazioni sono - indubbiamente - nel campo dei sistemi professionali per la sicurezza. Quale che sia l'applicazione, sfruttando la massima potenza del modulo (classe 1 ossia +6 dBm), si può raggiungere una portata di un centinaio di metri.

Il sistema

Concettualmente, il sistema (schematizzato in Figura 1) è piuttosto semplice, essendo costituito da due sole unità, ossia trasmettitore e ricevitore. Nel trasmettitore, il segnale ambientale viene captato da un microfono, adattato in livello da un circuito di controllo automatico del guadagno, digitalizzato in formato PCM da un codec ed inviato al modulo BT BISM2 che provvede a convertirlo e a trasmetterlo via radio.

Il ricevitore, dotato a sua volta di un BISM2, riceve il segnale radio, estrae il segnale audio in formato PCM, quindi invia tale segnale al codec, la cui sezione di decodifica da digitale PCM ad analogico dispone di un piccolo amplificatore audio in uscita, idoneo a pilotare gli altoparlanti di piccole cuffie ad alta impedenza, quali quelle dei lettori CD e MP3 portatili.

Entrambe le unità sono alimentate a batteria, rendendo pertanto il sistema portatile: il trasmettitore può essere alimentato a 3 V tramite una batteria in formato CR123A (ricaricabile oppure no) in grado di erogare almeno 1.600 mA/h: si tratta di un formato abbastanza comune prodotto dalle aziende note, in grado di garantire circa otto ore di autonomia. Il ricevitore, invece, necessita di quattro batterie stilo in formato AA: a titolo informativo, una capacità di ero-

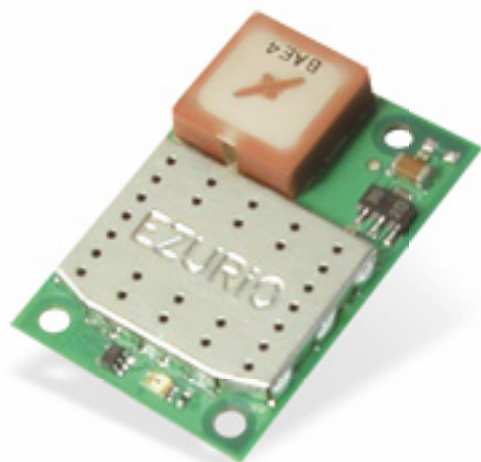
gazione di 2.000 mA/h garantisce un'autonomia di funzionamento di circa una decina di ore.

Schema elettrico trasmettitore

Osservando il circuito riportato a pagina 42 si possono individuare i componenti fondamentali che costituiscono il trasmettitore; il modulo transceiver Bluetooth M1, il codec audio U4 e l'integrato U5, un SSM2167 prodotto da Analog Devices, utilizzato per amplificare ed elaborare il segnale captato dal microfono.

La logica di funzionamento del trasmettitore è molto semplice: il segnale captato dalla capsula microfonica preamplificata MIC viene applicato, tramite la capacità di disaccoppiamento C25, al piedino d'ingresso di U5: tale integrato contiene un amplificatore a guadagno variabile che viene gestito dinamicamente dalla logica di controllo (integrata nel chip) in base all'intensità del segnale audio captato.

Se tale segnale è mediamente molto ampio, l'AGC si dispone per il guadagno interno minimo; man mano che l'ampiezza media del segnale d'ingresso diminuisce, il guadagno dello stadio aumenta proporzionalmente fino al raggiungimento di un limite massimo. Lo stesso chip U4 è in grado di discriminare la condi-



L' integrato AGC SSM2167

Si tratta di un controllo automatico di guadagno all'interno del quale sono presenti un buffer, un level detector, un amplificatore a guadagno variabile e la necessaria logica di controllo. L'integrato è ottimizzato per l'impiego in banda voce (300 Hz ÷ 4 kHz) ma può essere utilizzato anche per operare l'intero spettro audio (20 Hz – 20 kHz). Osserviamo subito la Figura A: il segnale proveniente dal pin d'ingresso passa attraverso il buffer, che dispone di due uscite: una di esse viene monitorata dal level detector che, in funzione del livello, imposta il guadagno del secondo stadio amplificatore VCA. L'ingresso di quest'ultimo è a sua volta collegato alla seconda uscita del buffer. Il level detector estrae il valore RMS del segnale d'ingresso e lo media tramite la capacità C_{AVG} , ai cui capi è pertanto presente una tensione che segue l'involuppo del segnale d'ingresso. Ne consegue che tale capacità è in grado di controllare la rapidità di risposta del componente alle variazioni dell'ampiezza del segnale d'ingresso: maggiore è il valore di C_{AVG} , minore è la velocità di risposta del dispositivo. Facciamo ora riferimento alla Figura B. Supponiamo che il segnale in ingresso sia d'ampiezza compresa tra V_{DE} e V_{RP} : in questo caso il dispositivo lavora in "compression region", regione in cui il guadagno è costante e pari a 18 dB se R_{COMP} ha valore inferiore a 5 k Ω . Quando il livello del segnale in ingresso supera il valore V_{RP} allora il guadagno diminuisce proporzionalmente all'ampiezza del segnale stesso. Ciò impedisce che segnali molto ampi vadano a saturare gli ingressi degli stadi successivi. Si parla in questo caso di "limiting region" e il fattore di compressione, ossia la relazione che stabilisce di quanto deve crescere il segnale in ingresso (in dB) per far variare il segnale d'uscita di 1dB, è pari a 10:1. Ciò indica che il guadagno complessivo è variabile in funzione dell'ampiezza del segnale d'ingresso; nel caso il guadagno sia costante per tutte le ampiezze il fattore di compressione varrebbe 1:1.

Un comportamento ancora diverso si riscontra per segnali d'ampiezza inferiore a V_{DE} : tanto più il segnale d'ingresso è piccolo rispetto V_{DE} tanto minore è il guadagno; si parla in questo caso di "downward expansion region" ossia quella regione in cui il livello è talmente basso da poter essere considerato rumore di fondo. In pratica questo controllo impedisce di amplificare inutilmente il rumore d'ingresso. Il livello V_{RP} è fisso e pari a 63 mV RMS (-24 dBV) mentre il livello di V_{DE} (Figura D) è impostabile (tramite la resistenza R_{GATE}) tra 1 mV RMS (-55 dBV) e 10 mV RMS (-40 dBV). La resistenza R_{COMP} è in grado, invece, di fissare il rapporto di compressione in "compression region" da un minimo di 1:1 ad un massimo di 10:1 (Figura C).

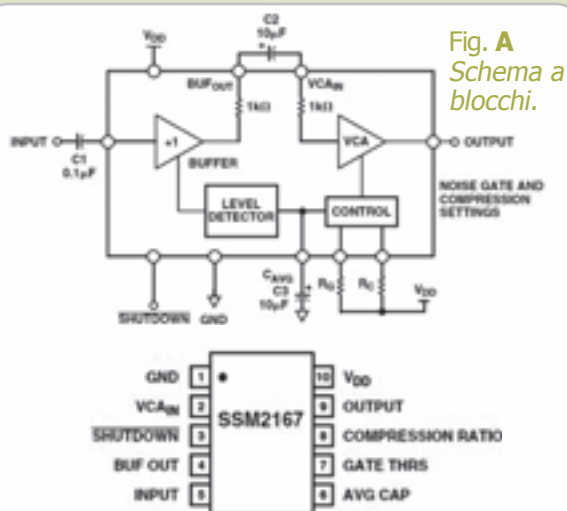


Fig. A
Schema a
blocchi.

Fig. B
Diagramma del
guadagno.

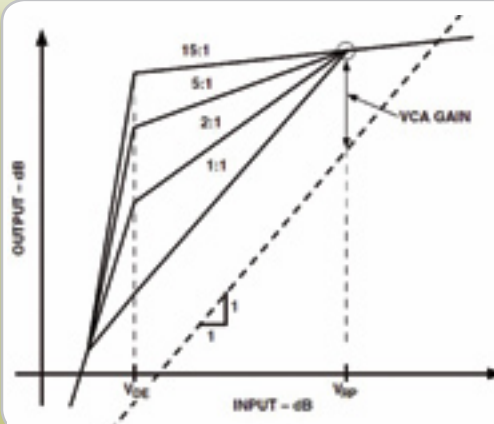
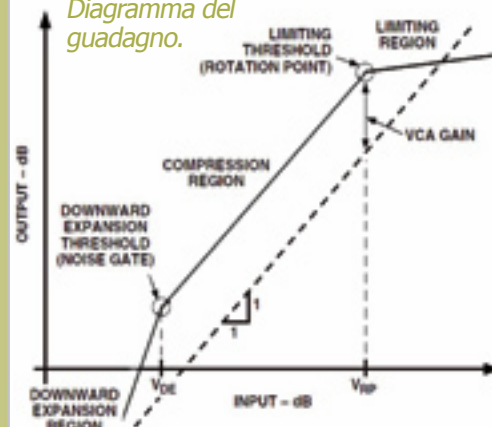


Fig. C - Impostazione del
rapporto di compressione.

Compression Ratio	Value of R_{COMP}
1:1	0 Ω (short to V+)
2:1	15 k Ω
3:1	35 k Ω
5:1	75 k Ω
10:1	175 k Ω

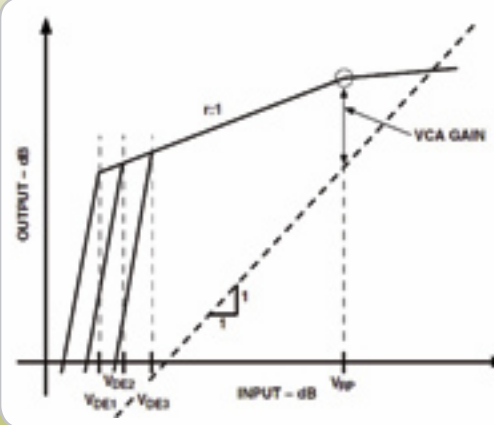
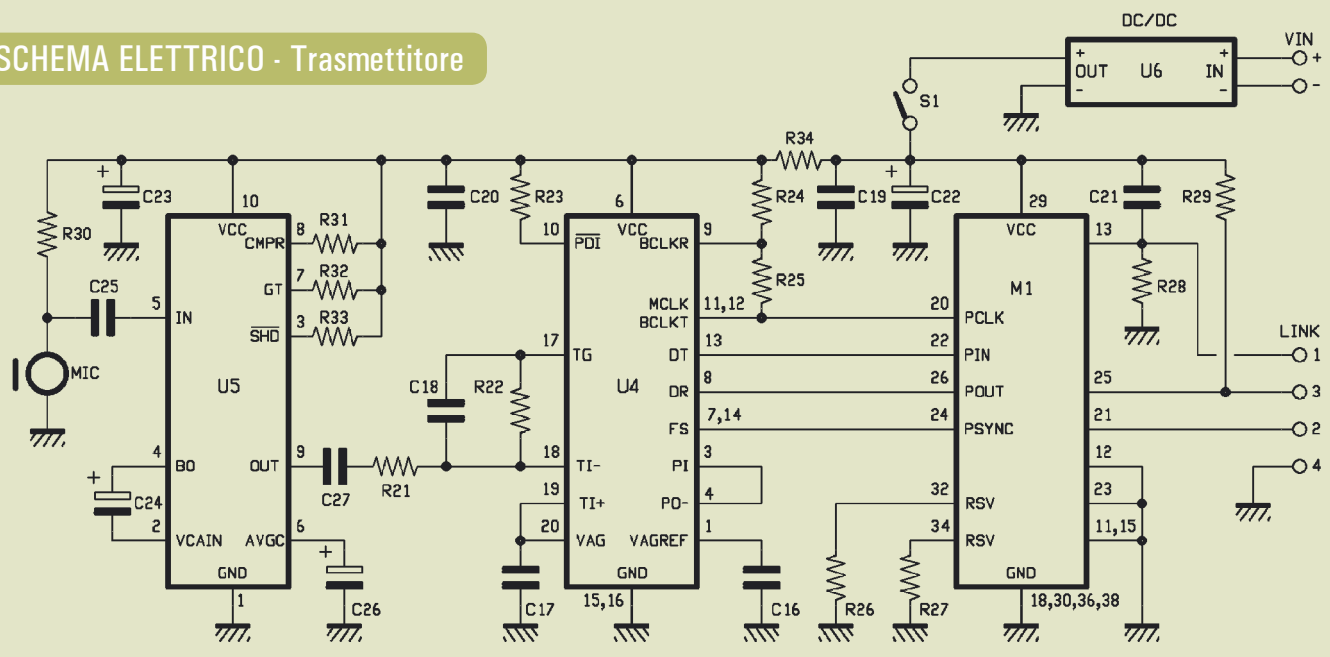


Fig. D - Impostazione della
soglia del rumore di fondo.

Noise Gate (dBV)	Value of R_{GATE}
-40	0 Ω (short to V+)
-48	1 k Ω
-54	2 k Ω
-55	5 k Ω

SCHEMA ELETTRICO - Trasmettitore

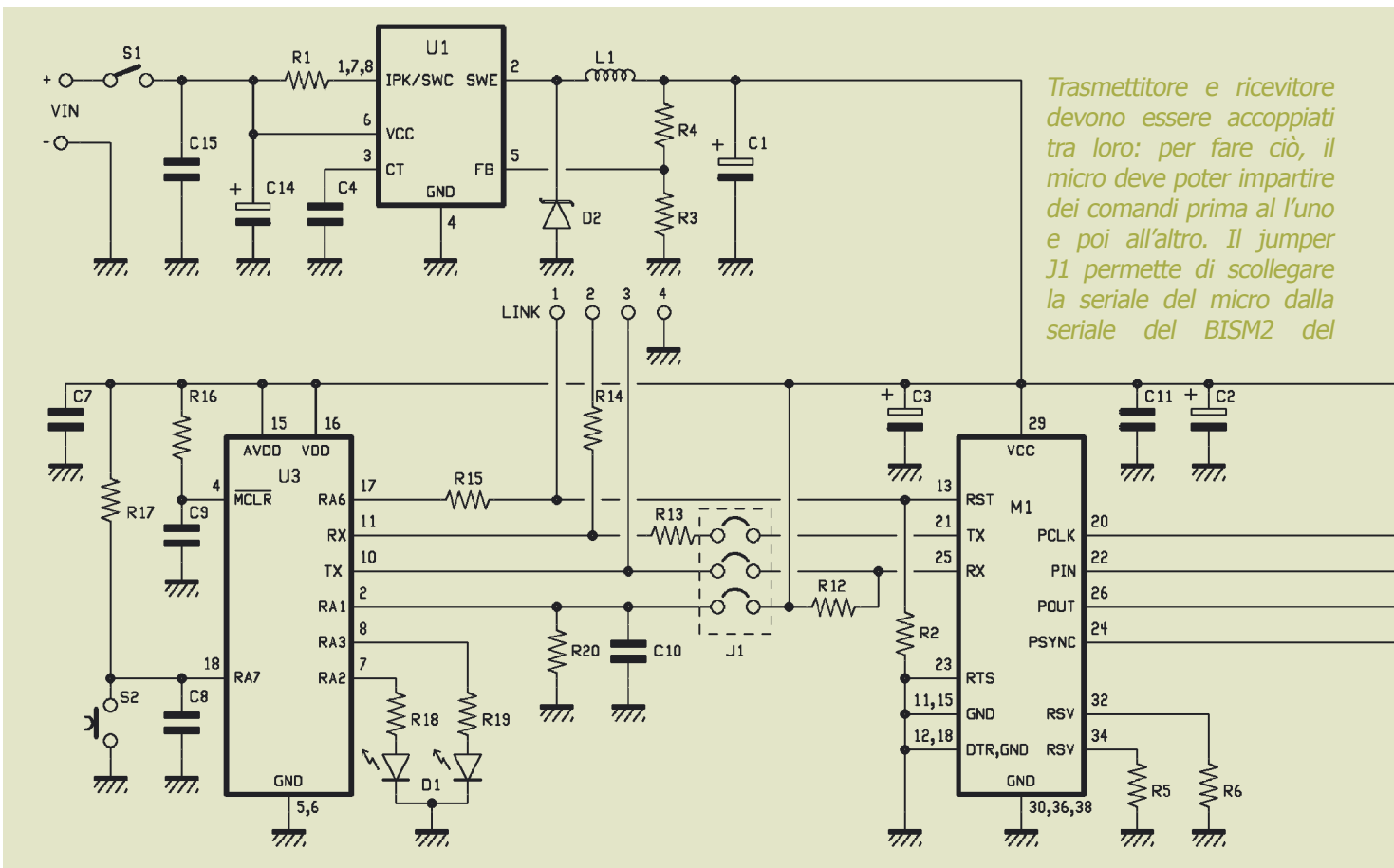


zione d'assenza di segnale e, in tal caso, si predispone automaticamente per il minimo guadagno, evitando in questo modo di generare del rumore indesiderato all'uscita.

Il segnale audio così elaborato viene

prelevato dall'uscita di U5 tramite il condensatore C27 e applicato allo stadio di ingresso del codec audio U4: tale stadio è costituito da un amplificatore operazionale il cui guadagno può essere impostato tramite le

resistenze di retroazione R22 e R21. La capacità C18 (in parallelo a R22) serve per limitare la risposta in frequenza dello stadio stesso a circa 4 kHz, ossia fino al limite superiore dello spettro vocale. Da questo pun-



Trasmettitore e ricevitore devono essere accoppiati tra loro: per fare ciò, il micro deve poter impartire dei comandi prima all'uno e poi all'altro. Il jumper J1 permette di scollegare la seriale del micro dalla seriale del BISM2 del

to in poi l'elaborazione del segnale è completamente controllata dal codec audio e dal transceiver Bluetooth; quest'ultimo è infatti completamente compatibile con una ristretta serie di codec tra i quali quello da noi impiegato (MC145485DT): ciò significa che, una volta attivata l'interfaccia audio con l'apposito comando seriale verso il transceiver Bluetooth, non è necessaria alcuna operazione di configurazione aggiuntiva poiché è lo stesso hardware del transceiver ad occuparsi completamente della lettura/scrittura dei dati sulla porta seriale del codec (in modo totalmente indipendente e trasparente dal punto di vista dell'utente) tramite l'interfaccia a quattro fili dedicata. In modo altrettanto automatico lo stesso segnale campionato viene inviato (e ricevuto) via radio. Quindi, una volta configurato il transceiver per fornire il supporto audio tramite l'apposito comando inviato in seriale sulla porta UART, il dispositivo è già pronto

per trasmettere/ricevere un segnale audio digitalizzato. Il connettore J9 serve per collegare temporaneamente il trasmettitore al microcontrollore a bordo del ricevitore: ciò è necessario per effettuare l'abbinamento dei dispositivi, abbinamento effettuato per mezzo di specifici comandi AT inviati dal microcontrollore al BISM2. Notate, infatti, che J9 consente l'accesso alle linee TX e RX della sopracitata porta UART integrata nel transceiver. Tenete presente un particolare: di tutta la procedura di scambio dati si prende carico il micro a bordo del circuito di ricezione mentre dal punto di vista dell'utente, il tutto si riduce a inserire il cavetto e premere un pulsante. Questo argomento verrà affrontato molto più dettagliatamente nel capitolo relativo alle note di utilizzo: per intanto torniamo alla descrizione dello schema elettrico.

La rete C21/R28 fornisce un impulso di reset hardware al transceiver al momento dell'accensione del dispositivo, mentre la rete costituita dalla resistenza R34 e dal condensatore C23 disaccoppia la sezione analogica (U4, U5, microfono e relativi componenti discreti) da eventuali disturbi indotti dai picchi di assorbimento del BISM2 durante la trasmissione.

Infine, sul circuito stampato, è prevista la possibilità di montare il modulo alimentatore switching FT681M-36, che accetta in ingresso qualsiasi tensione compresa tra 5 e 30 V e fornisce in uscita una tensione continua stabilizzata di 3,6 V. Ciò consente di alimentare il trasmettitore, per esempio, con la batteria dell'automobile, con un pacco batterie o con un alimentatore da rete.

Schema elettrico ricevitore

Questo circuito, oltre a ricevere e decodificare il segnale audio, serve anche per configurare e abbinare i moduli BISM presenti nelle due unità (TX e RX). Le varie funzioni

vengono avviate premendo il pulsante S2, che è connesso tramite la resistenza di pull-up R17 al pin RA7 del microcontrollore U3, un PIC18F1320. Tale integrato è programmato in maniera tale per cui, in base allo stato del blocco jumper J1, possa eseguire l'abbinamento e la configurazione dei moduli Bluetooth inviando specifici comandi seriali.

Per configurare il trasmettitore e abbinarlo al ricevitore è necessario innanzitutto portare J1 nella posizione



di aperto: in tal modo le linee dati della porta seriale interna al micro (pin 10 e 11) vengono scollegate dal modulo BT M1. Quando il jumper viene rimosso, il pin 2 del micro assume lo stato logico "0", stato che fa capire al micro che deve configurare il trasmettitore.

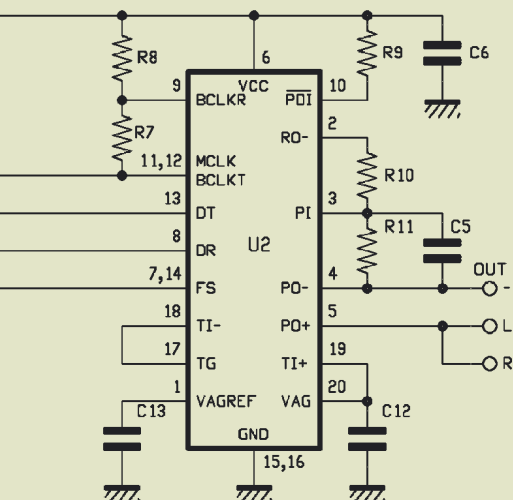
Quest'ultimo viene collegato al ricevitore tramite un cavetto a quattro conduttori (quello telefonico va benissimo) e la configurazione viene avviata premendo il pulsante.

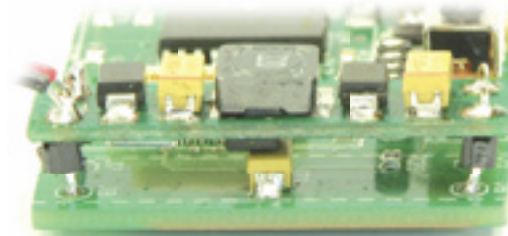
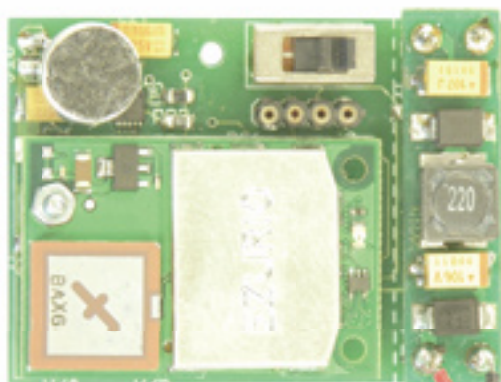
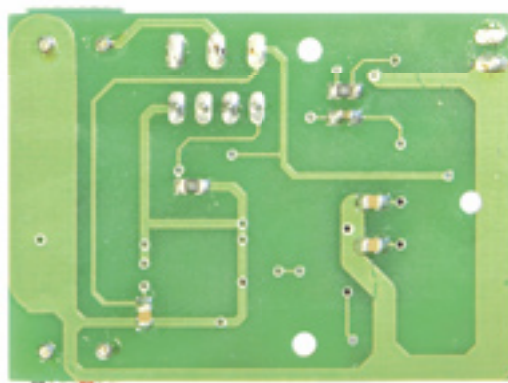
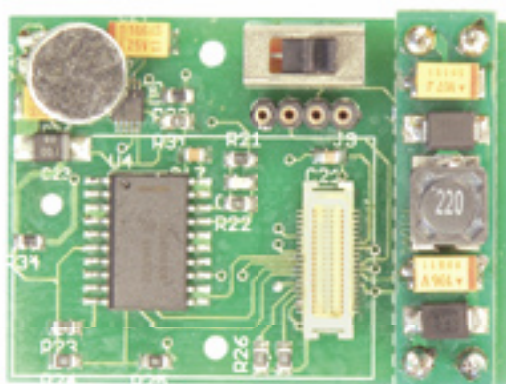
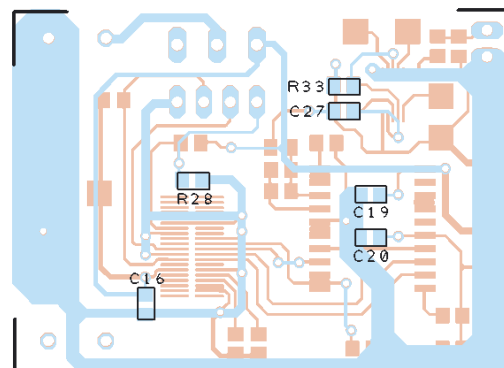
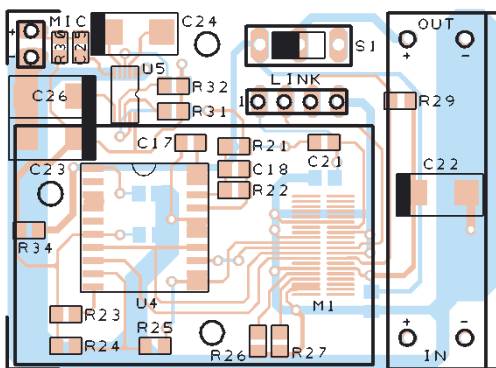
Quando il jumper J1 è inserito, invece, il livello logico presente sul pin 2 del PIC passa a "1" logico, stato questo che comunica al micro che, alla pressione del pulsante, deve configurare il ricevitore ed effettuare una chiamata verso il trasmettitore per attivare il canale radio.

Il modulo Bluetooth è connesso, oltre che al micro, al codec audio U2, del quale vengono utilizzati solo il convertitore D/A e lo stadio d'uscita audio collegato al jack stereo OUT: ➤

SCHEMA ELETTRICO Ricevitore

ricevitore, in modo da poterla collegare, tramite un cavetto specifico, alla seriale del BISM posto sul trasmettitore. Durante il normale funzionamento, J1 va lasciato inserito.





Il trasmettitore è molto compatto poiché la maggior parte dei componenti utilizzati è a montaggio superficiale. In ragione di ciò, la realizzazione del dispositivo necessita di molta attenzione nonché di pazienza e un buon livello di manualità. I componenti sono montati su entrambi i lati del circuito, ma il lato inferiore è

poco popolato e pertanto non problematico. Il componente più delicato è sicuramente il connettore dati del modulo BISM (bianco), che deve essere saldato per primo. Notate infine il convertitore DC-DC, posizionato sul lato destro e sollevato dal PCB di circa 3 mm. Il BISM va innestato per ultimo e deve essere fissato con una torretta e relativo dado da 2,5 MA. Prestate attenzione ai fili dell'alimentazione: il positivo (rosso) si trova a sinistra.

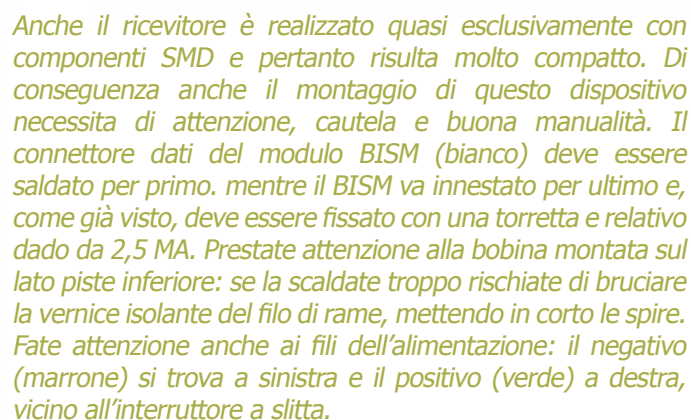
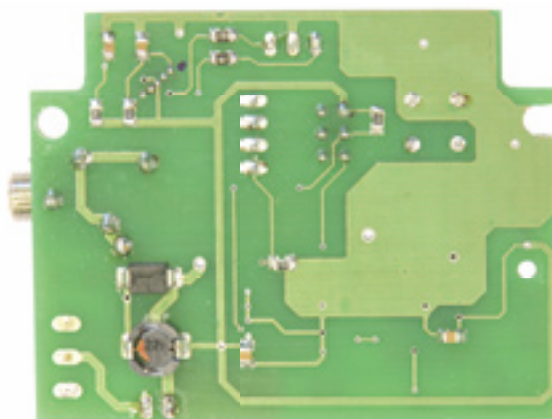
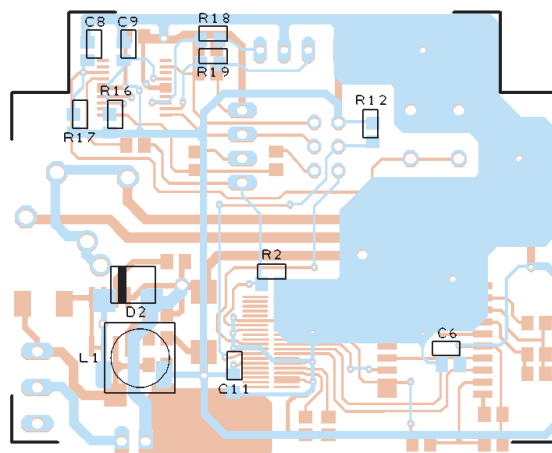
ELENCO COMPONENTI:

R21, R22: 220 kohm (0805)
R23÷R28: 10 kohm (0805)
R29: 47 kohm (0805)
R30: 5,6 kohm (0805)
R31: 27 kohm (0805)
R32: 4,7 kohm (0805)
R33: 100 kohm (0805)
R34: 47 ohm (0805)

C16, C17, C19: 100 nF ceramico (0805)
C20, C25: 100 nF ceramico (0805)
C18: 220 pF ceramico (0805)
C21: 10 nF ceramico (0805)
C22, C24, C26: 10 µF 25 VL tantalio (C)
C23: 100 µF 6,3 VL tantalio (C)
C27: 330 nF ceramico (0805)
U4: MC145485DT (TSSOP)
U5: SSM2167RM (MSOP)

U6: Modulo DC/DC FT681M-36
M1: BISM2
S1: Deviatore slitta

Varie:
- Strip femmina 4 poli
- Connettore 40 poli per modulo BISM2
- Microfono
- circuito stampato codice S724TX



ELENCO COMPONENTI:

Varie:

- Strip femmina 4 poli
- Strip maschio 2 poli (3 pz.)
- Jumper (3 pz.)
- Presa jack stereo 3,5 mm da CS
- Connettore 40 poli per modulo BISM2
- circuito stampato codice S724RX

gli amplificatori interni, infatti, consentono di pilotare direttamente una piccola cuffia. Anche in questo caso (come visto per il trasmettitore) le resistenze R10 e R11 fissano il guadagno dello stadio d'uscita e il condensatore C5 limita la banda passante ai consueti 4 kHz. Poiché sul circuito non è prevista una regolazione del volume, se ascolterete il segnale ricevuto utilizzando direttamente una cuffia sarà necessario utilizzarne una provvista di regolazione del volume. Il led bicolore D1, tramite il cambio di colore, segnala i vari stati di funzionamento del sistema: il verde fisso indica un funzionamento normale; se lampeggiante alternativamente verde-giallo indica uno scambio dati in corso tra micro e modulo Bluetooth. Infine il colore rosso indica che il tentativo di connessione tra ricevitore e trasmettitore non ha avuto successo. L'alimentazione è fornita da quattro pile stilo, pertanto si è inserito un regolatore di tensione switching in grado di generare i 3,6 V necessari al funzionamento del circuito garantendo un'elevata efficienza nella conversione della tensione. Inoltre questo tipo di alimentatore minimizza la dissipazione di potenza e quindi riduce il calore autogenerato, calore che in questo caso è praticamente inesistente.

Realizzazione pratica

Come si vede nei piani di montaggio pubblicati, entrambe le schede che compongono la coppia TX/RX sono realizzate impiegando componenti miniaturizzati SMD, e ciò, essenzialmente, per motivi di spazio. Sappiate che il montaggio è piuttosto complesso e che è assolutamente necessario disporre degli strumenti adatti allo scopo ossia: un buon saldatore a punta sottile (20÷30 W con punta da 0,5÷1 mm), stagno da 0,5 mm di ottima qualità, flussante (meglio se in gel), delle pinzette sottili, una lampada munita di lente e, infine, una buona dose di pazienza e di capacità

manuale; sfortunatamente, questi ultimi due "attrezzi" non possono essere acquistati in negozio...

È consigliabile montare per primi i connettori per i moduli Bluetooth: essi, infatti sono molto delicati da saldare dal momento che il passo tra i pin è ridottissimo (appena 1 mm). Controllate più volte ogni singola saldatura perché è molto facile mettere in corto due pin adiacenti o lasciare sbavature di stagno che potrebbero pregiudicare il funzionamento del circuito.

Saldati i connettori, procedete montando i circuiti integrati, per passare poi alle resistenze e ai condensatori ceramici. Ultimate il montaggio dei componenti SMD con i diodi e i condensatori al tantalio facendo attenzione a non invertirne la polarità. Montate quindi l'induttanza per il regolatore switching d'alimentazione sulla scheda RX sul lato inferiore dello stampato. Montate ora i pochi componenti ad inserzione che rimangono: i contatti strip, gli interruttori d'alimentazione, il pulsante S2 e il jack per le cuffie che andranno tutti fissati in battuta sul circuito stampato; il diodo led bicolore D1 deve essere montato sollevato di 11 mm dallo stampato: la Figura 3 mostra il corretto orientamento dei due anodi. Nel caso vogliate utilizzare sul trasmettitore il modulo d'alimentazione switching FT681M-36, allora dovrete montare anche i pin header IN e OUT e infilare su questi la scheda d'alimentazione, che va saldata alla distanza di 5 mm dallo stampato. Montate ora sul trasmettitore il mi-



Fig. 2 - Il DC-DC converter deve essere montato a 5 mm dal PCB. Il microfono a 11 mm.



Fig. 3 - I pin del led sporgono di 11 mm rispetto alla base del PCB. L'anodo rosso sta a destra.

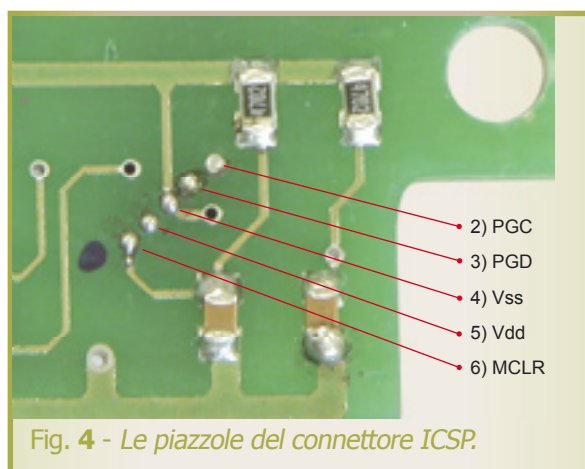


Fig. 4 - Le piazzole del connettore ICSP.

crofono tramite due corti spezzoni di filo rigido in modo che la parte superiore (normalmente coperta da un feltrino) risulti a 11 mm dallo stampato. Per il montaggio del DC-DC e del microfono, fate riferimento alle quote di Figura 2.

Su entrambi i circuiti devono essere saldati i fili per l'alimentazione. Per quanto riguarda il ricevitore, i due fili vanno collegati ai due estremi del pacco batterie.

Nel trasmettitore, invece, se impiegate una batteria da 3,6 V, essa va collegata direttamente al pin header

OUT. Qualsiasi batteria di tipo differente deve, invece, essere collegata al pin header IN del DC-DC.

Giunti a questo punto, occorre realizzare un cavo della lunghezza di 15÷20 cm, necessario per connettere TX e RX: potete utilizzare un normale flat-cable a quattro poli e dei contatti pin strip maschio con passo 2,54 mm che salderete alle due estremità. Fatto questo, se non avrete commesso errori, le schede saranno pronte per funzionare immediatamente non appena avrete programmato il microcontrollore con il relativo firmware.

Sia il trasmettitore che il ricevitore sono stati progettati in modo da poter essere facilmente inseriti in due pratici contenitori plastici di dimensione adeguata, facilmente reperibili in commercio. Noi abbiamo inserito il trasmettitore in un box modello SC-703 (acquistabile presso www.futurashop.it) mentre il ricevitore è stato dimensionato per poter essere inserito nel contenitore modello 55-12-4A-R-GRY, prodotto da BoxEnclosures (www.boxenclosures.com), ordinabile presso Farnell (codice Farnell 4953320).

Programmazione del microcontrollore

Il file in formato esadecimale RMIC_BT.HEX necessario per far funzionare il microcontrollore del ricevitore può essere scaricato dal sito della rivista (www.elettronica).

cain.it), così come possono essere scaricati tutti i file sorgenti per l'ambiente di sviluppo MPLAB di modo che, chi ne abbia voglia o necessità, possa personalizzare il funzionamento del dispositivo. Il PIC scelto, essendo SMD, deve essere programmato "in circuit" tramite un programmatore idoneo (ad esempio l'FT676). Fate riferimento alla Figura 4: sul lato inferiore dello stampato della scheda RX, esattamente sotto il microcontrollore, sono presenti cinque piazzole (molto piccole) che servono proprio per la programmazione in-circuit; saldate provvisoriamente a queste piazzole altrettanti spezzoni di filo molto sottile a cui dovrete collegare le rispettive linee provenienti dal programmatore. La piedinatura rispetta lo standard utilizzato da Microchip per realizzare i cavi di adattamento ICSP: il pin 6 (che noi abbiamo identificato con un segno fatto col pennarello) è il segnale di MCLR mentre il pin 1 è inutilizzato. Una volta programmato il microcontrollore potrete rimuovere i fili saldati in precedenza e alimentare i circuiti: se non avete commesso errori, il led D1 deve accendersi con colore verde fisso; non

Fig. 5 - L'accoppiamento tra TX e RX viene effettuato per mezzo di un cavetto di connessione a quattro conduttori. Prestate attenzione al verso di inserimento: disponendo i dispositivi come in figura, il conduttore giallo è in basso in entrambi.



vi resta, quindi, che accoppiare i due dispositivi, farli connettere e verificare che il collegamento audio venga stabilito.

Abbinamento RX/TX

Abbiamo già fornito, nel corso dell'articolo, alcune informazioni relativamente alla procedura di abbinamento necessaria per stabilire la connessione: ora l'analizziamo in dettaglio.

Tale procedura consente al microcontrollore a bordo del ricevitore di conoscere l'indirizzo identificativo a 12 bit del trasmettitore a cui si deve connettere; tale numero è scritto nella memoria del controller che equipaggia ogni singolo modulo ➤

RM ELETTRONICA SNC

vendita componenti elettronici
rivenditore autorizzato:

 **FUTURA
ELETTRONICA**

 **ELETTRONICA**

G.P.E.

 **ELSE
Kit**

Via Val Sillaro, 38 - 00141 ROMA - tel. 06/8104753

Bluetooth ed è diverso da dispositivo a dispositivo.

Per abbinare due dispositivi occorre innanzitutto rimuovere il jumper J1 del ricevitore, quindi dovete collegare i due dispositivi tra loro tramite il cavetto di connessione che avete preparato: il collegamento corretto è visibile in Figura 5 (attenzione a non invertire il verso dei connettori: aiutatevi tramite il filo giallo). A questo punto potete alimentare entrambi i dispositivi e premere il pulsante S2. Il led D1 passa da verde fisso a lampeggiante giallo-verde, segnalando che il microcontrollore sta inviando al modulo Bluetooth del trasmettitore la sequenza di comandi di configurazione. Tra i tanti, i più significativi sono i seguenti:

- AT532=1: attiva il supporto audio abilitando la correzione degli errori;
- AT512=3: rende l'unità "connectable" ma non "discoverable";
- AT14: richiede il codice a 12 bit identificativo; il BISM2 risponde con <bd_addr> (indirizzo univoco);
- AT&W: salva le impostazioni.

Al termine dell'operazione, segnalata da D1 che ritorna di colore verde fisso, è possibile rimuovere il cavetto dai dispositivi. L'unità trasmittente, ora, non è visibile agli altri dispositivi Bluetooth (modalità "non discoverable") ma può essere chiamata e fatta collegare (modalità "connectable") a patto di conoscere l'ID a 12 bit specifico.



Tale indirizzo è noto solo al micro del ricevitore, che lo ha letto durante l'operazione di abbinamento dal comando AT14 e salvato nella memoria EEPROM.

Riposizionando J1 in modo da cortocircuitare i jumper, una nuova pressione di S2 fa sì che il microcontrollore invii una sequenza di comandi al modulo Bluetooth locale (ricevente):

- AT532=1: attiva il supporto audio abilitando la correzione degli errori;
- AT512=2: rende l'unità "non connectable";
- AT&W: salva le impostazioni;
- ATD<bd_addr>, 1101: effettua la chiamata al trasmettitore. Il led D1 inizia a lampeggiare giallo-verde: quando diventa verde fisso segna-

la che la connessione tra TX e RX è andata a buon fine, pertanto nelle cuffie (collegate al ricevitore) potrete sentire quanto captato dal microfono del trasmettitore.

Qualora il led diventi rosso fisso significa che non è stato possibile stabilire la connessione: potrebbe essere sufficiente una nuova pressione di S2, ma potrebbe anche essere necessario ridurre la distanza tra i dispositivi. L'operazione di abbinamento deve essere eseguita almeno la prima volta che i moduli vengono utilizzati, dato che il micro del ricevitore non ha in memoria alcun indirizzo. Due moduli già abbinati in precedenza, invece, possono essere messi in collegamento con la semplice pressione del pulsante sul ricevitore.

per il

MATERIALE

I componenti utilizzati nei due circuiti possono essere acquistati presso tutti i negozi specializzati. I due master a doppia faccia, così come il firmware col quale è stato programmato il micro, possono essere scaricati gratuitamente dal sito della rivista (www.elettronica.in.it). Il modulo Bluetooth cod. BISM2 (62,00 Euro), il connettore cod. DF12B (2,50 Euro) ed il micro già programmato cod. MF724 (18,00 Euro) vanno richiesti a Futura Elettronica.

Il materiale va richiesto a: Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)

Tel: 0331-799775 ~ Fax: 0331-778112 ~ <http://www.futurashop.it>

Esperimenti in alta tensione, un generatore di arco voltaico

di Massimo Del Fedele

Circuito in grado di generare un arco voltaico di circa 9 kV tra due elettrodi. L'alta tensione viene generata da un semplice oscillatore ad alta frequenza di tipo Royer, che eleva la tensione di batteria tramite un trasformatore, a cui fa seguito un moltiplicatore di tensione a diodi e condensatori.

Fin dai tempi antichi i fulmini hanno provocato timore, rispetto, ma soprattutto curiosità in tutto il genere umano. In passato, prima di conoscere le leggi fisiche all'origine di questi fenomeni, si pensava alla collera degli dei, arrabbiati per chissà quale cattivo comportamento di noi uomini. Una volta comprese, però, la natura elettrica e le leggi che regolano questi fenomeni, l'uomo ha saputo sia sfruttare (dove possibile) a proprio vantaggio l'alta tensione, sia porre rimedio alle catastrofiche conseguenze di eventi non controllabili, come ad esempio i fulmini. Anche noi della Redazione non abbiamo saputo resistere al fasci-

no tipico dei fenomeni provocati dall'alta tensione, ed ecco che, alla fine, abbiamo deciso di generare fulmini, anche se in forma assai più modesta, nel nostro laboratorio. Vediamo insieme il risultato dei nostri studi.

Metodi per generare alta tensione

Fino a una trentina d'anni fa, quando l'elettronica allo stato solido era agli albori, la realizzazione di un generatore di alta tensione era possibile solo tramite sistemi elettromeccanici facenti uso di trasformatori elevatori e relé, e macchine a sfregamento che generavano campi elettrostatici. ➤

Fig. 1
Trasformatore elevatore (AT) per il trasporto di elettricità.



Trasformatore elevatore

Questo metodo è ancora oggi utilizzato nel trasporto dell'energia dalle centrali di produzione fino alle vicinanze dei punti di utilizzo, dove l'elettricità a migliaia o decine di migliaia di volt (Fig. 1) viene riconvertita a valori utilizzabili nelle apparecchiature elettriche casalinghe (220 volt, 2 fasi) o industriali (per lo più 380 volt trifase). Se a prima vista può sembrare un'operazione inutile e dispendiosa, in realtà l'elevazione della tensione permette di veicolare l'energia in cavi più sottili e con minor perdita durante il trasporto; infatti incrementando la tensione, a parità di potenza trasportata la corrente diminuisce in proporzione, così come le perdite dovute alla resistenza dei cavi. Anche negli odierni forni a microonde sono presenti trasformatori elevatori di alta potenza (sopra il kilowatt) che trasformano la tensione di rete nell'alta tensione necessaria ai tubi Klystron che generano microonde. A questo proposito vorremmo puntualizzare che i trasformatori contenuti in un microonde sono estremamente pericolosi perché forniscono una tensione di migliaia di volt con una corrente elevata e una frequenza corrispondente quasi esattamente a quella che causa la fibrillazione del cuore; sono in grado di uccidere un essere vivente in maniera quasi istantanea. Occhio quindi: meglio lasciare i forni a mi-

croonde al loro impiego domestico! Gli svantaggi di questa soluzione sono ovviamente l'ingombro (un trasformatore a 50 Hz è sempre piuttosto voluminoso, anche a basse correnti) e la necessità di essere alimentati in alternata. Se al secondario del trasformatore vengono collegati due elettrodi posti a qualche millimetro l'uno dall'altro, è possibile generare delle scintille piuttosto appariscenti.

Trasformatore con vibratore elettromeccanico

Chi ha qualche anno sulle spalle si ricorderà probabilmente di quegli aggeggi strani e poco noti, che servivano a rendere pulsante la corrente continua di una batteria, in modo da poterla poi elevare tramite un trasformatore per alimentare apparecchi a valvole o simili. Si trattava di una specie di relé con il contatto normalmente chiuso connesso in serie sia alla bobina di innesco che al primario del trasformatore elevatore. Il principio di funzionamento è molto semplice: a contatto chiuso la corrente passa sia attraverso il trasformatore che attraverso la bobina; quest'ultima fa aprire il contatto del relé in modo da togliere l'alimentazione sia alla bobina che al trasformatore. A bobi-

na disalimentata, il contatto si chiude nuovamente, rialimentando la serie e creando così un rudimentale ma efficace oscillatore elettromeccanico. Gli evidenti difetti di questa soluzione sono la bassa durata, la rumorosità ed il consumo di energia a vuoto; ciononostante, questi oggetti permettevano di alimentare con batterie apparati operanti ad alta tensione e pertanto ebbero un discreto successo, anche se per un breve periodo di tempo.

Generatori elettrostatici

Questa tipologia di generatore, molto utilizzata in passato, oggi è usata per lo più a livello didattico in qualche laboratorio. Sfrutta il fenomeno dell'elettricità statica che viene prodotta strofinando particolari tipi di isolanti, come la bakelite, con un panno o altro materiale, sempre isolante: lo strofinio induce il trasferimento di elettroni e crea un campo elettrostatico. Nei generatori di questo tipo vengono solitamente utilizzati un disco, una cinghia o dei rulli di materiale isolante che vengono fatti ruotare affinché si carichino di elettricità per strofinamento; proseguendo nella rotazione, cedono tale carica ad un "pettine" raccoglitore e da questo ad una sfera metallica o un elettrodo. Questi gene-

Fig. 2 - Generatore elettrostatico a rulli: gli elementi A e D sono metallici mentre B e C sono realizzati con materiali dielettrici differenti.

La rotazione fa caricare i rulli B (+) e C (-).

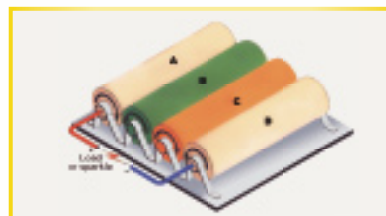
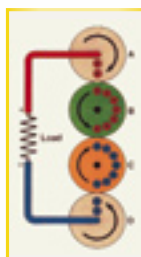


Fig. 3 - Generatore elettrostatico Wimshurst: è costituito da due dischi che ruotano in verso opposto e che si caricano per sfregamento.



ratori possono produrre tensioni da qualche migliaia a milioni di volt con effetti molto spettacolari; le correnti in gioco restano comunque bassissime (salvo casi particolari) e non sono quindi pericolosi per l'uomo. La loro costruzione richiede una buona abilità meccanica; le Figure 2 e 3 mostrano un generatore a rulli ed uno a dischi.

Bobina di Tesla

Per un'analisi completa, questo dispositivo necessiterebbe di molte pagine, e non è da escludere che in futuro dedicheremo ad esso un articolo specifico. In questa sede, invece, cercheremo di riassumere l'essenza dei concetti in poche righe, avvalendoci dell'immagine di Figura 4. Si tratta, in sintesi, di un circuito risonante composto da una bobina secondaria (3) realizzata con migliaia di spire con le relative capacità parassite, eccitata da un avvolgimento primario (4) di poche spire anch'esso in risonanza alla stessa frequenza. Quando il primario viene fatto oscillare, induce sul secondario una tensione che si localizza sul terminale di scarica (1). Non si tratta quindi, come erroneamente viene spesso detto, di un normale trasformatore elevatore; chi ha cercato di realizzare bobine di Tesla secondo

questo principio ha sempre fallito. Il circuito, infatti, deve essere fatto oscillare alla frequenza di risonanza, che può essere a seconda delle modalità costruttive di qualche decina di migliaia di Hertz o, più spesso, di centinaia di migliaia se non di MHz. L'oscillazione può essere sostenuta sia con dispositivi di natura elettronica sia con mezzi puramente elettrici, come nella versione originale di Nikola Tesla, inventore del dispositivo.

Sistemi allo stato solido

Con l'avvento dei semiconduttori, i generatori di alta tensione sono stati "miniaturizzati" e ciò grazie all'uso di transistor di dimensioni minime e con tensione collettore-emettitore di saturazione molto bassa che vengono utilizzati come interruttori (esattamente come nel nostro generatore, visibile in Figura 5) e permettono di realizzare oscillatori molto efficienti. Abbiamo evidenziato la VCE di saturazione, ma per quale motivo tale parametro è importante? Presto detto. Prendiamo un normale diodo al silicio; colleghiamo il suo anodo al positivo di una pila da 1,5 volt e misuriamo con un voltmetro la tensione tra catodo e negativo della pila: ebbene non misureremo 1,5 volt bensì

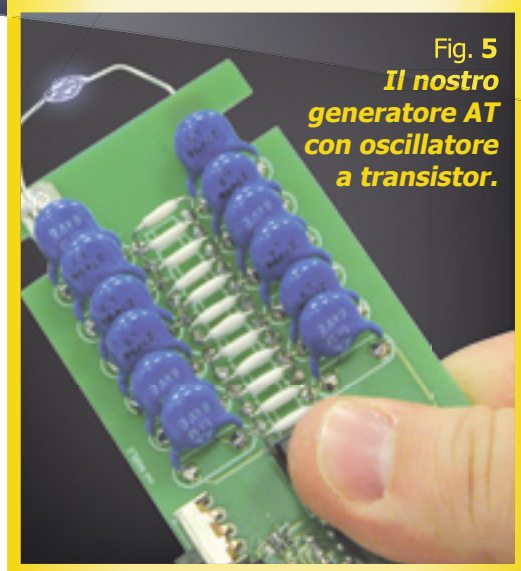
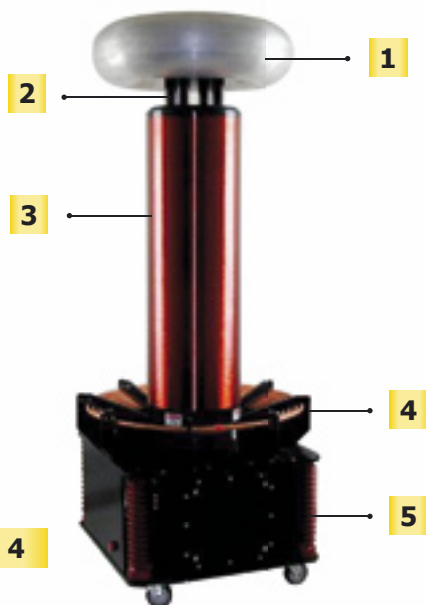


Fig. 5
Il nostro
generatore AT
con oscillatore
a transistor.

" $1,5 - 0,7 = 0,9$ V" in cui gli 0,7 V sono la caduta di tensione del diodo. Tale caduta provoca due svantaggi: riduce la tensione di alimentazione disponibile sull'apparecchio utilizzatore e causa una perdita di potenza pari ai 0,7 V moltiplicati per la corrente. Quanto illustrato per il diodo vale anche per i transistor: in saturazione, essi non si comportano come un interruttore meccanico chiuso (resistenza di contatto prossima a 0 ohm), bensì presentano una caduta di tensione tra emettitore e collettore denominata appunto $V_{CE_{SAT}}$. Un valore di 0,7 volt potrebbe sembrare insignificante ma, specie quando si ha a disposizione un'alimentazione a batteria di pochi volt, può essere determinante per il buon funzionamento del dispositivo. Nel nostro circuito sono stati utilizzati dei transistor (purtroppo disponibili solo in versione SMD) con una $V_{CE_{SAT}}$ di soli 0,15 volt massimi, che permettono di cedere al trasformatore elevatore quasi tutti i 6 V di batteria, a meno di 0,15 V di perdita.

Schema elettrico

Il circuito è costituito da un oscillatore tipo Royer semplificato al massimo, visto che non abbiamo bisogno di una tensione sinusoidale: tale oscillatore pilota un trasformatore elevatore ad alta frequenza, come quelli utilizzati nei computer portatili per l'alimentazione delle lampade CCFL ➤



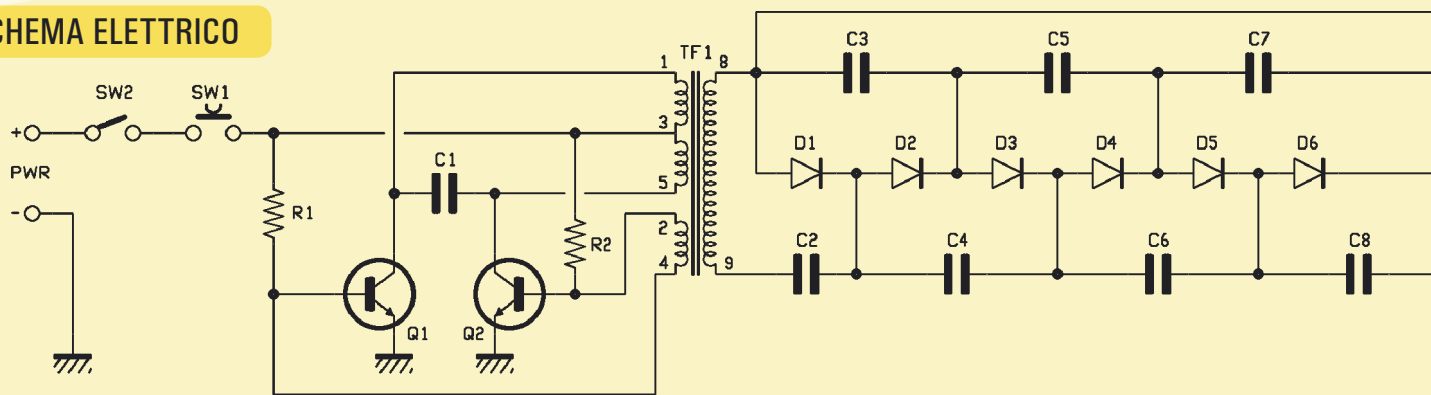
Struttura del trasformatore elevatore di Tesla.

LEGENDA

- 1** Terminale di scarica
- 2** Colonna isolante
- 3** Avvolgimento secondario
- 4** Avvolgimento primario
- 5** Circuito di controllo

Fig. 4

SCHEMA ELETTRICO



di retroilluminazione dei display. Infine il secondario del trasformatore è collegato ad un moltiplicatore di tensione a diodi e condensatori a dodici stadi.

Vediamo ora il circuito in dettaglio: l'oscillatore è costituito dai transistor Q1 e Q2, dal condensatore C1 e dai due primari del trasformatore TF1. Il primario con presa centrale di quest'ultimo (pin 1, 3 e 5) è pilotato alternativamente da T1 e da T2; una parte del segnale viene rinviata alle basi tramite l'avvolgimento di reazione (pin 2 e 4) che sostiene l'oscillazione. Le resistenze R1 e R2 forniscono la

polarizzazione di base indispensabile al funzionamento.

La frequenza dipende da molteplici fattori, tra cui l'avvolgimento, il condensatore C1 e le resistenze R1 e R2, nonché da altre variabili, non ultimo il carico sull'avvolgimento in uscita. Il trasformatore utilizzato è un FL2015-5, le cui caratteristiche sono riportate nel riquadro in basso. Notate che, pur essendo di dimensioni ridotte, il trasformatore ha una notevole potenza, quindi il nostro dispositivo non va considerato come un giocattolo. Essendo il circuito alimentato con 4 pile da 1,5 volt, per un totale di 6 volt, la

tensione in uscita, senza considerare le perdite inevitabili, è circa pari a:

$$V_{out} = 125 * (6 - V_{CEsat})$$

$$V_{out} = 125 * (6 - 0.15) = 731 \text{ Volt}$$

Questa tensione, di per sé ragguardevole, non solo è innocua, ma quasi inavvertibile al tocco, essendo alternata e di frequenza di qualche decina di migliaia di Herz. Questo per il noto 'effetto pelle', che fa sì che le tensioni alternate in alta frequenza circolino prevalentemente all'esterno dei conduttori, in questo caso del corpo umano.

Potrete tranquillamente afferrare i terminali di uscita del trasformatore, avvertendo al massimo un lieve pizzicore. Attenzione, abbiamo parlato dei terminali del trasformatore, non dell'uscita del moltiplicatore. Esamineremo meglio l'effetto pelle quando, in un prossimo articolo relativo alle bobine di Tesla, chiariremo come un apparecchio in grado di fornire scintille spettacolari anche di decine di centimetri non è pericoloso per l'uomo.

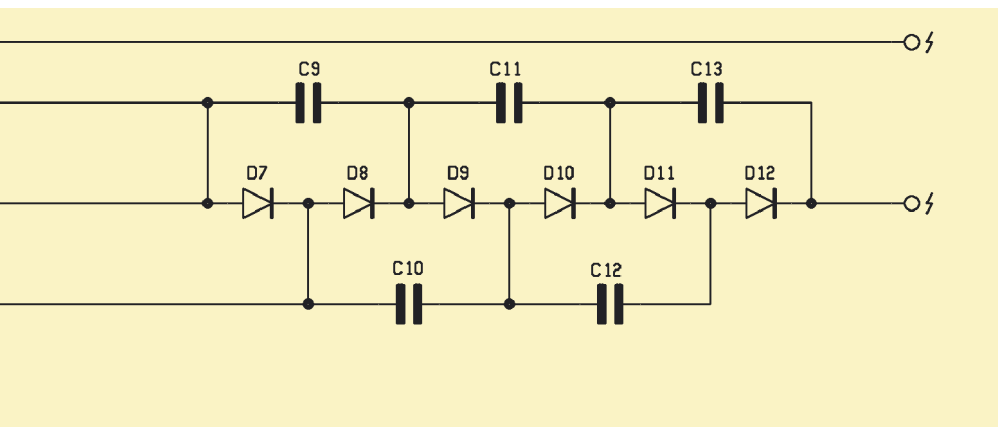
Proseguendo con lo schema elettrico, arriviamo al moltiplicatore a diodi. Si tratta di un comune elevatore tipo Villard, in grado di moltiplicare, in teoria, la tensione (alternata) in ingresso per il numero degli stadi, fornendo in uscita una tensione continua. Diciamo 'in teoria' perché, nella realtà, occorre tener conto di una caduta di tensione data dalla formula:

Il trasformatore A.T.

La serie di trasformatori FL, prodotta da CoilCraft (www.coilcraft.com), è progettata per l'impiego nei gruppi di alimentazione delle lampade fluorescenti operanti alla frequenza di 100 kHz. Disponibili con potenze comprese tra 3,5 a 6 watt, questi trasformatori sono adatti per fornire l'alta tensione necessaria ai pannelli fluorescenti della retroilluminazione dei display LCD. Di seguito riportiamo le caratteristiche del modello da noi utilizzato, l'FL2015-5.

• Rapporto spire primario/secondario	125
• Rapporto spire primario/feedback	0,38
• Corrente max secondario	7 mA
• Tensione RMS primario	12 V
• Tensione RMS secondario	1600 V
• Resistenza primario	0,16 ohm
• Resistenza secondario	330 ohm
• Induttanza	20 µH
• Potenza massima	6 watt
• Frequenza massima di funzionamento	100 kHz





$$\Delta U = \frac{I}{fC} \left(\frac{2}{3} n^3 + \frac{1}{2} n^2 - \frac{1}{6} n \right)$$

in cui si nota che la caduta di tensione del circuito è direttamente proporzionale alla corrente erogata, inversamente proporzionale alla frequenza ed alla capacità e soprattutto direttamente proporzionale ai due terzi del cubo del numero di stadi (n^3); per una decina di stadi, la caduta è circa 700 volte superiore a quella con un singolo stadio. È quindi ovvio che questo tipo di circuito è adatto per fornire correnti molto piccole e che il numero di stadi va comunque limitato a $10 \div 12$.

Nel nostro calcolo approssimativo trascuriamo la caduta dU e pertanto la tensione in uscita è pari a:

$$V = 12 * 731 = 8772 \text{ volt}$$

valore più che adeguato per generare una scintilla di 3-4 mm tra due punte connesse in uscita. Dicendo che il calcolo è approssimativo, non pensiate che lo sia in difetto; se abbiamo effettivamente trascurato le perdite, bisogna tener conto che il calcolo relativo al trasformatore è per un'onda sinusoidale; il nostro oscillatore Royer semplificato, invece, genera un'onda piuttosto squadrata, cosa che aumenta notevolmente la tensione in uscita dal trasformatore per effetto delle armoniche. Purtroppo non abbiamo a disposizione un misuratore di alta tensione quindi l'effettivo valore della tensione rimarrà un mistero.

Come ultime note relative allo schema elettrico, sappiate che il circuito può essere alimentato con una batteria a 9 V, ma in questo caso l'intensità delle scintille è inferiore perché la corrente assorbita dal circuito fa cadere la tensione di batteria a circa 5 V. Notate inoltre che abbiamo previsto un interruttore di alimentazione in serie ad un pulsante, quest'ultimo utilizzato per innescare la scintilla.

Effetti dell'alta tensione

Acceso il dispositivo ed avviata la scintilla, l'effetto ottico (e acustico) è sicuramente spettacolare; esiste però un punto molto importante che merita di essere evidenziato: a differenza della tensione in uscita dal trasformatore (che era in alternata ad alta frequenza), dal moltiplicatore esce una tensione continua intorno ai 10.000 volt. Questo potenziale, oltre che molto doloroso, può essere anche molto pericoloso per l'uomo. Anche se la corrente che il circuito elevatore può generare non è molto intensa, è comunque sufficiente per danneggiare un cuore non in perfette condizioni, quindi l'apparec-

chio deve essere utilizzato solamente per lo scopo per cui lo abbiamo realizzato ossia come generatore di arco voltaico didattico. Date le tensioni e le alte frequenze in circolo, il circuito può interferire con i dispositivi per il sostentamento vitale quali ad esempio i pace-maker, quindi tenetelo spento e ben lontano da chi vive grazie a supporti elettronici esterni. Sappiate inoltre che la scintilla di natura elettrica genera sempre e comunque dei disturbi elettromagnetici: tali disturbi possono interferire anche con apparecchiature elettroniche meno vitali, quali telefoni cellulari, personal computer ed altro. I contatti in uscita, infine, sono costituiti da due spezzoni di filo rigido opportunamente distanziati in modo che le scintille possano scoccare in continuazione; se sono troppo distanti, i condensatori del moltiplicatore si caricano troppo e tendono a scaricarsi sulle piste del circuito stampato più vicine tra loro, con possibilità di danneggiamento dei componenti. L'effetto dell'arco voltaico provoca la scomposizione delle molecole di ossigeno e la successiva ricomposizione in formato triatomico (instabile), generando l'ozono, che ha un odore particolare e che è meglio non inalare.

Montaggio

Il circuito è quasi interamente a montaggio superficiale, anche per quanto concerne i diodi e i condensatori che sono tradizionali a inserzione ma che vanno saldati dal lato componenti, come gli elementi in SMD: ciò al fine di poter tenere separata la pista di ritorno di massa che scorre sotto al lato componenti. In caso contrario, infatti, ➤

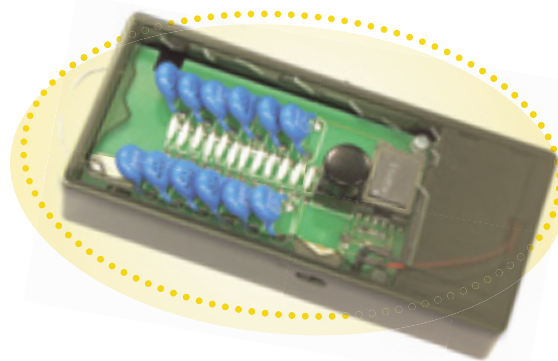


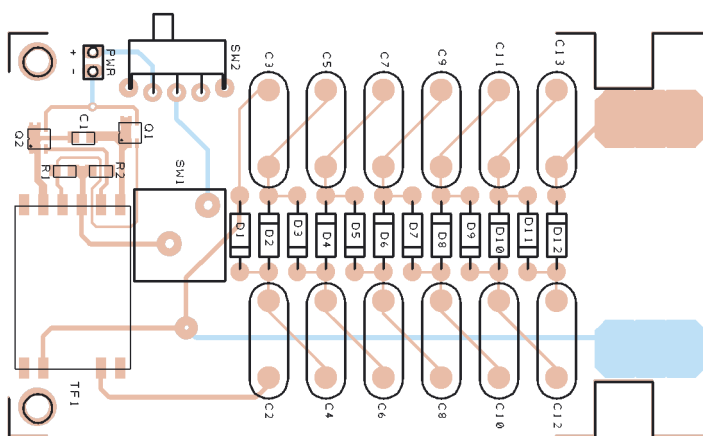
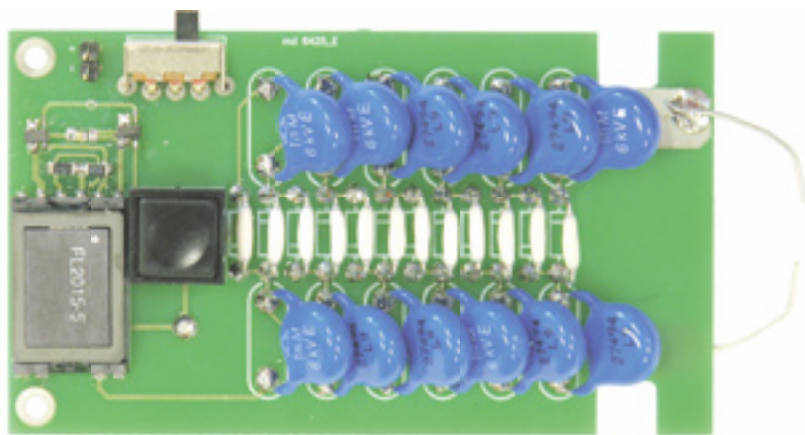
Fig. 6 - Viste le elevate tensioni in gioco, è opportuno racchiudere il circuito in un contenitore plastico dotato di vano portapile, come ad esempio il modello SC701 da noi utilizzato.

ELENCO COMPONENTI:

R1: 1,5 kohm SMD
 R2: 1,5 kohm SMD
 C1: 470 nF multistrato SMD
 C2÷C13: 1 nF 6000 VL ceramico
 D1÷D12: BY8414
 Q1: NSS20201MR6
 Q2: NSS20201MR6
 TF1: FL2015-5
 SW1: Pulsante quadro
 SW2: Deviatore slitta 90°

Varie:

- Strip maschio 2 vie
- circuito stampato codice S718



I diodi (D1÷D12) e i condensatori (C2÷C13) sono stati saldati dal lato componenti in modo da non forare la basetta che, in questo caso, funge da isolante tra l'elevatore di tensione e la pista di massa.

l'alta tensione si scaricherebbe prima su questa che tra le punte in uscita. I componenti sono comunque pochi e robusti; i transistor SMD, pur essendo microscopici, hanno solo tre terminali e sono alquanto resistenti termicamente. Come spiegato negli altri montaggi SMD che abbiamo presentato nei numeri scorsi, l'attrezzatura necessaria si riduce a un buon saldatore con punta fine, stagno da 0,3 mm o meno di diametro, fluxante liquido o in gel e una buona lente di ingrandi-

mento, magari inclusa in una lampada da tavolo. Vanno montati per primi i componenti più piccoli, quindi transistor, resistenze e condensatore SMD; poi gli elementi del moltiplicatore (diodi e condensatori) i cui terminali vanno accorciati a poco meno di 1 cm di lunghezza e saldati direttamente sulle apposite piazzole. Si montano infine i componenti più ingombranti, cioè il trasformatore, l'interruttore e il pulsante. L'eventuale portatile va incollato sul retro della basetta in

modo da ottenere un circuito molto compatto. Sugeriamo di inserire il tutto in un contenitore plastico con vano portatile (Figura 6), in modo da evitare l'incontro ravvicinato con una scossa da 9 kV. Sul piano di montaggio potete vedere come devono essere montati gli elettrodi tra i quali scocca l'arco voltaico. Se il montaggio è stato effettuato correttamente, è sufficiente accendere il dispositivo e premere il pulsante per vedere scoccare la scintilla tra le punte metalliche.

per il

MATERIALE

Tutti i componenti utilizzati in questo progetto possono essere acquistati presso i rivenditori di materiale elettronico. Il master del circuito stampato a doppia faccia in dimensioni reali è scaricabile gratuitamente dal sito della rivista (www.elettronica.in.it).

Caricabatterie auto con controllo di carica

di *Cristiano Ruggeri*

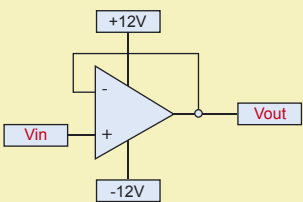
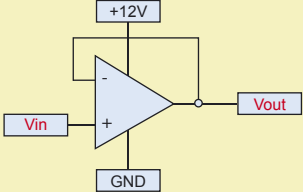
Permette di caricare a corrente costante le batterie al piombo da 12 V utilizzate nelle autovetture e nelle moto. La fase di carica, eseguita con corrente regolabile tra 0 e 4 ampere, viene interrotta quando uno specifico circuito di controllo verifica che la tensione della batteria ha raggiunto i 14 volt. È anche dotato di un voltmetro a led e di un amperometro, che visualizzano i valori di tensione e corrente di carica.

Chi guida un'autovettura sa, o almeno dovrebbe sapere, che lo stato della batteria deve essere verificato abbastanza frequentemente: è infatti dalla batteria che il motorino di avviamento trae l'energia necessaria per avviare il motore, ed è sempre la batteria che alimenta i sistemi elettronici ausiliari (chiusura centralizzata delle portiere, immobilizzatore, chiusura vetri automatica, centraline di vario tipo, eccetera) di cui tutti gli autoveicoli moderni sono forniti. Basti pensare che durante la breve fase di avviamento, il motorino assorbe tipicamente una potenza di circa 1 kW (se non di più): ciò significa che la

batteria deve essere in grado di erogare 80 e più ampere senza cadute di tensione al di sotto della tensione nominale di 12 V: ciò può essere garantito solo da una buona carica e da una perfetta efficienza della batteria. Va aggiunto, inoltre, che la batteria al piombo per auto non è indistruttibile né eterna poiché si deteriora, oltre che per i normali cicli di carica e scarica, anche - ed in misura più significativa - per i cicli di scarica repentini seguiti da brevi cicli di ricarica ad alta corrente: ciò è quanto accade in condizioni di guida urbane, caratterizzate da avviamenti frequenti e brevi tragitti. Quanto appena esposto ➤

Nei tradizionali amplificatori operazionali (solitamente economici e molto comuni), le tensioni in uscita e ingresso non possono raggiungere il valore della tensione di alimentazione. Tipicamente, i valori minimo e massimo ottenibili in uscita ed applicabili in ingresso, si calcolano empiricamente sottraendo 2V alla tensione positiva e aggiungendo 2V alla tensione negativa o alla massa. Pertanto, un operazionale comune alimentato con tensione duale di ± 12 V accetta in ingresso e fornisce in uscita una tensione massima di circa ± 10 V. Se lo stesso operazionale fosse alimentato con tensione singola di +12V, ingresso e uscita potrebbero oscillare solamente tra +2 e +10V.

L'avvento di particolari soluzioni circuitali ha reso possibile la realizzazione di amplificatori operazionali in grado di raggiungere, sia in ingresso che in uscita, almeno uno se non entrambi gli estremi dell'alimentazione: ciò significa che alimentando l'operazionale a ± 12 V, esso garantisce sia in ingresso che in uscita ± 12 V. Usando un po' di immaginazione, si può paragonare il segnale analogico (sia in ingresso che in uscita) ad una pallina che si muove tra le due rotaie (corrispondenti alla tensione di alimentazione) di un binario, da cui il nome "da rotaia a rotaia", ossia "Rail-to-Rail" in Inglese. L'LM358A da noi utilizzato è un "Rail to VCC-1,5": ciò significa che, quando viene alimentato a tensione singola, ingresso e uscita possono variare tra massa e 1,5 V in meno della tensione di alimentazione. Tale capacità è stata sfruttata per ottenere la regolazione della corrente con una tensione di riferimento compresa tra 0 e 0,7 V, generata tramite un semplice inseguitore di tensione.

Tipo di alimentazione (duale o singola)	Operazionale comune	Operazionale Rail to (Vcc-2)	Operazionale Rail to Rail
	Vin: -10 V ÷ +10 V Vout: -10 V ÷ +10 V L'uscita non può raggiungere gli estremi delle tensioni di alimentazione.	Vin: -12 V ÷ +10 V Vout: -12 V ÷ +10 V L'uscita riesce a raggiungere l'estremo della tensione negativa.	Vin: ± 12 V Vout: ± 12 V L'uscita riesce a raggiungere entrambi gli estremi delle tensioni di alimentazione.
	Vin: +2 V ÷ +10 V Vout: +2 V ÷ +10 V L'uscita non può raggiungere gli estremi della tensione di alimentazione e del potenziale di massa.	Vin: 0 V ÷ +10 V Vout: 0 V ÷ +10 V L'uscita riesce a raggiungere l'estremo del potenziale di massa.	Vin: 0 V ÷ +12 V Vout: 0 V ÷ 12 V L'uscita riesce a raggiungere entrambi gli estremi delle tensioni di alimentazione.

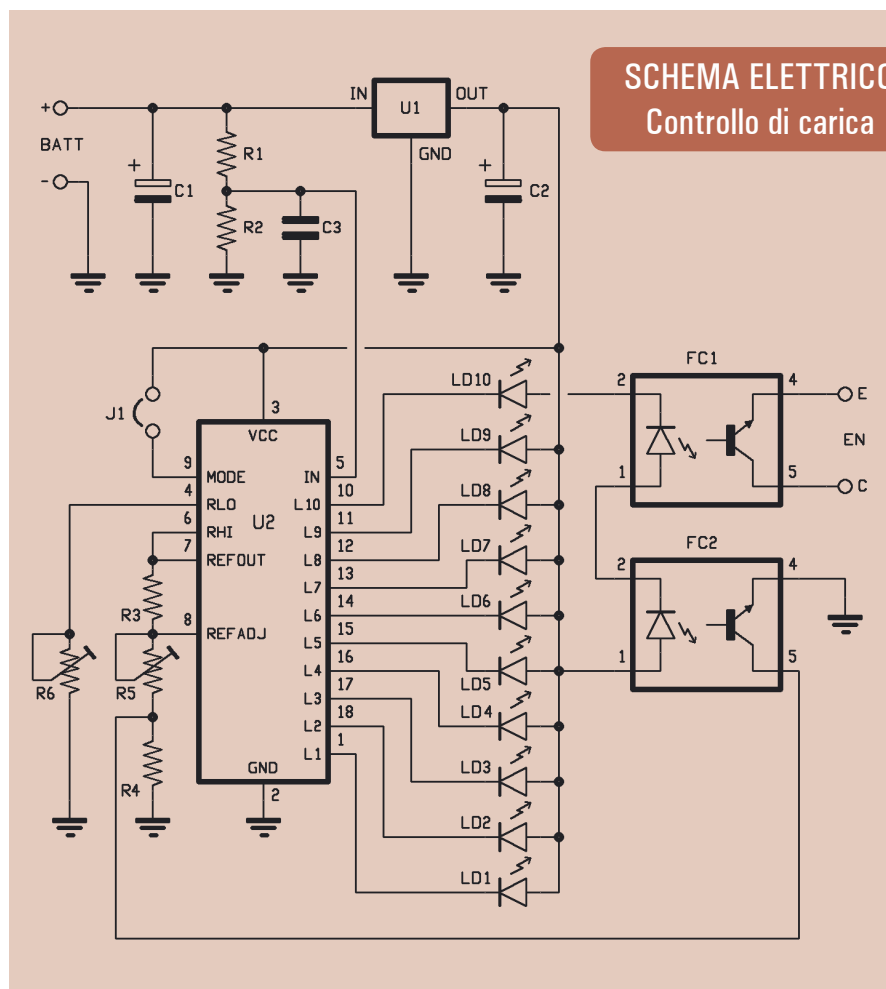
di tensione, il generatore di corrente ed il circuito di interruzione. Relativamente al primo blocco, esso presenta un'architettura classica: la tensione di alimentazione a 230 Vac viene abbassata a 15 Vac tramite un trasformatore toroidale (TF1), il cui secondario è collegato agli ingressi AC del ponte raddrizzatore realizzato da D1, D2, D3 e D4, quattro diodi in grado di operare con correnti da 6A. All'uscita del ponte raddrizzatore è collegato un condensatore elettrolitico da 4.700 μ F (C1) ai cui capi misuriamo una tensione continua di circa 21÷22 V a vuoto. Tale tensione viene utilizzata per fornire energia sia al generatore di corrente (quindi al circuito di ricarica) che al regolatore di tensione U1. Quest'ultimo, un 7808 alimentato attraverso la resistenza R1 da 39 ohm, stabilizza la tensione al suo ingresso al valore di 8 volt in uscita, necessari per il funzionamento del circuito di pilotaggio del generatore di corrente. La resistenza R1 serve per

ridurre la tensione in ingresso allo stabilizzatore, in modo da limitare la dissipazione di calore. Il circuito di controllo è realizzato con i due amplificatori operazionali U2a e U2b, contenuti entrambi nel circuito integrato LM358A. È stato scelto questo chip in quanto i due operazionali in esso contenuti hanno l'uscita "Rail to Vcc-1,5" ossia in grado di fornire un valore di tensione più basso di circa 0V / 1,5V rispetto alla tensione di alimentazione (nel nostro caso 6,5 V); questo aspetto è analizzato meglio nel riquadro in alto.

Vediamo ora come funziona lo stadio pilota del generatore di corrente. Tutto il circuito viene alimentato ad 8 volt e necessita di una tensione di riferimento a 0,7 V circa, ottenuta tramite il circuito composto dalla resistenza R2, dal diodo D5 e dal condensatore C4 (quest'ultimo serve per rimuovere il rumore elettrico tipico dei diodi in conduzione). Il potenziometro R3, utilizzato per regolare la corrente di carica, è fi-

sicamente collegato in parallelo al diodo D5, pertanto sul suo cursore è prelevabile una tensione compresa tra 0 e 0,7V circa, tensione che viene applicata all'ingresso non invertente di U2a tramite la rete di filtraggio e ritardo R4/C5. Questa rete serve sia per pulire la tensione proveniente dal cursore del potenziometro (che essendo un contatto a scorrimento può generare disturbi da falso contatto) sia per generare un ritardo minimo tra la regolazione del potenziometro e la conseguente reazione del generatore di corrente. Sull'uscita di U2a, utilizzato come inseguitore di tensione, ritroviamo la tensione presente sul cursore del potenziometro, però ben filtrata e con una impedenza più bassa. Tale tensione raggiunge l'ingresso non invertente di U2b attraverso la resistenza R6 da 1 kohm, che serve per ridurre gli effetti degli off-set da accoppiamento in continua (U2a e U2b sono infatti "accoppiati" tra loro in continua). Dopo aver analizzato lo stadio che ➤

fornisce la tensione di riferimento, vediamo ora il generatore di corrente vero e proprio: anche se il circuito è più complesso, U2b realizza un inseguire di tensione a guadagno unitario esattamente come U2a, con la sola differenza che la sua uscita pilota la base di un transistor anziché il proprio ingresso invertente. Analizziamo quindi il funzionamento un po' più nel dettaglio, ipotizzando di applicare una tensione di riferimento di 0,35 V al piedino non invertente di U2b. Poiché il piedino invertente viene tenuto a 0 V dal condensatore elettrolitico C7 (inizialmente scarico) l'uscita di U2b tende a saturare positivamente e pertanto polarizza, attraverso il partitore resistivo R8/R9, la base del transistor T1, un Darlington modello BDX53C. Il suo collettore è collegato verso massa tramite la resistenza di potenza R11, in parallelo alla quale è collegato il trimmer R10. Il cursore di quest'ultimo, collegato al condensatore C7, chiude il circuito di retroazione sul pin invertente di U2b attraverso la resistenza R7 da 1 kohm. Si può pertanto affermare che quando T1 è in conduzione, la corrente che fluisce tra collettore ed emettitore passa anche attraverso la resistenza R11, ai cui capi si crea una differenza di potenziale che va a caricare il condensatore C7 attraverso il trimmer. Ipotizziamo, per semplicità di descrizione, che il trimmer sia regolato al 100%, in modo da avere sul suo cursore la stessa tensione presente ai capi della resistenza R11: bene, se in R11, da 0,22 ohm, scorrono 1,59 A, ai suoi capi possiamo misurare 0,35 V, che vengono riportati esattamente al pin invertente di U2b. Ora sia l'ingresso invertente che quello non invertente si trovano alla stessa tensione per cui l'uscita dell'operazionale, che precedentemente era saturata, scende sino ad un valore in grado di mantenere polarizzato T1 quanto basta per garantire la condizione di equilibrio, condizione che si verifica solo quando entram-



bi gli ingressi dell'operazionale si trovano allo stesso potenziale. Abbiamo in questo modo stabilito che una tensione di riferimento di 0,35 V determina una corrente di emettitore di 1,59 A. Ritoccando leggermente il trimmer, è possibile stabilire la relazione di 0,175 V x Ampere, necessaria per garantire una corrente di 4 A con una tensione di riferimento di 0,7 V. Ma da dove arriva una corrente così elevata? Essa viene prelevata dal circuito di alimentazione a 21 V non stabilizzato (in pratica, al positivo di C1, che nello schema abbiamo chiamato +V): dapprima passa attraverso il contatto normalmente chiuso del relé RL1 (utilizzato nel circuito di interruzione della carica), poi attraversa la batteria e infine raggiunge il collettore di T1. Quindi la batteria viene sempre attraversata da corrente costante, indipendentemente dalla tensione localizzata ai suoi capi.

Rimane da vedere il circuito di interruzione della carica, necessario solo se si completa il progetto con il dispositivo di controllo. Esso è rappresentato, sinteticamente, dal relé RL1 e dal fotoaccoppiatore FC1. Quando si cortocircuitano i morsetti ENC ed ENE, la serie costituita da R12, FC1 e R13 viene chiusa verso il positivo a 8 V. La corrente che fluisce in tale serie fa sì che ai capi della resistenza R13 si crei una differenza di potenziale sufficiente a portare in saturazione (attraverso la resistenza R14) il transistor T2, il quale fa illuminare il led LD1 e attiva il relé. Quest'ultimo apre il contatto ed interrompe l'erogazione di corrente alla batteria. Inoltre il fotodiodo di FC1 manda in conduzione il fototransistor che collega a massa il piedino non invertente di U2a attraverso la resistenza R16 (220 ohm), togliendo in questo modo la tensione di riferimento per

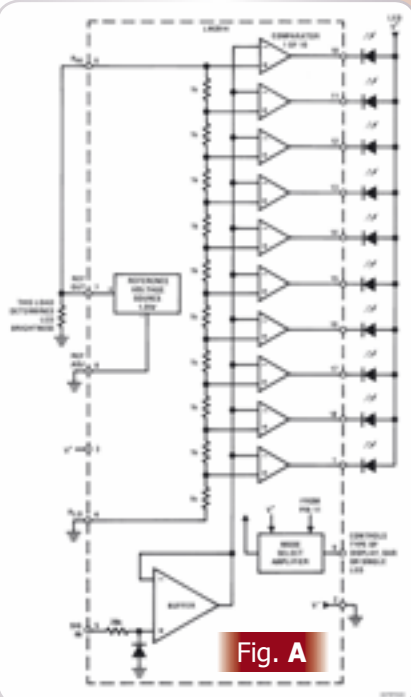


Fig. A

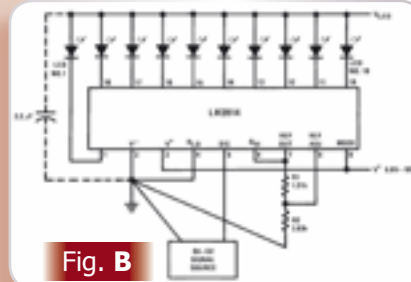


Fig. B

L'LM3914, chip in formato DIL a 18 piedini, realizza la funzione di voltmetro a led. Al suo interno (Figura A) sono presenti dieci comparatori di tensione i cui ingressi invertenti sono collegati tra loro e che ricevono la tensione in ingresso (pin 5) attraverso un buffer di disaccoppiamento, utilizzato come inseguitore di tensione a guadagno unitario. Gli ingressi non invertenti, invece, sono collegati ognuno ad un nodo di una serie di dieci resistenze da 1 kohm, serie i cui estremi fanno capo ai pin R_{LO} (pin 4, riferimento di tensione basso) e R_{HI} (pin 6, riferimento di tensione alto), in modo da generare ai comparatori dieci tensioni di riferimento distanti l'una dall'altra di un decimo della differenza di tensione tra i pin 4 e 6. Se per esempio R_{LO} fosse a massa e R_{HI} valesse 2 V, il primo led si accenderebbe con una tensione di 0,2 V in ingresso, il secondo con 0,4 V e così via fino al decimo, che si accenderebbe con 2 V in ingresso. Questo chip contiene altri due circuiti molto interessanti: il selettore di modo e il generatore di corrente di riferimento. Il selettore di modo controlla lo stato del pin 9 (aperto o collegato al positivo di alimentazione) e seleziona la modalità di visualizzazione a punto mobile o a barra mobile: nel primo caso viene acceso solo il led corrispondente alla tensione in ingresso, mentre nel secondo tutti i led associati a tensioni più basse di quella in ingresso vengono mantenuti accesi, visualizzando in tal modo una barra di led. Il generatore di corrente di riferimento, invece, regola sia la corrente che scorre nei led che la tensione di riferimento presente sul pin REFOUT. La corrente nei led viene calcolata con la formula $I_{LED} = 12,5 / R1$. La resistenza R1 è collegata fisicamente tra i pin 5 (REFOUT) e 8 (REFADJ): nel nostro caso, avendo utilizzato una resistenza da 2,7 kohm, facciamo scorrere nei led una corrente costante di 4,6 mA circa.

Sul pin REFOUT è presente una tensione di riferimento che può essere calcolata con la formula:

$$V_{REFOUT} = 1,25 \times (1 + R2/R1).$$

Se R2 vale 0 ohm (REFADJ a massa), la tensione su REFOUT vale 1,25 V. Nell'esempio di figura B, la corrente nei led è di 10 mA circa ($12,5 / 1210$), mentre la tensione REFOUT è di circa 4 V (ottenuti applicando la formula vista in precedenza), utilizzati per dare il riferimento alto al pin R_{HI} .

il generatore di corrente. La batteria, pertanto, viene scollegata ed il generatore di corrente viene regolato per erogare una corrente prossima a 0 A. Questa situazione permane fino a che non si aprono i contatti ENC e ENE, i quali vengono gestiti dal circuito di controllo della carica. Qualora non vogliate utilizzare alcun controllo, i componenti R12, FC1, R13, R14, T2, LD1, R15, D6, DZ1, RL1 e R16 possono essere omessi, avendo cura di rimpiazzare il contatto normalmente chiuso del relé con un robusto ponticello saldato (almeno di sezione 1,5 mm²).

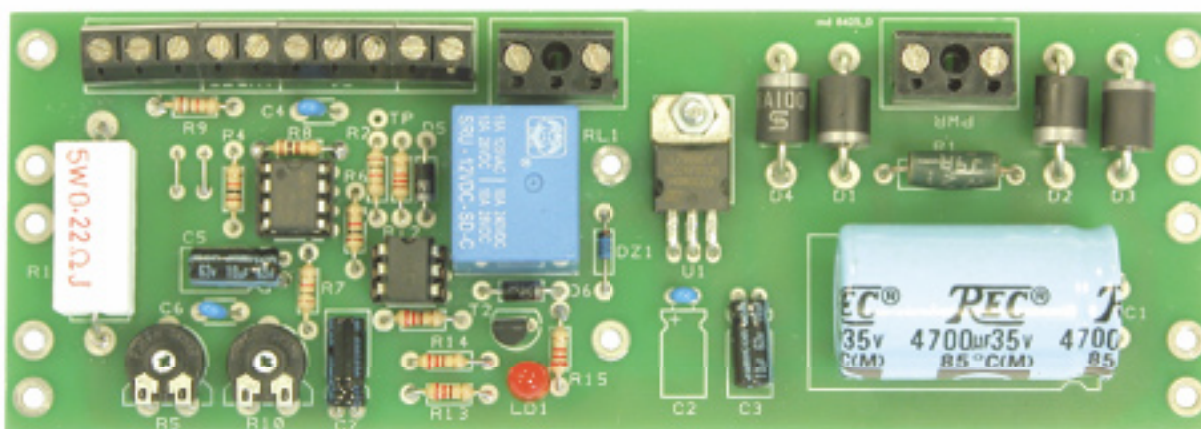
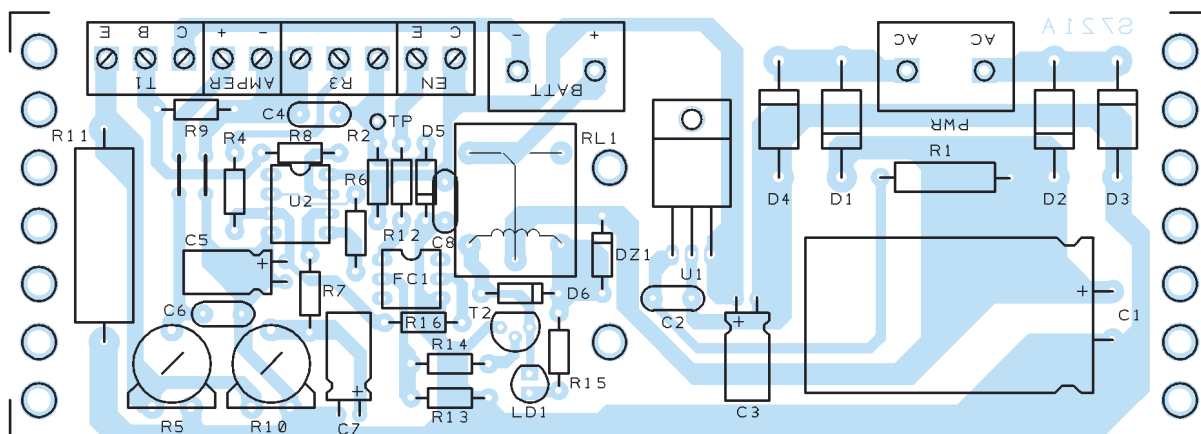
Il trimmer R5 (collegato in parallelo alla resistenza di potenza R11, come l'R10) serve per regolare la lettura della corrente di fondo scala su un microamperometro analogico (collegato ai morsetti $\pm$ Ampere) qualora vogliate avere un'indicazione visiva della corrente di carica.

Il controllo di carica

Per verificare lo stato di carica della batteria abbiamo utilizzato una soluzione abbastanza particolare che fa uso di un voltmetro a led modello LM3914 e due fotoaccoppiatori 4N25. Ma procediamo per gradi. Il circuito va collegato direttamente in parallelo alla batteria dalla quale preleva l'alimentazione: la tensione viene stabilizzata a 8 V dall'integrato U1, un 7808. Prestate attenzione a un particolare molto importante: questo circuito non condivide la massa né la tensione di alimentazione del generatore di corrente; gli unici punti in cui i due circuiti risultano elettricamente collegati sono i morsetti + e - (quest'ultimo non è a massa) della batteria e le due linee di abilitazione ENC e ENE. Le resistenze R1 e R2 (insieme al condensatore C3) formano un partitore di tensione che riporta la tensione di batteria, attenuata di

circa otto volte, direttamente in ingresso al voltmetro (pin 5), il quale accende i 10 diodi led in proporzione al valore letto in ingresso. Il trimmer R5 serve per regolare la tensione di ingresso massima, che corrisponde all'accensione del diodo led LD10, mentre il trimmer R6 regola la tensione di ingresso minima, che corrisponde al led LD1.

Man mano che la tensione ai capi della batteria sale, i led si illuminano in ordine crescente fino a quando si accende anche l'ultimo, che deve essere associato al valore di carica della batteria di 14 V circa. Insieme a LD10 (rosso), vengono alimentati i diodi dei fotoaccoppiatori FC1 e FC2, i cui transistor vanno in saturazione: il primo comanda gli ingressi ENE e ENC del circuito di esclusione del generatore di corrente (già visto in precedenza) che pertanto sospende l'erogazione di corrente; il



ELENCO COMPONENTI:

R1: 39 ohm 2 W
 R2, R6, R7: 1 kohm
 R3: potenziometro 10 kohm lineare
 R4: 10 kohm
 R5: Trimmer MO 10 kohm
 R8: 100 ohm
 R9: 4,7 kohm
 R10: trimmer MO 1 kohm
 R11: 0,22 ohm 5 W
 R12: 1,2 kohm
 R13, R14, R16: 220 ohm
 R15: 2,2 kohm

C1: 4700 μ F 35 VL elettrolitico
 C2, C4, C6: 100 nF multistrato
 C3, C5: 10 μ F 63 VL elettrolitico
 C7: 1 μ F 100 VL elettrolitico
 U1: 7808
 U2: LM358A
 FC1: 4N25
 D1÷D4: 6A100
 D5, D6: 1N4007
 DZ1: zener 6,1 V 1 W
 T1: BDX53C
 T2: BC337
 LD1: led 5 mm rosso

RL1: Relé 12 Vdc

Varie:

- Zoccolo 3+3
- Zoccolo 4+4
- Morsetti 2 poli (2 pz.)
- Morsetti 2 poli passo 10 mm (2 pz.)
- Morsetti 3 poli (2 pz.)
- Trasformatore toroidale 2x15Vac/80VA (8015)
- Dado 3 MA
- Vite 10 mm 3 MA
- Circuito stampato

secondo, invece, cortocircuita la resistenza R4 da 390 ohm, in modo da abbassare di circa 0,17 V la tensione di riferimento superiore del voltmetro, realizzando in questo modo un semplice "trigger di Schmitt" (comparatore che verifica lo stato di due valori di tensione in ingresso). In pratica, il controllo si attiva (e toglie corrente) con una tensione di

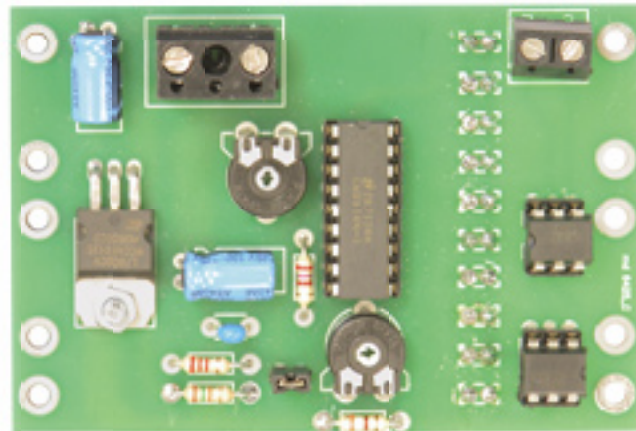
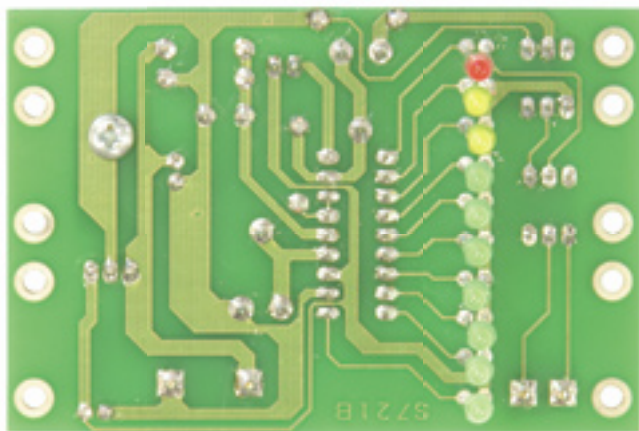
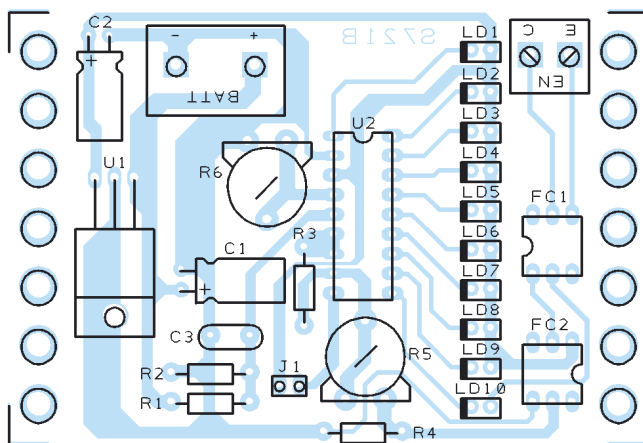
batteria di 14 V e si disattiva quando tale tensione scende a circa 13 V. Il jumper J1 serve per selezionare il metodo di visualizzazione: quando è chiuso si attiva il modo "a barra" (sono accesi tutti i led dal primo a quello corrispondente alla tensione in ingresso); viceversa di abilita il modo "a punto" (è acceso solo il led corrispondente alla tensione in

ingresso). La resistenza R3 serve per determinare sia la corrente che scorre nei led sia quella che scorre in R5 ed R4, resistenze necessarie per stabilire il valore della tensione di soglia superiore.

Per maggiori dettagli sul ruolo della resistenza R3, potete fare riferimento al riquadro dedicato al chip LM3914.

Come potete notare nelle illustrazioni, entrambi i circuiti impiegano solo ed esclusivamente componenti standard ad inserzione (alcuni dei quali di dimensioni importanti e quindi piuttosto facili da maneggiare) montati su due circuiti stampati monofaccia dalle dimensioni altrettanto abbondanti. In ragione di ciò, riteniamo che il montaggio dei due dispositivi sia alla portata di chiunque.

Relativamente al generatore di corrente (a sinistra è visibile il prototipo montato), i diodi di potenza e le resistenze R1 e R11 devono essere montati sollevati dal circuito stampato, in modo da favorire la dissipazione del calore generato durante il normale funzionamento.



Tutti i condensatori elettrolitici (in entrambi i circuiti) vanno montati ripiegati sulla basetta. Nel controllo di carica (foto qui sopra) i led devono essere saldati sul lato piste. Prestate attenzione alla posizione dell'anodo (reoforo più lungo) che, osservando le foto, si trova alla destra del circuito. Gli stabilizzatori sono montati a 90° e fissati ai circuiti tramite due viti da 3 MA con relativo dado.

In generale, fare attenzione al verso dei componenti polarizzati.

ELENCO COMPONENTI:

R1: 15 kohm
R2: 2,2 kohm
R3: 2,7 kohm
R4: 390 ohm
R5: Trimmer MO 4,7 kohm
R6: Trimmer MO 47 kohm
C1, C2: 100 µF 25 VL elettrolitico
C3: 100 nF multistrato
U1: 7808
U2: LM3914N
FC1, FC2: 4N25
LD1÷LD7: led 3 mm verde

LD8, LD9: led 3 mm giallo
LD10: led 3 mm rosso

Varie:

- Zoccolo 3+3 (2 pz.)
- Zoccolo 9+9
- Morsettiere 2 poli
- Morsettiere 2 poli passo 10 mm
- Strip maschio 2 vie
- Jumper
- Dado 3 MA
- Vite 10 mm 3 MA
- Circuito stampato

Realizzazione pratica

La realizzazione dei circuiti descritti in questo articolo non presenta particolari difficoltà: entrambi, infatti, impiegano componenti ad inserzione di dimensioni normali, montati su due circuiti stampati monofaccia facilmente riproducibili con la tecnica della fotoincisione. I master dei due PCB sono, come sempre, scaricabili

in formato 1:1 dal sito della rivista (www.elettronica.in.it). Iniziamo il montaggio partendo dal generatore di corrente. Avendo a disposizione il circuito stampato già forato, iniziate a saldate tutti i componenti a basso profilo, ossia le resistenze, i condensatori, i due ponticelli a filo posti in prossimità di R9 ed R4, gli zoccoli per l'integrato e l'optoisolatore, i

trimmer, i condensatori non polarizzati, i transistor ed i diodi (tutti) di piccole dimensioni, facendo attenzione al verso di inserzione. Saldare quindi i diodi di potenza (tenendoli sollevati di circa 3 mm dal PCB) i condensatori elettrolitici piccoli (attenzione anche in questo caso al verso di inserzione) che, come visibile nel piano di montaggio, vanno mon-



Fig. 1 - Per proteggere i terminali è consigliabile utilizzare del termorestringente.

tati posizionati sul fianco. Proseguite montando le morsettiere, lo stabilizzatore (che va inserito a 90°, come visibile nel piano di montaggio), il relé, la resistenza di potenza R11 (distanziata di qualche mm dal PCB) e infine il condensatore elettrolitico da 4700 µF (C1), montato anch'esso di fianco.

La realizzazione del controllo di carica è più semplice. Montate prima i pochi componenti a basso profilo (resistenze, zoccoli, condensatori non polarizzati, trimmer...), procedete quindi con i condensatori elettrolitici e lo stabilizzatore di tensione, montati tutti a 90° (vedere il piano di montaggio), procedete con le due morsettiere e terminate con i dieci led, che devono essere inseriti ad un'altezza dipendente dal modo in cui fisserete il circuito al pannello frontale del vostro contenitore. Per il momento non inserite i circuiti integrati, in quanto dobbiamo procedere con le varie verifiche di montaggio e di funzionamento.

Collaudo e taratura

Prima di ultimare ed utilizzare il dispositivo, è necessario effettuare i dovuti collaudi, per essere certi di non avere commesso errori: stiamo infatti parlando di un oggetto in grado di erogare una certa potenza ed eventuali errori di montaggio potrebbero causare fragorosi botti e maleodoranti nuvolette di fumo: a collaudo effettuato è possibile quindi tarare il circuito. Procediamo comunque per gradi.

Il generatore di corrente

Innanzitutto dovete disporre di una lampadina a 12 V 30÷40 W circa (una lampadina anabbagliante per uso automobilistico va benissimo), sulla quale collegate due fili: vi ser-

virà come carico per simulare la presenza della batteria. Verificate che il chip U1 e il transistor T1 non siano connessi al circuito. Collegate il trasformatore ai morsetti PWR 15Vac ed il potenziometro alla morsettieria R3, in cui il morsetto centrale rappresenta il cursore. In Figura 1 potete vedere il collegamento corretto.

Fornite alimentazione al trasformatore e verificate in sequenza le seguenti tensioni:

- +V ai capi del condensatore da 4.700 µF: dovete misurare circa 21÷22 V. Lo stesso valore deve essere rilevato sul morsetto +BATT.
- +8 V all'uscita di U1 (7808) e sul pin 8 dello zoccolo di U2.

Fig. 2

Transistor di potenza fissato al dissipatore ed isolato da esso tramite un foglietto di mica e una rondella isolante. La resina siliconica (bianca) favorisce la dissipazione del calore.



- +0,7 V circa ai capi del diodo D5 (annotare il valore esatto: vi servirà in seguito).
- 0 ÷ 0,7 V circa sul pin 3 di U2a, variabili tramite il potenziometro.

A questo punto spegnete il circuito ed attendete il tempo necessario affinché il condensatore di filtro si scarichi. Nel frattempo saldate ai pin del BDX53C (montato su un robusto dissipatore) tre fili di colore differenti e di sezione adeguata (almeno 1 mm² per collettore ed emettitore). Il risultato che dovete ottenere è visibile in Figura 2. Collegate ora il transistor (rispettando la pin-out) alla morsettieria T1 vicino alla resistenza da 0,22 ohm 5 W. Inserite il chip U2 nello zoccolo, portate il potenziometro al minimo (la tensione sul cursore è 0 V) e riaccendete il circuito: sul pin 1 di U2 dovete misurare circa la stessa tensione misurabile sul

cursore del potenziometro. Provate a regolare quest'ultimo e verificate che il pin 5 di U2b assuma lo stesso valore. Il pin 7, invece, deve essere saturato positivamente (ossia si deve trovare a circa 6,5 V). Portate il potenziometro al minimo e regolate il trimmer R10 al massimo (cursore verso l'emettitore di T1), quindi collegate la lampadina ai morsetti + e - BATT. Regolate ora il potenziometro con molta delicatezza, fino a far accendere leggermente il filamento della lampadina. Notate che il livello di incandescenza dipende dalla posizione del potenziometro.

Ora è necessario tarare il trimmer R10 in modo che il potenziometro effettui la regolazione tra 0 e 4 A. Ruotate il perno del potenziometro in modo da misurare sul suo cursore (morsetto centrale della morsettieria) una tensione pari a metà della caduta di tensione del diodo D5 (il valore che avete annotato prima). Tale valore deve determinare una corrente di carica di 2 A. Misurate ora la tensione ai capi della resistenza di potenza R11 (da 0,22 ohm): regolando il trimmer R10, dovete far cadere su di essa esattamente 0,44 V (2 A x 0,22 ohm = 0,44 V). Lasciate stabilizzare termicamente il circuito ed eventualmente ritoccate il trimmer R10.

Come ultima verifica, cortocircuitate i morsetti ENC e ENE: il relé deve attivarsi, scollegando la lampadina (che pertanto si spegne) e sul pin 3 di U2a dovete misurare una tensione



Fig. 3 - Cablaggio del transistor e del trasformatore toroidale.

prossima a 0 V, determinata dall'optoisolatore FC1 in conduzione.

Rimuovete il cortocircuito e verificate che il relé si disecchi, che la lampadina si riaccenda e che la corrente di carica ritorni al valore 2 A, determinati dai 0,35 V circa presenti sul cursore del potenziometro. Se avete collegato il microamperometro ai morsetti +Ampere e -Ampere, potete regolare il trimmer R5 in modo tale da far posizionare la lancetta dello strumento in corrispondenza dei 2 A sulla scala graduata (o 50%, se usate uno strumento come quello di Figura 4).

Il controllo di carica

A circuito spento, regolate il trimmer R6 al massimo e il trimmer R5 al minimo; rimuovete inoltre l'optoisolatore FC2 avendo cura di cortocircuitare i pin 1 e 2 del fotodiodo con un ponticello, quindi inserite il jumper J1 (visualizzazione a barra) sugli appositi contatti. Alimentate il circuito con un alimentatore variabile, in grado di fornire una tensione compresa tra 10 e 14 V. Impostate dapprima una tensione di 14 V, fornite tensione al controllo di carica, verificate che all'uscita dello stabilizzatore siano presenti 8 V e regolate il trimmer R5 (4,7 kohm) in modo da far accedere tutta la fila di led, incluso LD10 (rosso) che rappresenta il valore massimo della tensione di batteria. Ponete ora l'alimentatore a 10 V e regolate il trimmer R6 (47 kohm) in modo da far accendere solo il led LD1 (verde). A questo punto spegnete il circuito e riposizionate l'optoisolatore FC2, rimuovendo il ponticello fatto in precedenza. Alimentate nuovamente il circuito partendo da una tensione di 10 V e salite gradualmente verso i 14 V. Notate che i led si accendono in sequenza seguendo il valore della tensione di alimentazione.

Prima di far accendere il decimo led, misurate la tensione presente tra il pin 6 e la massa del circuito: dovreb-

be essere circa 1,78V, ma eventuali differenze dovute alle tolleranze dei componenti non sono preoccupanti. Aumentate ora la tensione di alimentazione fino a 14 V circa, tensione in cui il decimo led (LD10) si accende. Misurate nuovamente la tensione sul pin 6 e verificate che essa sia diminuita di circa 0,17 V rispetto al valore misurato precedentemente. A questo punto verificate che riducendo la tensione di alimentazione, una volta raggiunti i 13 V si verifichi che:

- si spengano contemporaneamente LD10, LD9 ed LD8,
- la tensione sul pin 6 ritorni al valore di 1,78 V.

Sempre a causa delle tolleranze dei componenti, si potrebbero spegnere solo LD10 ed LD9, così come potrebbe spegnersi anche LD7. Ciò è normale e non deve destare preoccupazione. L'importante è che il circuito diventi operativo a $13,8 \div 14,2$ V ed esca da tale stato a circa $12,8 \div 13,2$ V, valori questi tipicamente misurabili sulle batterie al piombo da 12 V durante la ricarica o a riposo.

Collegare i due circuiti

Come già anticipato nell'introduzione, i due circuiti sono stati progettati per poter operare autonomamente, ma la situazione ottimale la si ottiene collegandoli assieme, secondo lo schema di cablaggio visibile in Figura 5. Iniziamo con il generatore di corrente (codice progetto FT721a): il transistor di potenza deve essere montato su un dissipatore di dimensioni generose. A prescindere dal

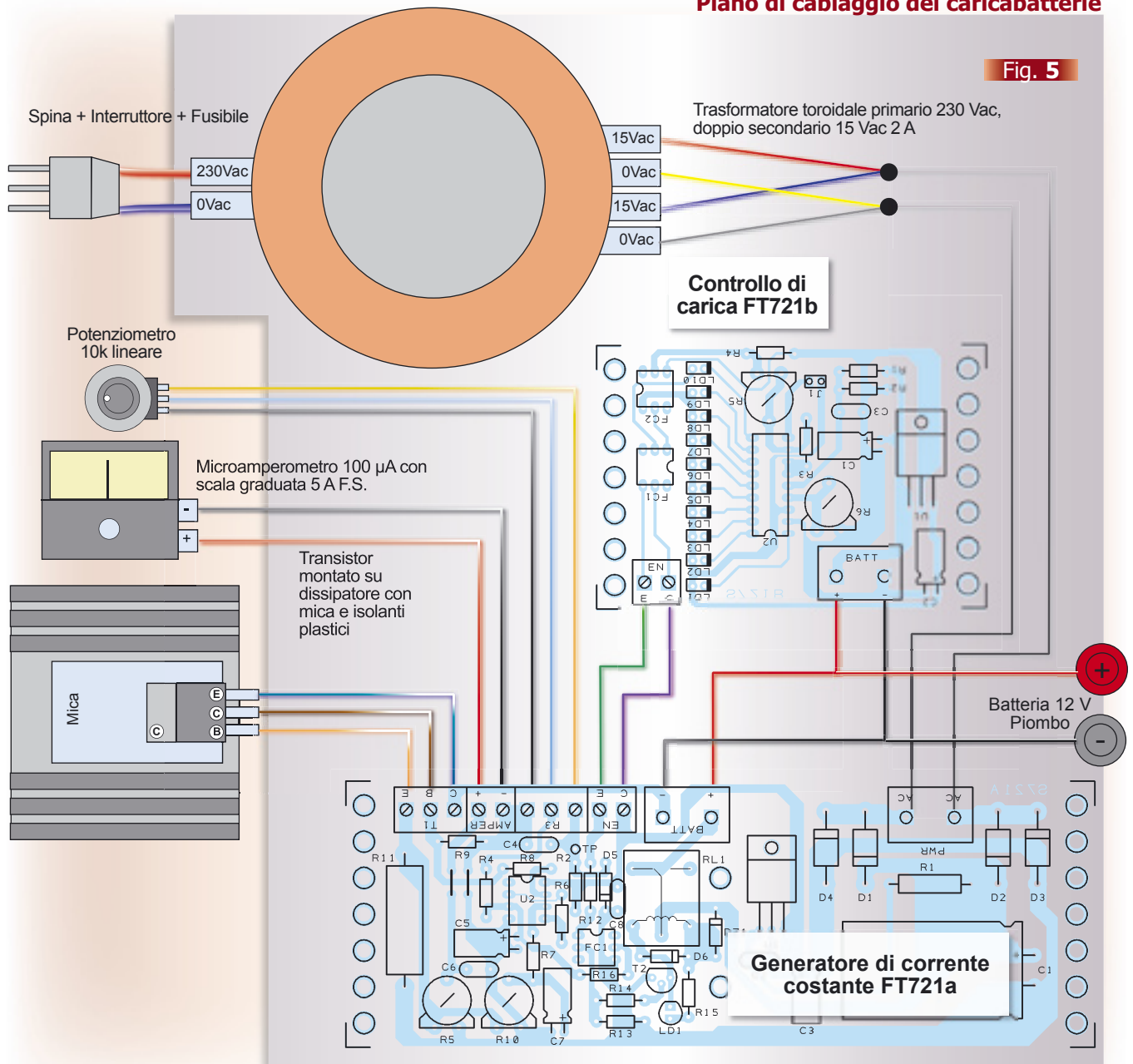
tipo di contenitore in cui racchiuderete il sistema, vi suggeriamo di interporre tra il corpo del transistor e il dissipatore un foglietto di mica spalmato di resina siliconica e di fissare meccanicamente il tutto con una vite da 3 MA (e relativo dado) in teflon. In alternativa, potete utilizzare la classica vite metallica facendola passare attraverso un anello isolante in plastica, specifico per il fissaggio dei transistor di potenza. Rispettate la corrispondenza dei collegamenti (E, B, C) del transistor aiutandovi con la figura, in cui abbiamo colorato diversamente i vari fili.

Passate ora al potenziometro: nella figura è visto dal lato del perno pertanto, quando quest'ultimo è ruotato tutto verso sinistra, il cursore si trova a massa, altrimenti è collegato alla tensione di riferimento di 0,7 V. Ai morsetti $\pm$ Ampere deve essere collegato un microamperometro da 100 μ A fondo scala; sarebbe meglio che la scala graduata fosse compresa tra 0 a 5 A (100 μ A assorbiti portano la lancetta a 5 A), ma altre scale possono essere comunque utilizzate. La batteria, infine, deve essere collegata a due boccole a banana elettricamente connesse ai morsetti + e - della morsettiera BATT. Il generatore di corrente viene alimentato attraverso la morsettiera PWR che preleva la tensione dai due secondari (in parallelo) del trasformatore toroidale. Il primario di quest'ultimo è collegato alla rete elettrica attraverso un interruttore ed un fusibile. Per ragioni di spazio, nella Figura 5 abbiamo dise-

Fig. 4 - Il caricabatterie acceso.
È stata aggiunta la serigrafia e la scala dello strumento da 100 μ A è stata modificata in "% (100% corrisponde a 4 A).



Fig. 5



gnato solo la spina tripolare, ma sap-
piate che (come da schema elettrico)
essa comprende anche il fusibile e

l'interruttore. Il circuito di controllo
della tensione di carica preleva l'al-
imentazione in parallelo alla batteria

(notate i fili nero e rosso) e disabilita
il generatore di corrente attraverso la
morsettiera EN: nel collegare i due

per il

MATERIALE

Il materiale utilizzato in questo progetto è facilmente reperibile presso qualsiasi negozio di elettronica. I master in formato 1:1 dei due circuiti stampati sono scaricabili gratuitamente dal sito della rivista (www.elettronica.in.it). Il contenitore plastico (cod. AUS22) e il trasformatore toroidale (cod. 8015) possono essere acquistati rispettivamente al prezzo di 11,50 e 26,00 Euro, IVA compresa.

Il materiale va richiesto a: Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)

Tel: 0331-799775 ~ Fax: 0331-778112 ~ <http://www.futuranet.it>

Note per il montaggio

I due circuiti sono stati realizzati in modo da poter essere inseriti facilmente in un box di dimensioni adeguate. Noi, per ottenere un prodotto di bell'aspetto, li abbiamo inseriti in un contenitore plastico modello AUS22, prodotto da Teko: qui a fianco riportiamo alcuni particolari importanti del montaggio in tale contenitore, fermo restando che potete utilizzare qualsiasi tipo di box ed inserire i vari elementi anche in modo differente da come abbiamo fatto noi.

Fig. A. Le due schede sono state montate una sovrapposta all'altra, tramite delle torrette esagonali da 3 MA lunghe 20 mm. Sempre tramite delle torrette dello stesso tipo, il tutto è stato fissato direttamente sul pannello frontale, opportunamente forato sia per far fuoriuscire le teste dei dieci led del controllo di carica che per ospitare le due bocche a banana, il potenziometro di regolazione e l'amperometro. Notate che le torrette poste a sinistra delle bocche sono avvitate l'una sull'altra con un dado da 3 MA interposto tra esse, dado che serve per compensare lo spessore del circuito stampato del controllo di carica.

Fig. B. La soluzione da noi adottata permette di ottimizzare gli spazi e i collegamenti elettrici. Notate che il pannello e le schede elettroniche, una volta posizionate sul guscio del contenitore, lasciano molto spazio libero all'interno, spazio che consente sia di montare con facilità il trasformatore (eventualmente anche di dimensioni maggiori di quello usato) sia di effettuare un cablaggio semplice e ordinato.

Prestate attenzione al pannello posteriore: la parte in alto a destra, la più lontana dai circuiti a bassa tensione, è stata destinata alla sezione a 230 Vac (cavo, portafusibile e interruttore di alimentazione). La parte in basso a destra, invece, ospita il transistor di potenza che, opportunamente isolato, sfrutta come dissipatori di calore tanto il pannello quanto un estruso di alluminio posto all'esterno.

Fig. C. Il caricabatteria una volta ultimato, si presenta compatto, essenziale e funzionale. Volendo potete aggiungere delle serigrafie sul frontale, in modo da renderlo più "professionale". Come già detto nel corso dell'articolo, per un corretto utilizzo occorre rispettare una semplice procedura:

- 1) a dispositivo spento, collegare la batteria rispettando la polarità (il positivo va collegato alla boccia rossa);
- 2) portare il potenziometro al minimo (ruotato tutto verso sinistra);
- 3) Accendere il caricabatteria, verificare che la tensione venga visualizzata dal voltmetro quindi regolare lentamente la corrente tramite il potenziometro, verificando che la lancetta dello strumento si sposti dalla posizione di zero.

Fig. A

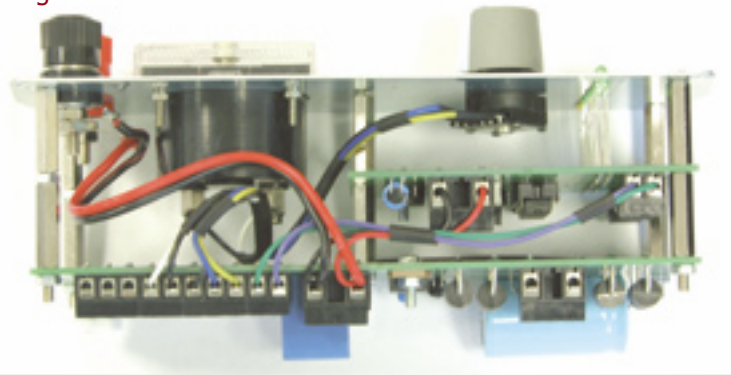


Fig. B

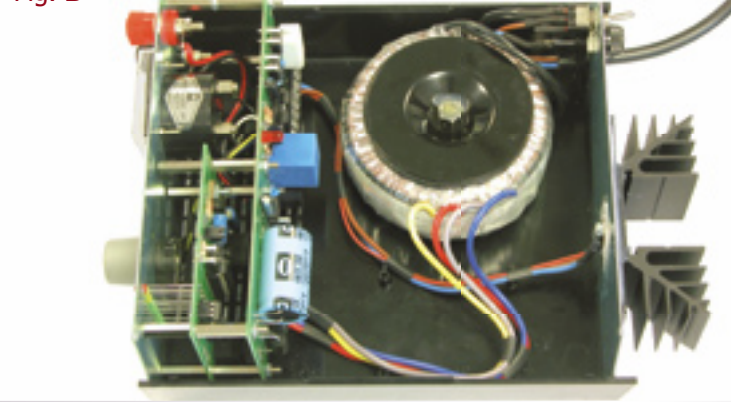


Fig. C



circuiti, rispettate le corrispondenze E e C perché altrimenti il controllo non può funzionare.

Se volete utilizzare il generatore di corrente senza controllo di carica, potete lasciare aperta la morsettiera ENC-ENA. Se invece disponete di un vostro circuito di controllo, lo potete collegare alla suddetta morsettiera a patto che tale circuito di-

spenga di un contatto normalmente aperto che si chiuda quando la batteria è carica (Figura 6a). Se volete utilizzare, invece, il solo circuito di controllo insieme ad un caricabatterie già in vostro possesso, dovete alimentare il circuito direttamente dalla batteria e aggiungere un relé con relativo driver. Quest'ultimo va comandato tramite la morsettiera

ENE (Figura 6); ENC va collegata al positivo della batteria.

Utilizzo in pratica

Prima di accendere il caricabatterie, portate il potenziometro al minimo (tutto a sinistra): se non fate così, all'accensione il relé inizia a commutare velocemente per effetto del controllo di carica a vuoto; ciò non ➤

CD3+
Disturbatore Cellulari
All Bands
23W totali min.

Vendita
soggetto
G
(limitazioni)

NEW

PD-1
Rilevatore tascabile
Cellulari e
microspie
GSM, DCS, UMTS
1÷3000 Mhz
Portata 5÷10m
Vibra-beep-led
Batteria ricaricabile

DESPY

Ideale per
la ricerca
di micro spie
fino a 3 Ghz

Bias s.a.
Strada del Lavoro 119-sub2
Zona Industriale Gualdicciolo
47894-Chiesanuova
Repubblica di San Marino
Tel 0549-999408 - Fax 0549-999431

www.bias.sm

è dannoso per il dispositivo, ma è fastidioso. Collegate ora la batteria alle due boccole rispettando la polarità (le inversioni possono danneggiare sia la batteria che il dispositivo): il voltmetro (in grado di misurare da 10 V a 14 V) deve indicare il valore della tensione ai suoi capi. Regolate ora il potenziometro in modo da far scorrere la corrente desiderata nella batteria: se quest'ultima è piuttosto scarica, possono trascorrere parecchie ore prima che il controllo di carica intervenga. Comunque non appena la tensione raggiunge i 14 V, il controllo di carica provvede a scollegare la batteria dal generatore di corrente, per poi ricollegarla non appena si assesterà intorno ai 13 V. In questo modo la batteria viene sottoposta ad una serie di brevi cicli di corrente di mantenimento. Il caricabatterie rimane in questo stato fino a quando non viene rimossa la batteria ovvero si porti a zero il potenziometro. Qualora vogliate avere la possibilità di escludere il circuito di controllo della carica, è sufficiente porre un interruttore in serie a uno dei due fili di abilitazione (ENE o ENC). Vi suggeriamo di ricaricare sempre a 1/20 della corrente nominale di batteria: ad esempio, per una batteria da 60 A/h, potete regolare la corrente a 3 A,

mentre nel caso di una 35 A/h potete utilizzare 1,7 A: il tempo necessario per effettuare la ricarica potrebbe essere molto lungo, ma la qualità della ricarica è superiore e più duratura; provare per credere.

Elaborazione

Per un uso domestico, i 4 A erogati dal nostro dispositivo sono più che sufficienti per ricaricare anche le batterie di autovetture piuttosto grosse o Diesel (batterie che possono superare facilmente gli 80 A/h), oltre che quelle delle utilitarie. A quanti volessero comunque aumentare le prestazioni, diciamo che è possibile utilizzare il generatore con correnti fino a 6 ampere apportando i seguenti interventi:

- sostituire il trasformatore con uno avente il secondario da 15 Vac 6 A;
- portare C1 da 4.700 a 10.000 μF ;
- portare R11 da 0,22 a 0,15 ohm.
- utilizzare un dissipatore di dimensioni maggiori.

La procedura di taratura è esattamente la stessa già vista: occorre solo ricordare che, in questo caso, a 0,7 V sul cursore del potenziometro corrispondono 6 A in batteria. Probabilmente sarà anche necessario utilizzare un contenitore di dimensioni maggiori.

Fig. 6a - Il generatore di corrente può essere utilizzato autonomamente (lasciando gli ingressi ENE e ENC aperti) oppure insieme ad un controllo di carica diverso dal nostro, a patto che questi venga alimentato direttamente dalla batteria e disponga di un contatto normalmente aperto che si chiude quando interviene il controllo.

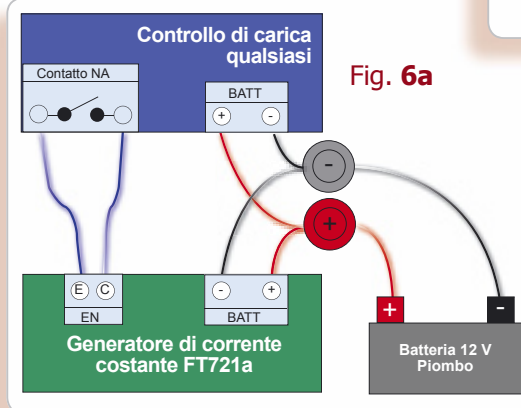


Fig. 6a

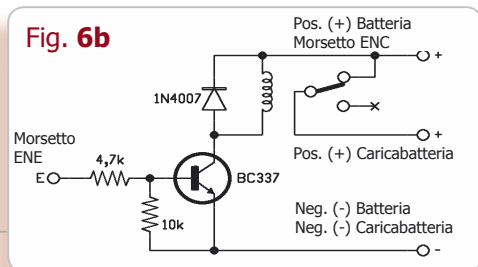


Fig. 6b

Fig. 6b - Anche il controllo di carica può essere adattato a caricabatterie differenti dal nostro, ma occorre aggiungere un relé a 12 V con il relativo driver, quest'ultimo pilotato tramite l'uscita ENE. ENC va collegata al positivo della batteria.



Corso di programmazione per Tibbo EM1000

A CURA DI **MARCO BLANCATO**

Corso di programmazione e utilizzo del modulo EM1000 di casa Tibbo, un potente Ethernet Server completamente programmabile con funzioni di Web Server, Mail Server e molto altro ancora. Iniziamo a conoscere il dispositivo e la famiglia a cui appartiene, fornendo anche una serie di informazioni sulle numerose possibilità di impiego. Prima puntata.

Nel corso degli ultimi anni, lo sviluppo delle tecnologie per le comunicazioni “machine-to-machine” e “man-to-machine” ha reso possibile il telecontrollo (ossia il controllo a distanza) di dispositivi che un tempo erano considerati completamente autonomi. Pensate ad esempio alle caldaie per riscaldamento di vecchia generazione, dotate di circuiti elettronici ridotti all’osso, e confrontatele con alcuni modelli di re-

cente progettazione: mentre le prime, in caso di guasto, necessitavano dell’intervento umano per allertare l’assistenza tecnica, le altre (non tutte ma alcuni modelli sì) sono addirittura in grado di chiamare l’assistenza in maniera autonoma, sia per richiedere l’intervento per il periodico controllo dei fumi, sia per comunicare la presenza di un guasto. Altri apparati, che spesso non hanno nulla a che fare col mondo dell’elettronica, sono stati equi- ➤

Classificazione dei dispositivi



Serial-to-Ethernet converter: chiamati anche più genericamente Ethernet module, appartengono a questa famiglia quei moduli in grado di interfacciare due dispositivi (inizialmente nati per comunicare tra loro mediante un classico collegamento seriale) sfruttando una rete Ethernet. Il vantaggio più evidente è che mentre un collegamento seriale è per definizione punto-punto (cioè un dispositivo A comunica in modo esclusivo con un dispositivo B), in un collegamento Ethernet ogni dispositivo connesso alla rete entra potenzialmente in comunicazione con chiunque sia presente nella rete. Sul sito della Tibbo all'indirizzo <http://www.tibbo.com/flash-pres.php> si può vedere

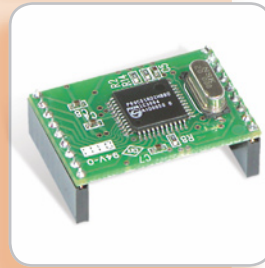
una bella presentazione animata che rende molto chiaro questo concetto.

Serial device server: versione più sofisticata di un Ethernet module, dove oltre alla conversione da seriale a Ethernet, vengono offerte anche funzionalità di server.



Web-Server: a questa famiglia appartengono quei moduli che una volta connessi alla rete diventano raggiungibili (e si propongono tramite un'interfaccia grafica con cui è possibile interagire), in Internet, digitando un determinato indirizzo IP nella barra indirizzi del browser. Quanti dispongono di un modem o un router per il collegamento Internet in ADSL, hanno probabilmente dovuto effettuare alcune configurazioni attraverso una pagina web, digitando, ad esempio, nella barra degli indirizzi del Browser qualcosa del tipo <http://192.168.0.1>.

Quello che è comparso a video non è propriamente un sito Internet, ma una pagina web scritta in linguaggio HTML, contenuta nella memoria del server. La capacità di un dispositivo di mostrarsi all'utente con un'interfaccia web interattiva si chiama appunto "web-server".



paggiati con sistemi di controllo e comunicazione analoghi: pensate alle "vending machine", ossia i distributori automatici di bibite e merendine, che spesso sono in grado di comunicare all'assistenza che un certo prodotto è prossimo all'esaurimento; oppure ai banchi freezer dei grandi centri commerciali, che lavorando ininterrottamente necessitano di frequente manutenzione sul sistema di refrigerazione.

Lasciamo per ultimi i vari telecontrolli per uso domestico, di cui più volte ci siamo occupati sulle pagine di *Elettronica In*.

Il controllo remoto tramite rete telefonica

Sicuramente l'utilizzo di un controllo remoto consente di ottimizzare il funzionamento dei sistemi che ne sono dotati tanto che, nel corso degli anni, sono state sviluppate numerose tecniche, (sempre più perfezionate, economiche, e automatiche) per interagire a distanza con dispositivi e apparecchiature di vario genere: via radio, via rete telefonica tramite modem o controllo DTMF, tramite linea ISDN o linee telefoniche/dati dedicate, per giungere, infine, ad Internet ed alla rete radiomobile che, da ormai molti anni, rappresentano le soluzioni ottimali per la comunicazione M2M (machine-to-machine). La ragione per cui

la tecnologia GSM ha avuto tanto successo anche nelle applicazioni di telecontrollo è evidente: il segnale è praticamente disponibile ovunque, anche dove non c'è presenza umana, per cui è possibile utilizzare un'interfaccia GSM sempre, collegata a qualsiasi macchina, ovunque essa si trovi.

In origine, le prime spartane applicazioni di telecontrollo facevano uso di telefoni cellulari dotati di una porta seriale, i quali potevano essere gestiti tramite un set di comandi AT molto scarno, ma adeguato alle esigenze; in seguito vennero introdotti e si diffusero capillarmente i modem GSM, moduli telefonici da utilizzare come se si trattasse di complessi circuiti integrati e pertanto integrabili direttamente all'interno dei dispositivi: stiamo parlando dei vari Wavecom, Telit, Falcom, eccetera. I lettori affezionati a questa rivista avranno seguito con interesse e magari realizzato alcuni dei numerosi progetti pubblicati: telecontrolli per uso domestico, comunicatori e combinatori per antifurto e localizzatori GPS sono da molto tempo oggetti comuni sia nelle nostre case che nelle pagine di questa rivista.

Il controllo remoto tramite rete dati

Quanto appena esposto comprende un universo di applicazioni talmente vasto da mettere in ombra

un'altra rete di comunicazione che ci circonda da tanti anni in modo altrettanto capillare e che, talvolta, può raggiungere luoghi non sempre coperti dai vari operatori GSM, se non in roaming e con conseguente aumento dei costi di gestione. Stiamo parlando della rete dati, ossia quell'insieme di circuiti e dispositivi che, nonostante l'estrema complessità (la rete dati è diffusa a livello mondiale), oggi viene identificata con la semplice sigla Internet e che, il più delle volte, viene considerata solo come strumento per scambiare dati tra computer. Quest'ultima affermazione è sicuramente ancora vera ma, oggi, risulta forse incompleta nel senso che da alcuni anni sono disponibili sul mercato nuovi dispositivi in grado di mettere in comunicazione (sia tra loro che con dei computer) apparecchiature di natura "non PC", purché dotate di un'interfaccia standard, come ad esempio la classica porta seriale.

E proprio uno di questi dispositivi nati per l'M2M, il Tibbo EM1000, è l'argomento di questo Corso. L'EM1000 può essere considerato come un "Serial-to-Ethernet Server", ossia un dispositivo che, se opportunamente programmato e configurato, può veicolare il traffico proveniente da due porte, ad esempio seriali ma anche parallele o RS485, attraverso la rete Ethernet, struttura di comunicazione e interconnessione largamente utilizzata nella rete dati mondiale.

Proviamo a fare un esempio di utilizzo, molto banale, ma efficace per comprendere le potenzialità. Siamo in ufficio davanti al nostro computer: apriamo il Browser e ci colleghiamo ad un certo indirizzo (del tipo *213.55.xxx.xxx* oppure *www.nomesito.net...*) per visualizzare un sito Web che mostra informazioni e pulsanti di vario tipo. In una casella vediamo un numero che si aggiorna continuamente mano a mano che delle persone entrano in azienda. Clicchiamo sul pulsante 1 e

si apre il cancello elettrico all'ingresso; ne clicchiamo un altro e attiviamo una telecamera che controlla il cortile e così via.

Ora, realizzare un sistema che premendo un pulsante apra un cancello elettrico o muova una telecamera non è certo una gran novità tecnologica, ma se invece di utilizzare un collegamento elettrico dedicato tra il pulsante e il cancello (il classico filo elettrico) veicolassimo i comandi tramite la rete LAN (Local Area Network, tipicamente Ethernet), allora, dal punto di vista tecnico, l'argomento diverrebbe molto interessante. Ma non solo: immaginate che quel pulsante virtuale non sia stato premuto da una persona ma da un applicativo software nascosto all'interno di una pagina web o di un Server aziendale, e che il cancello e la telecamera dell'esempio di cui sopra siano all'ingresso della filiale di Roma di un'azienda con sede centrale (e Server) a Milano. Sempre più interessante! Inutile sottolineare che è possibile eseguire le stesse cose da qualsiasi computer in qualsiasi punto del globo, a patto di disporre di un accesso alla rete e degli opportuni parametri di configurazione.

L'applicazione in pratica

Quanto appena descritto è possibile e non particolarmente complesso perché dispositivi come il nostro EM1000 integrano tutto ciò che serve in termini di hardware-software-firmware: basta combinare in modo opportuno i vari elementi e utilizzarli.

Vediamo ora cosa occorre fare in pratica per realizzare l'apricancello dell'esempio: si prende un modulo Tibbo EM1000 e lo si monta su un circuito stampato, dotandolo di un piccolo alimentatore a 3,3 V e di un connettore LAN RJ45 (quelli che siamo abituati a vedere sulle schede di rete del computer). Colleghiamo un relè (opportunamente ➤

- Dispositivo strutturalmente simile ad un piccolo computer.
- CPU interna a 88 MHz programmabile in TIBBO BASIC.
- Porta Ethernet 100BaseT.
- 4 porte seriali TTL operanti fino a 1,8 Mbit/s, in half e full duplex, con e senza controllo di flusso.
- Memoria Flash-Disk interna da 512 o 1024 kb.
- Real Time Clock con possibilità di tensione di back-up esterna.
- Porta SPI per eventuali espansioni.

- 49 linee di GPIO, 40 delle quali raggruppate in cinque porte da 8 bit.
- 4 led di controllo.
- Pin di controllo per buzzer.
- Alimentazione a 3,3 V, 230 mA.
- Dimensioni contenute (38,4 x 28,4 x 5,5 mm).
- Firmware interno aggiornabile sia tramite porta Ethernet che tramite seriale.
- Disponibilità di un development kit che comprende ambiente di sviluppo, compilatore e debugger.
- Esempi di applicazioni on-line (www.tibbo.com).

pilotato da un transistor), che servirà a comandare il cancello elettrico, a uno dei tanti pin di I/O disponibili sull'EM1000.

Collegiamo poi, mediante un semplice cavo di rete, il nostro circuito al computer dove abbiamo precedentemente installato l'ambiente di sviluppo fornito gratuitamente dalla Tibbo e con cui dobbiamo sviluppare la nostra semplice applicazione software. Trasferiamo l'applicativo nel banco di memorie dell'EM1000, analogamente a quanto si fa quando si scrive un codice per microcontrollore e poi lo si trasferisce nel chip. Et voilà: il nostro circuito è pronto per essere connesso alla rete locale dell'azienda e interagire con qualunque PC collegato ad essa. Un esempio opposto e altrettanto interessante è quello di un dispositivo che non ha lo scopo di essere comandato a distanza, ma solo di acquisire informazioni e renderle visibili a chiunque sul Web. Pensiamo a una stazione meteo, che raccoglie i dati dei vari sensori di vento,

Il modulo EM1000

L'Ethernet Server EM1000 è un dispositivo dalle dimensioni molto compatte, progettato per poter dotare delle funzioni di "networking" tutti i dispositivi di natura "non PC" come ad esempio caldaie, climatizzatori, celle e banchi freezer, distributori automatici di bevande e generi alimentari e simili.

La grande disponibilità di periferiche (prima per importanza l'interfaccia Ethernet integrata) e la programmabilità in linguaggio Tibbo-Basic (per mezzo del sistema di sviluppo Taiko) rendono questo dispositivo idoneo allo sviluppo di applicazioni che, oltre alla connettività Ethernet, necessitano di periferiche aggiuntive quali tastiera, display LCD di piccole dimensioni, linee di controllo I/O, porte seriali e altro ancora. L'elevata potenza di calcolo (50 MIPS), le quattro porte seriali, le 49 linee di I/O completamente configurabili, la memoria "Flash-Disk" (5120/1024 kByte) e il basso consumo di corrente (230 mA a 3,3 Vdc) rappresentano una dotazione più che sufficiente per fare diventare l'EM1000 il principale o il solo processore del sistema in cui è inserito.



L'evaluation board dell'EM1000

Per un primo approccio al modulo EM1000 è consigliabile fare ricorso all'evaluation-board EM1000-EV che, anche noi, abbiamo utilizzato per i nostri esperimenti. È sufficiente collegare l'alimentazione e il cavo di rete al PC per avere a disposizione ben quattro porte seriali, numerosi led, un buzzer e un pulsante con cui verificare il funzionamento delle prime routine.



temperatura, umidità e pressione e li comunica, ad esempio, mediante una linea seriale al modulo EM1000, che si preoccupa a sua volta di "pubblicarli" su una pagina web (anche questa applicazione è già stata realizzata da noi in passato, e proprio con un altro Ethernet Server sempre di casa Tibbo).

Dispositivi del tipo EM1000 non sono proprio una novità assoluta di oggi: rimanendo in casa Tibbo vi sono altri moduli, fondamentalmente dei "serial-to-Ethernet converter" con funzionalità "web-server" (vedi riquadro). Parlando poi di concorrenza esiste da tempo il modulo SitePlayer SP1, di cui molti di voi avranno sia sentito parlare che seguito il corso pubblicato nel 2003 su questa stessa rivista.

In questi ultimi anni, però, alcune cose sono cambiate, al punto che la classificazione "serial-to-Ethernet" non è più così specifica; sempre più moduli (è il caso dell'EM1000), infatti, possono essere personalizzati sulla base delle proprie esigenze, al punto che risulta molto facile utilizzare lo stesso modulo sia per applicazioni banali quali la semplice conversione seriale-Ethernet che per applicazioni più complesse quali la gestione di I/O digitali e analogici o la conversione dei dati di una porta parallela su una rete LAN. L'ampia offerta di prodotti di questo genere è sintomo di grande interesse verso questi dispositivi, destinati a entrare con prepotenza nel quotidiano e ad essere integrati sempre più in una gamma infinita di applicazioni.

Particolarità dell'EM1000

Avrete sicuramente intuito che l'EM1000 è un dispositivo molto potente e versatile, e ciò grazie ad una serie di prestazioni che lo differenziano dai suoi predecessori di casa Tibbo.

- **Programmabilità:** durante il corso vedremo che la potenza di calcolo e la facilità di programmazione con un linguaggio Basic User-Friendly rendono questo dispositivo molto versatile, al punto da poter, talvolta, svolgere da solo il ruolo di microcontrollore per tutta l'applicazione.
- **Interfacciabilità:** dispone di ben quattro porte seriali e 49 linee di GPIO, oltre all'interfaccia Ethernet.
- **Periferiche integrate:** dispone di una memoria interna di tipo Flash-Disk dove risiede il programma e dove possono essere salvati eventuali dati; porta seriale SPI per comunicare con

numerosi dispositivi come display LCD e memorie EEPROM, modulo orologio RTC interno (Real-Time-Clock) e molto altro che vedremo in dettaglio più avanti.

Da quanto appena esposto appare evidente che le doti di funzionalità, interfacciabilità, programmabilità, potenza di calcolo e, aggiungiamo, rapporto prezzo/prestazioni fanno sì che l'EM1000 rappresenti "l'evoluzione della specie": e proprio questo, alla fine, è il motivo per cui abbiamo deciso di dedicargli un corso completo a cui seguiranno diversi progetti pratici.

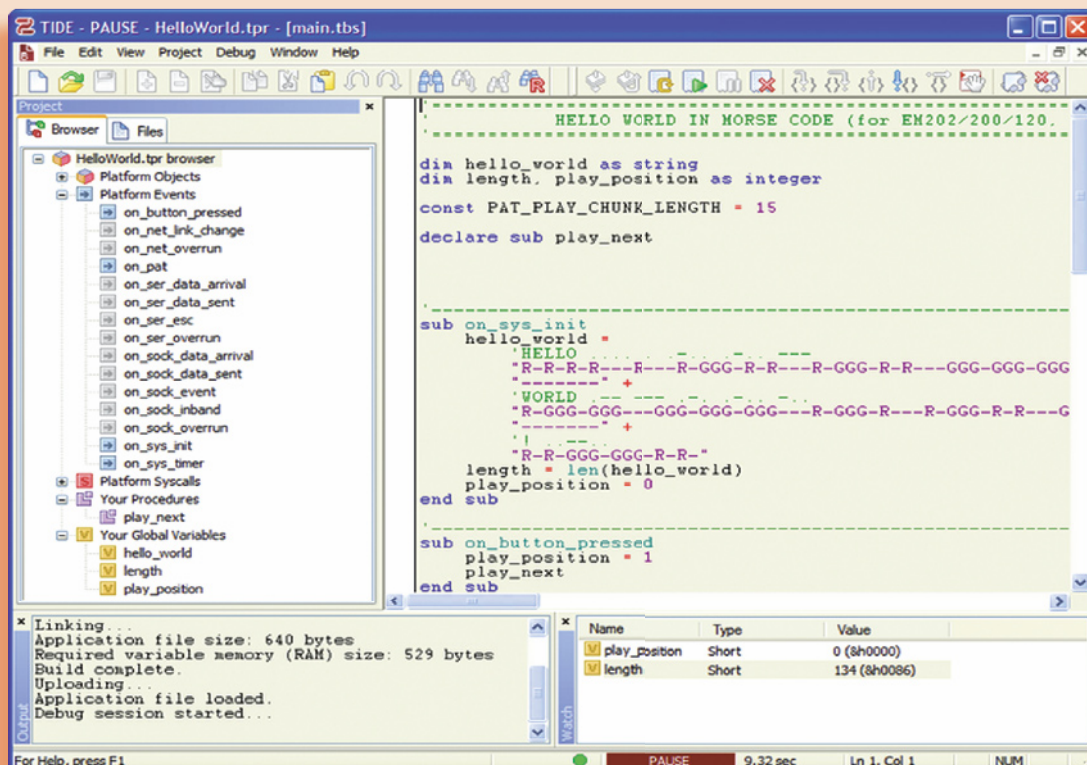
Dalla prossima puntata entreremo nel dettaglio e inizieremo ad analizzare a fondo tutte le caratteristiche tecniche dell'EM1000 con l'obiettivo di rendere questo modulo quanto più familiare e semplice da usare.

Programmazione dell'EM1000

I programmi per l'EM1000 vengono scritti in Tibbo-Basic, un linguaggio di alto livello ottimizzato per applicazioni embedded, in particolare riguardo la possibilità di gestire eventi, ovvero "interrupt" in tempo reale. Chiunque abbia familiarità con Quick-Basic, Visual-Basic o qualunque altro tipo di Basic, non avrà problemi di alcun tipo nell'apprenderne la sintassi. Ma anche chi fosse alle prime armi, proprio grazie alla semplicità ed intuitività di questo linguaggio, riuscirà in breve tempo a scrivere la sua prima applicazione.

Lo sviluppo avviene attraverso l'ambiente Tibbo-IDE (Tibbo Integrated Development Editor), un potente tool software che permette anche di effettuare il "debugging", cioè di eseguire le istruzioni passo-passo, osservare il contenuto delle variabili durante l'esecuzione, inserire breakpoints, eccetera.

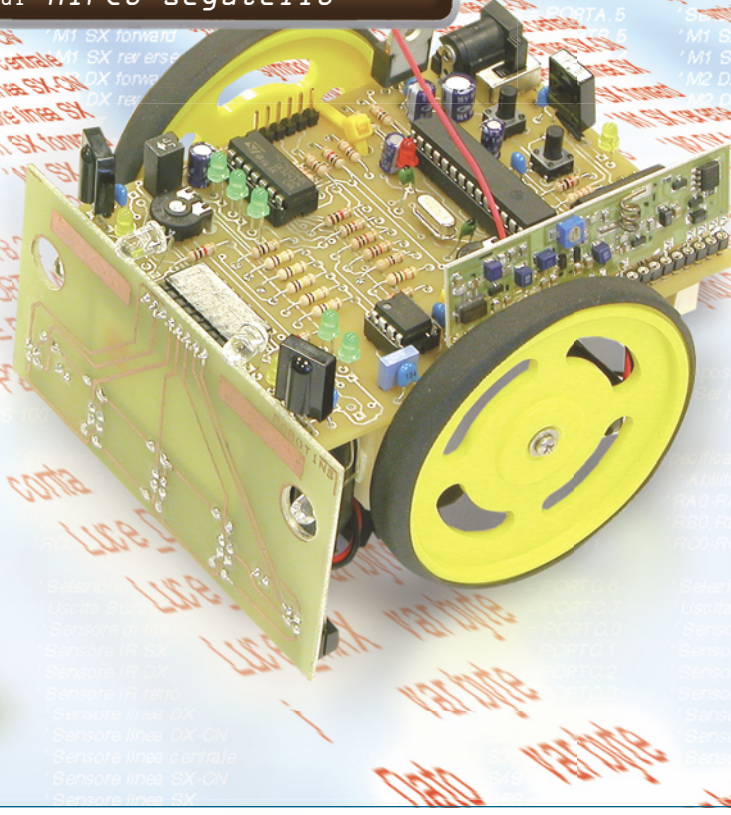
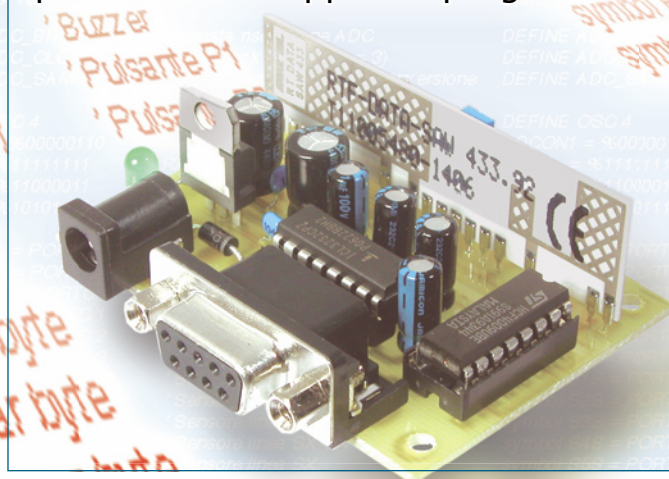
Insomma, tutte quelle funzioni che si trovano normalmente in un potente emulatore per microprocessori.



Robot In: Firmware, Software e Telecontrollo

di **Mirco Segatello**

In questa seconda e ultima puntata dedicata al nostro campione di MiniSumo, analizziamo in dettaglio le varie modalità di funzionamento. Realizziamo quindi un telecontrollo via radio da collegare alla seriale del PC e presentiamo l'apposito programma.



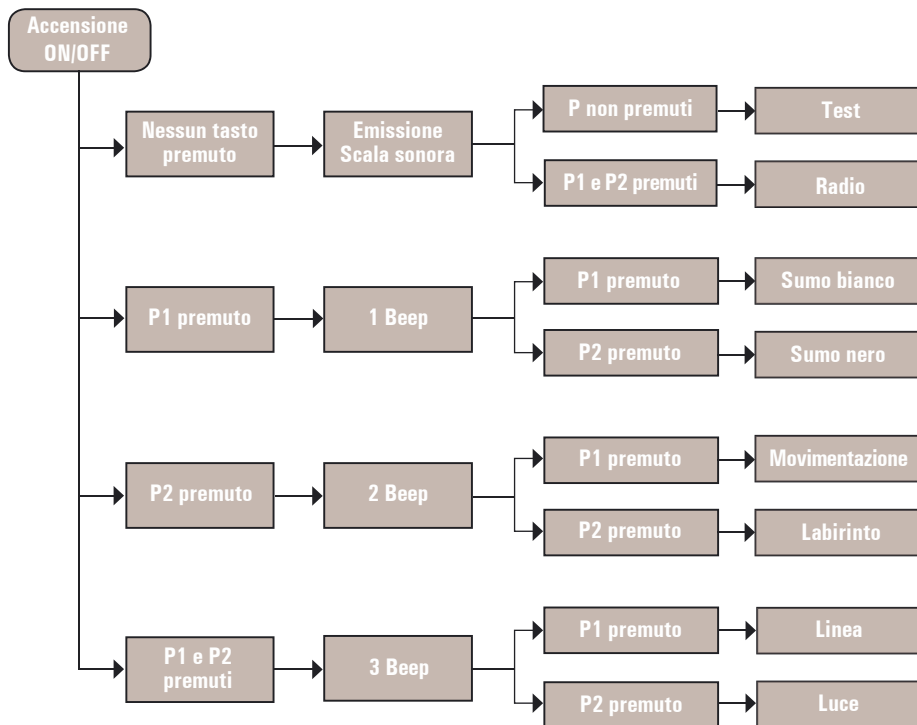
Dopo aver realizzato Robot In, il nostro piccolo robot appartenente alla categoria MiniSumo, eccoci finalmente giunti al momento più atteso, ossia quello in cui possiamo iniziare a usare le varie routine messe a punto per farlo muovere in maniera autonoma e intelligente. Nel corso della puntata precedente avevamo fornito solo una breve descrizione delle varie funzioni e opzioni di controllo di cui il firmware dispone: abbiamo infatti preferito affrontare e concludere in una sola battuta il discorso relativo alla realizzazione pratica. In questo modo quanto spiegheremo via

via nel corso di quest'articolo potrà essere verificato in tempo reale sul dispositivo in vostro possesso. Nelle prossime pagine verranno approfonditi i seguenti argomenti:

- logica di funzionamento di ciascun programma, facendo riferimento a specifici diagrammi di flusso,
- realizzazione della scheda di telecontrollo seriale,
- software Windows per il telecontrollo di Robot In tramite un personal computer.

Avrete sicuramente notato che anche questa seconda puntata, così come la precedente, offre molti argomenti inte- ➤

Fig. 1 - Il modo di funzionamento viene scelto in base allo stato dei pulsanti P1 e P2 al momento dell'accensione. Ad ogni combinazione dei pulsanti corrisponde una segnalazione acustica specifica al termine della quale occorre premere P1 e P2 in modo opportuno. Notate come il modo di funzionamento può essere scelto solo in fase di accensione.



ressanti per chi è appassionato di robotica: vediamo insieme e scopriamo tutti i segreti di Robot In.

Il firmware

Durante la realizzazione pratica del dispositivo, abbiamo inserito sulla scheda madre il microcontrollore PIC programmato con il codice esadecimale ROBOTIN.HEX (scaricabile dal sito www.elettronica.in.it): tale codice è stato studiato per gestire, oltre alla funzione di test che abbiamo già utilizzato la volta scorsa, tutti i programmi di funzionamento previsti e precisamente:

- **test**,
- telecontrollo **radio**,
- **sumo** su campo **bianco**,
- **sumo** su campo **nero**,
- **movimentazione** a ostacoli,
- **labirinto**,
- inseguimento **linea**,
- inseguimento **luce**.

Tutte queste funzioni vengono selezionate in base allo stato dei pulsanti P1 e P2 al momento dell'accensione.

ne: successivamente, sempre tramite gli stessi pulsanti, possiamo scegliere la modalità di funzionamento accendendo a differenti sottoprogrammi. Per attivare le funzioni del menu principale dobbiamo premere e mantenere premuti uno o entrambi i pulsanti e quindi portare l'interruttore di accensione su ON. Un segnale acustico conferma il passaggio al menu successivo in cui, utilizzando nuovamente i pulsanti P1 e P2 (che nel frattempo sono stati rilasciati), attiviamo la corrispondente sottofunzione (Figura 1). Se, per esempio, volessimo attivare l'inseguimento di una linea, dovremmo accendere il robot mantenendo premuti P1 e P2. Dopo aver sentito i tre beep, dobbiamo premere il pulsante P1 in modo da attivare la funzione. Analizziamo ora in dettaglio i vari casi.

Modalità Test

Se al momento dell'accensione nessun tasto è premuto, il robot entra in modalità test, condizione che permette

la calibrazione; l'avvio della funzione viene confermato tramite un segnale acustico costituito da tre note di tonalità diversa. In questa modalità, premendo il pulsante P2, si attiva il motore di destra con senso di rotazione in avanzamento; premendo invece P1, si attiva il motore di sinistra, sempre con senso di rotazione in avanzamento. Quando il robot non si trova in posizione orizzontale (ovvero quando il sensore di ribaltamento non è in posizione verticale), il buzzer genera un segnale acustico tipo sirena bitonale. Abbiamo già utilizzato questa modalità sia per verificare se il montaggio è stato eseguito correttamente, sia per effettuare le varie operazioni di calibrazione. Sempre a questo proposito, segnaliamo che è possibile avviare in qualsiasi momento la modalità *radio* premendo entrambi i pulsanti.

Movimentazione con ostacoli

Il robot è libero di muoversi autonomamente all'interno di una zona delimitata da linee e contenente ostacoli: il programma prevede che Robot In eviti gli ostacoli e cambi direzione senza però uscire dalle linee perimetrali, che pertanto devono essere riconosciute. La superficie di movimento è riflettente (un tavolo di colore chiaro) mentre le linee di delimitazione sono di colore scuro; il bordo del tavolo viene riconosciuto come linea, pertanto il robot si ferma (o dovrebbe fermarsi) prima di cadere. Nella pratica esistono sia dei limiti fisici (come l'inerzia durante il movimento) che delle situazioni molto particolari (bordo del tavolo costeggiato di striscio) in cui il robot potrebbe cadere dal tavolo: per evitare questo pericolo avremmo dovuto utilizzare altri sensori, complicando così sia l'hardware che il firmware. Ponendo, invece, al fine di creare una zona di movimento, del nastro adesivo sulla superficie utilizzata, riusciamo ad eliminare del tutto o quasi il rischio di cadute accidentali. Vediamo ora la struttura del diagramma di flusso (Figura 3): durante la descrizione facciamo riferimento an-

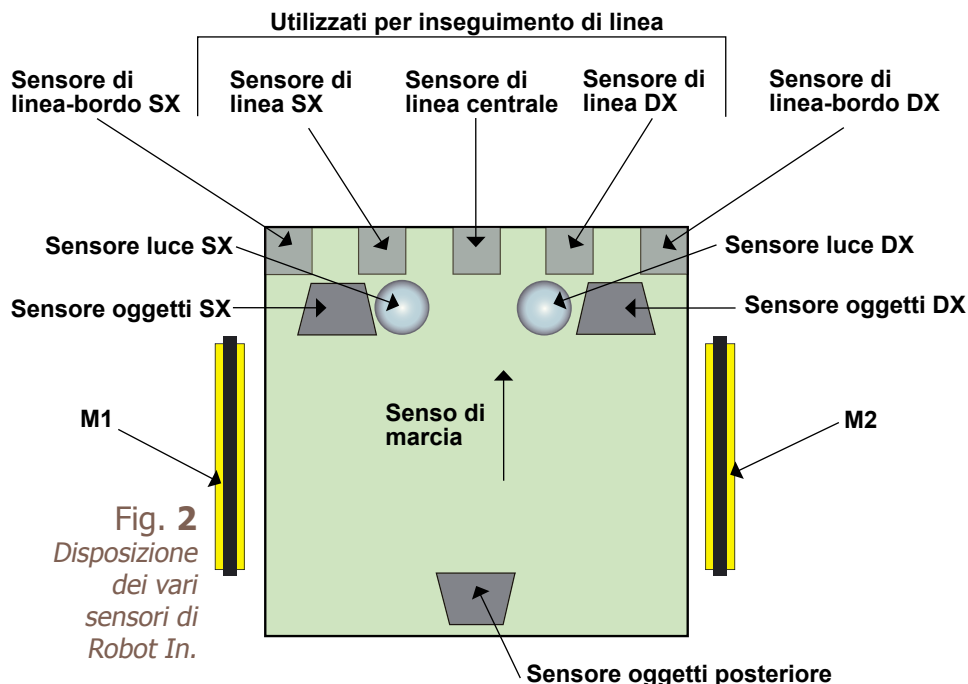


Fig. 2
Disposizione
dei vari
sensori di
Robot In.

che alla Figura 2 che mostra la disposizione dei vari sensori. Tenete presente che, per semplificare sia il diagramma di flusso in questione sia tutti gli altri, abbiamo preferito utilizzare in modo generico le definizioni “Sensore SX” e “Sensore DX” piuttosto che identificare ogni singolo sensore. Vediamo ora il programma, all’avvio del quale, il robot si muove in avanti: se i sensori di linea o di linea-bordo (sinistro o destro) rilevano una linea perimetrale, esso si ferma, attende 100 msec, quindi indietreggia per un po’ ed attiva in avanti il solo motore opposto al sensore che ha rilevato la linea, allontanandosi così dall’elemento da evitare; dopo qualche istante, vengono riattivati entrambi i motori. Ad esempio, se la linea viene rilevata dai sensori di sinistra, dopo aver indietreggiato, il robot attiverà il solo motore di destra e viceversa. Lo stesso principio viene applicato per ciò che concerne la rilevazione degli ostacoli ad opera dei sensori all’infrarosso. La combinazione delle due capacità di rilevazione sia di linea che di ostacolo fa sì che Robot In si muova dando l’impressione di aggirare ed evitare i vari ostacoli che può trovare nell’area di manovra con “furbizia” più che con semplice logica.

Movimentazione su labirinto

Si tratta di un modo di funzionamento molto simile al precedente, ma con un elemento di difficoltà in più: oltre agli ostacoli e alle linee perimetrali, nell’area di movimentazione sono presenti delle linee di delimitazione interne, in modo da simulare una specie di labirinto. Ciò significa che il programma deve guidare il robot in modo da fargli riconoscere ed evitare sia gli ostacoli solidi che le linee di delimitazione, indipendentemente dal fatto che queste ultime siano perimetrali o interne. Anche in questo caso, il bordo del tavolo è riconosciuto come linea perimetrale, per la quale valgono le stesse considerazioni già fatte in precedenza. Il diagramma di flusso (Figura 4) è un po’ più complesso, poiché ora i sensori agiscono in modo leggermente differente: quelli di linea vengono gestiti esattamente come nel programma precedente, ossia a fronte della rilevazione di una linea, il robot

Fig. 3 - Movimentazione con ostacoli. Quando viene rilevato un ostacolo (linea o oggetto), Robot In indietreggia quindi attiva il motore opposto al sensore che ha rilevato l’ostacolo.

indietreggia quindi attiva il motore che lo fa muovere in direzione opposta alla linea, per poi riprendere il movimento rettilineo riattivando entrambi i motori. I sensori per gli ostacoli, invece, vengono controllati solo quando il robot non rileva delle linee di delimitazione: in questo caso, quando il percorso è disturbato dalla presenza di un oggetto, viene fermato il motore che si trova sullo stesso lato dell’ostacolo, e viene mantenuto fermo fino a quando l’ostacolo non esce dal campo visuale del sensore, facendo così ruotare il robot su sé stesso. Per semplicità operativa gli ostacoli possono essere realizzati con dei semplici blocchi di polistirolo incollati sopra un cartoncino di colore bianco oppure con delle scatole di cartone o blocchetti di legno, e devono essere tutti più alti del robot ➤

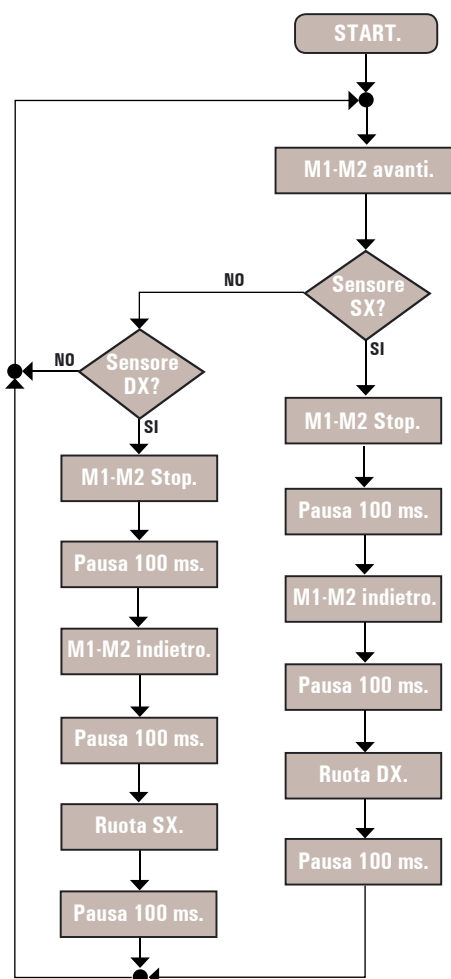
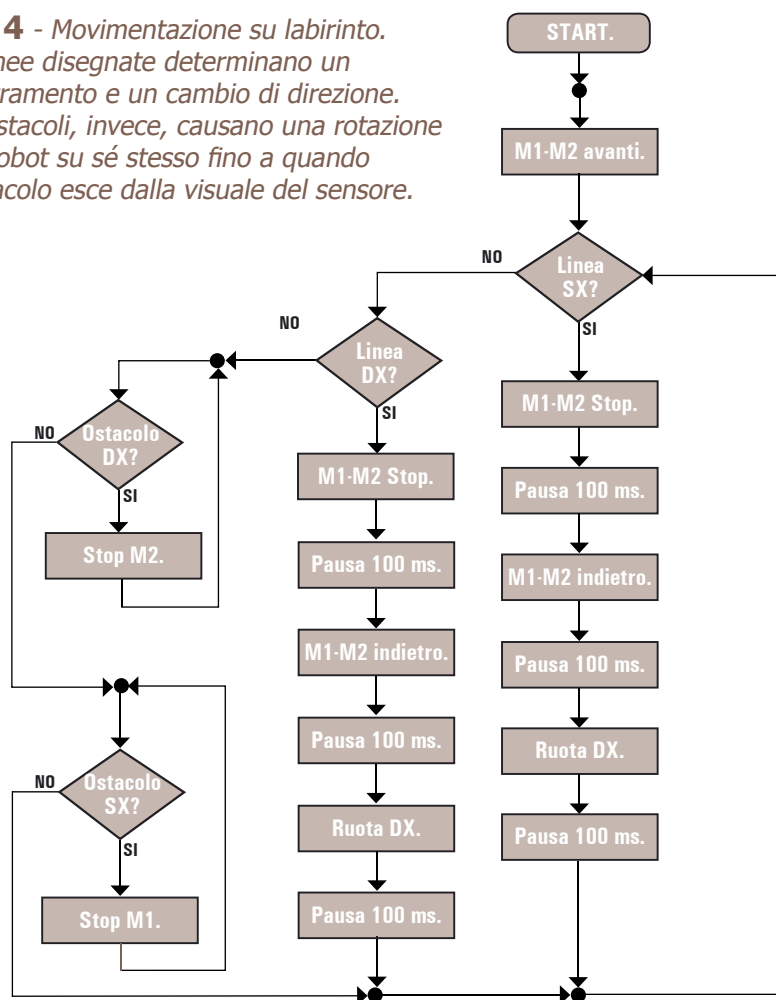


Fig. 4 - Movimentazione su labirinto.
Le linee disegnate determinano un arretramento e un cambio di direzione. Gli ostacoli, invece, causano una rotazione del robot su sé stesso fino a quando l'ostacolo esce dalla visuale del sensore.



di almeno qualche centimetro in modo da garantire l'attivazione dei sensori in loro presenza. Se le linee perimetrali delimitano un'area di movimentazione chiusa su sé stessa, il robot continua a muoversi all'interno evitando linee e ostacoli; se, però, le linee definiscono un percorso (anche complesso) che prevede un ingresso e un'uscita, Robot In tenta di trovare quest'ultima: dato che la ricerca avviene per tentativi, la risoluzione del percorso potrebbe non essere immediata.

Inseguimento di linea

Questo modo operativo è piuttosto intuitivo: il robot segue fedelmente un percorso tracciato sulla superficie di movimento. Tale percorso viene disegnato con una sola striscia di nastro isolante nero che viene rilevata sia dal sensore di linea centrale, che dai sensori di linea sinistro e destro. I due sensori linea-bordo non vengono

utilizzati (Figura 2). L'uso combinato di tre sensori è indispensabile per far comprendere al firmware se il robot si sta muovendo correttamente o sta deviando dal percorso e il principio utilizzato è il medesimo impiegato nei carrelli automatici per applicazioni industriali. Il diagramma di flusso, apparentemente complesso ma in realtà piuttosto ripetitivo, è visibile in Figura 5. Alla partenza, il sensore centrale deve essere posizionato sulla linea di percorso, altrimenti viene generata una segnalazione acustica e il robot non parte. Una volta che il sensore centrale rileva la presenza della linea di percorso, vengono avviati entrambi i motori, per cui il robot inizia a muoversi in linea retta.

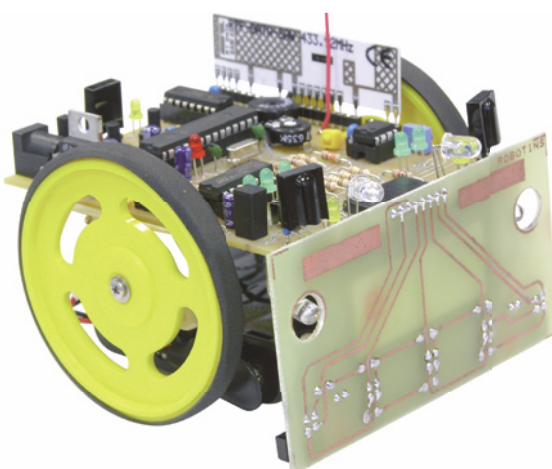
Se la traccia guida si trova in direzione differente da quella in cui si muove Robot In, dopo qualche istante la traccia tende ad uscire dal campo visivo del sensore centrale per entrare

in quello di un sensore laterale (DX o SX). Ora, se la deviazione di percorso è minima, la linea influenza sia il sensore centrale che un sensore laterale e pertanto il programma manda dei brevi impulsi di spegnimento al motore che si trova dalla stessa parte del sensore laterale attivo, in modo da produrre una leggera deviazione del percorso, deviazione che riporta il robot con il solo sensore centrale sulla linea guida.

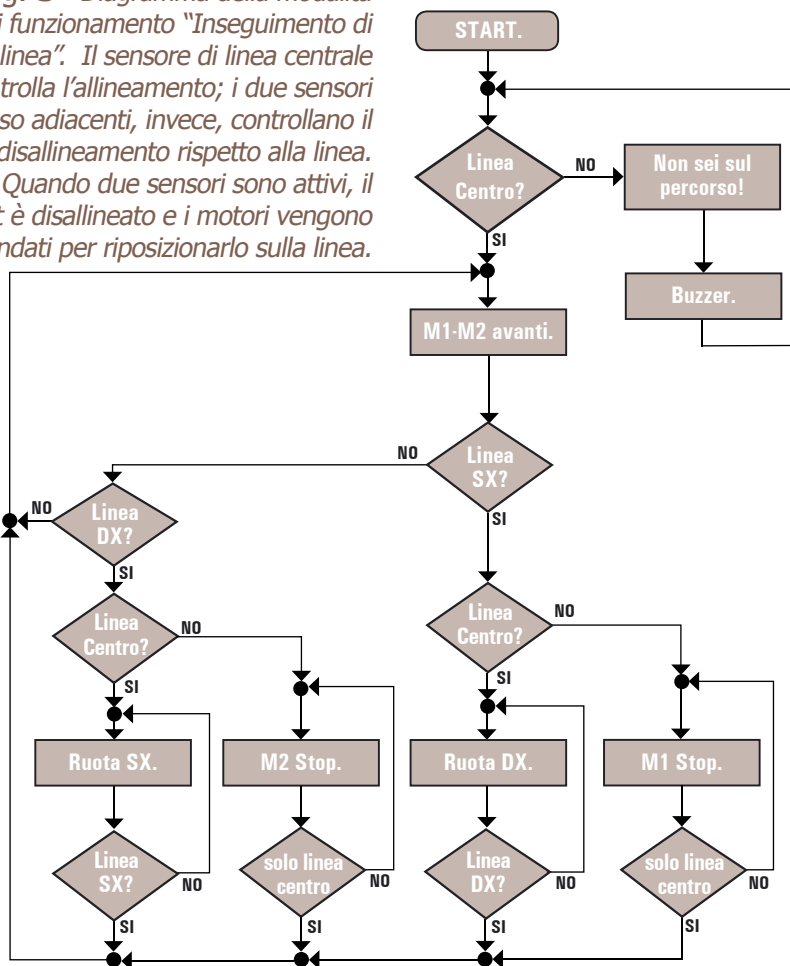
Se invece la traccia guida cambia direzione in modo repentino, essa esce dalla visuale del sensore centrale per entrare solo in quella di un sensore laterale. Ciò determina l'arresto del motore posto sul lato sensore attivo per forzare una rotazione del robot su sé stesso. La rotazione viene mantenuta fino a che il solo sensore centrale non torna a rilevare la presenza della traccia guida.

Funzione Sumo

Lo scopo di questa opzione firmware è quello di far avanzare il robot su una superficie delimitata da linee, con l'obiettivo di spingere al di fuori dell'area tutti gli oggetti incontrati durante la marcia. Nel caso di oggetti immobili, questo modo operativo non è particolarmente eccitante. Ma se nell'area di manovra è presente un altro oggetto, rappresentato da un altro robot con funzione di Sumo attiva, allora si assiste ad un vero combattimento robotico tra due rivali che cercano di spingersi vicendevolmente fuori dal ring. Il termine Sumo (disciplina di



Quando due sensori sono attivi, il robot è disallineato e i motori vengono comandati per riposizionarlo sulla linea.



lotta giapponese) si addice particolarmente per questa funzione in quanto le competizioni reali prevedono appunto lo scontro tra due avversari che si spingono e sbilanciano fino a quando uno dei due appoggia un piede al di fuori del ring. La competizione tra robot può avere luogo sia su una superficie di appoggio di colore bianco con delle linee di delimitazione di colore nero (Sumo Bianco), sia su una superficie

di colore nero con linee di delimitazione di colore bianco (Sumo Nero): se ritorniamo per un breve istante all'inizio dell'articolo, possiamo trovare tanto nell'elenco dei modi di funzionamento quanto nella Figura 1 le funzioni Sumo Bianco e Sumo Nero. Il diagramma di flusso per questa modalità è riportato in Figura 6 e non è molto dissimile da quello del modo "labirinti". Notate che la presenza di una linea di demarcazio-

ne del campo fa sì che il robot si fermi, indietreggi e quindi cambi direzione per rientrare verso il ring. I sensori di prossimità, invece, agiscono in modo differente: se un oggetto si trova in prossimità di un sensore laterale, viene fermato il motore che si trova sullo stesso lato del sensore attivo: in questo modo il robot ruota su sé stesso e continua a farlo fino a quando entrambi i sensori di prossimità (destro e sinistro) rilevano la presenza dell'oggetto. Ciò significa che l'ostacolo si trova di fronte a Robot In che, pertanto attiva entrambi i motori per spingere l'oggetto fuori dal ring.

Il collaudo di questo firmware può essere fatto tranquillamente sopra un tavolo di colore chiaro sul quale, con del nastro isolante da elettricisti di colore nero, avrete delimitato un'area circolare del diametro di 70÷80 cm. Come oggetto da eliminare potete usare un parallelepipedo di polistirolo, una scatola di bustine di tè e altro ancora. Tenete presente che, nonostante per semplicità non sia stato riportato sul diagramma di flusso, è previsto anche l'utilizzo del sensore posteriore per rilevare la presenza dell'avversario durante le competizioni. Nelle competizioni "Fuori tutto" il robot deve essere in grado di portare al di fuori del Ring tutti gli oggetti che si trovano al suo interno, nel più breve tempo possibile. In questo caso è opportuno disabilitare il sensore sul retro, per impedire che il robot, girandosi, insista a spingere gli oggetti già al di fuori del ring, ma entrati nel campo visivo del sensore posteriore. Per fare questo è sufficiente coprire il sensore posteriore in modo da impedirgli di captare i segnali riflessi dal diodo all'infrarosso.

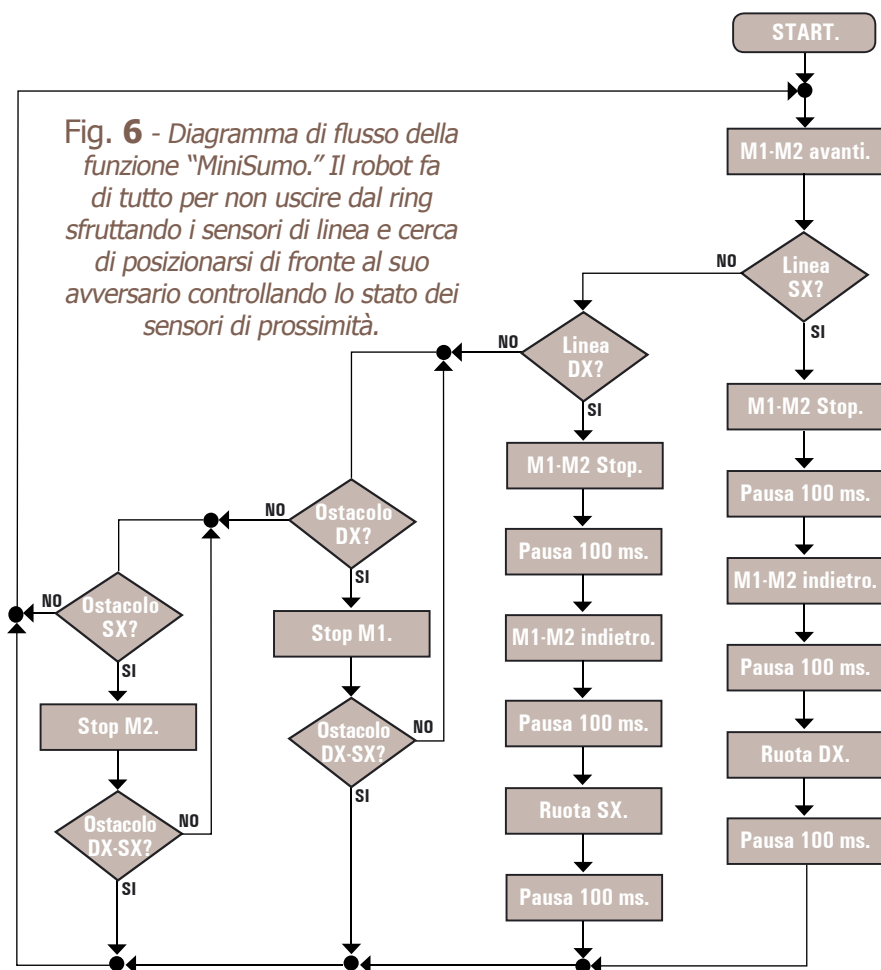
www.minisumo.net

Minisumo.net nasce il 16 Maggio 2003 e in pochi anni di attività raduna migliaia di appassionati di robotica. Il sito si occupa di organizzare gare fra robot in tutta Italia dove appassionati, studenti, ed insegnanti si sfidano sui ring del Minisumo. Nel corso degli anni Minisumo.net si è ampliato contribuendo e realizzando eventi a livello nazionale. Il portale viene aggiornato con frequenza settimanale e rappresenta una voce imparziale ed elettronica italiana.



La competizione di MiniSumo

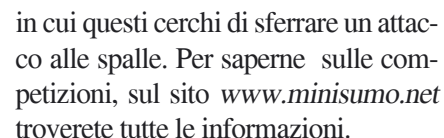
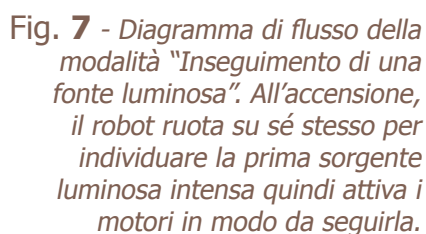
La funzione descritta precedentemente ci introduce nel mondo delle competizioni, infatti, come già accennato, nel vero Sumo due avversari si sfidano e perde chi per primo finisce al di fuori del ring. Nel caso dei robot come il no-



stro, questa competizione appartiene alla categoria di MiniSumo, categoria che, come visto nella puntata precedente, dipende dalle dimensioni e dal peso del robot (10 x 10 cm con un peso inferiore ai 500 g). È inoltre soggetta a precise regole, che abbiamo riportato nel riquadro di pagina 81.

La competizione prevede la presenza di due robot della stessa categoria che si sfidano nel ring, quindi o invitate altri amici che possiedono questo genere di robot oppure ve ne costruite due. Per adattare il nostro firmware a questo genere di competizioni dobbiamo prendere in considerazione il fatto che la superficie, questa volta, è di colore nero e il bordo è di colore bianco, adattamento che si effettua velocemente invertendo il livello logico (via software) nella lettura dei sensori di linea. L'attivazione di questa modalità avviene accendendo il robot con il pulsante P1 premuto. Successivamen-

te, al momento di avvio della competizione, si preme il tasto P1 per il Sumo su superficie bianca e P2 per il Sumo su superficie nera. Per rispettare la regola dei 5 secondi, appena premuto il pulsante, parte un conteggio scandito da un Beep ogni secondo. Allo scadere dei cinque secondi il robot inizierà la sua battaglia. Il sensore di ribaltamento viene ignorato in quanto durante gli scontri potrebbero verificarsi falsi ed inutili avvisi di ribaltamento dovuti ai colpi presi durante lo scontro con l'avversario. Il sensore di prossimità posto sul retro viene utilizzato per individuare la presenza dell'avversario nel caso



*Funzione per rintracciare
e inseguire una fonte luminosa*

Per questa funzione, vengono utilizzati i due sensori presenti sulla parte frontale e costituiti dai fotodiodi BPW40. La condizione ideale sarebbe quella di poter disporre di quattro sensori posti a 90° , in modo da rilevare la fonte luminosa sui quattro lati del robot. Per non complicare ulteriormente il nostro progetto, abbiamo volutamente previsto la rilevazione della luce solo dalla parte frontale del robot che, comunque, può ruotare su se stesso. Il diagramma di flusso del software che gestisce questa modalità è visibile in Figura 7. All'accensione, il robot ruota su sé stesso in modo da individuare la direzione della fonte luminosa più intensa, quindi, una volta individuata la direzione, il robot procede verso di essa, eventualmente modificando la sua direzione a seconda che, durante lo spostamento, la fonte luminosa dovesse trovarsi

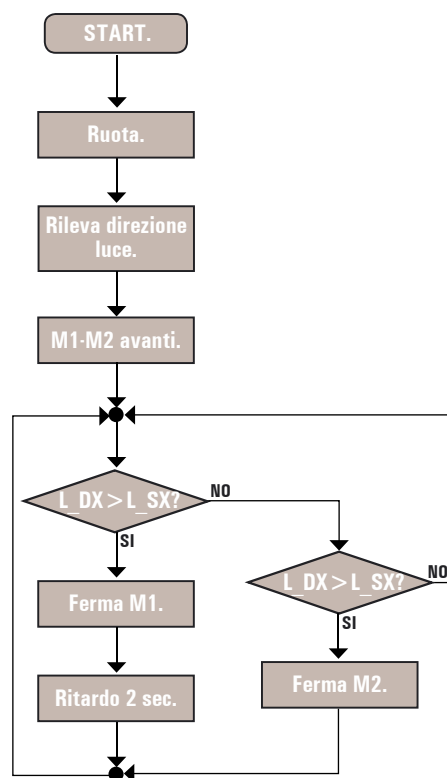
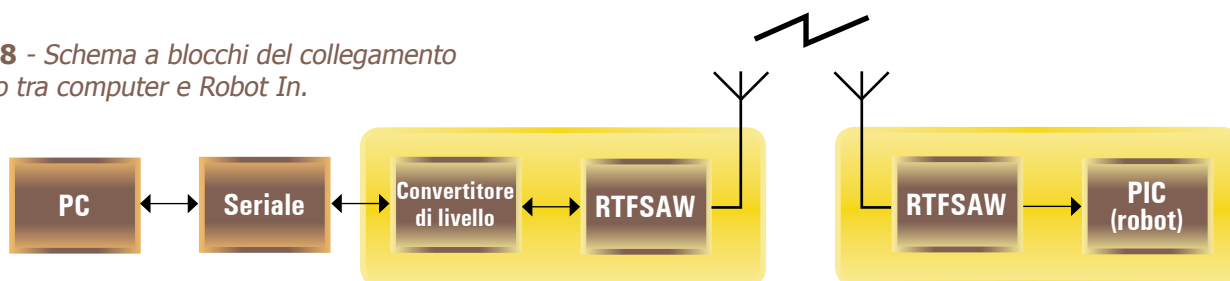


Fig. 8 - Schema a blocchi del collegamento radio tra computer e Robot In.



più verso la destra o verso sinistra. Questo controllo viene effettuato con un calcolo matematico: in pratica, il firmware cerca di identificare quale dei due sensori di luce sta rilevando l'intensità maggiore e, dopo averlo identificato, agisce bloccando il motore su quel lato, in modo che l'altro, continuando a girare, forzi la rotazione del robot verso la sorgente luminosa. Una volta che le intensità luminose si equivalgono, il robot mantiene entrambi i motori attivi. Affinché il tutto funzioni correttamente, è necessario porre il robot sopra una superficie piana (es: pavimento) in un ambiente con luce molto tenue; la fonte luminosa da riconoscere e inseguire può essere una

torcia di potenza adeguata. A questo proposito segnaliamo che è anche possibile avviare il software per PC e attivare la funzione "Radio" per leggere lo stato dei sensori di luce e valutare la corretta intensità luminosa da utilizzare. In presenza della sola luce ambiente, l'intensità luminosa rilevata deve essere minima mentre deve aumentare quando il fascio proveniente dalla torcia viene puntato verso la parte frontale del robot.

In Figura 10 (interfaccia grafica del programma) potete notare due cursori che indicano il valore dell'intensità luminosa rilevata dai due sensori e che vengono aggiornati ad ogni pressione del pulsante "Stato sensori".

Funzione di Telecontrollo remoto da PC

Dalla modalità test, segnalata all'avvio dai tre toni in scala, premendo contemporaneamente P1 e P2, entreremo nella modalità radio, in cui il robot può essere controllato da remoto tramite il PC. In Figura 8 possiamo vedere il sistema impiegato per far dialogare il PC con il PIC del robot: il computer comunica via seriale con un ricetrasmittitore dati Aurel RTFSAW attraverso un convertitore di livello RS232. Un ricetrasmittitore dello stesso tipo è montato sulla scheda madre di Robot In e comunica direttamente con il microcontrollore: dal punto di vista pratico, è come se la seriale del PC fosse collegata diretta- ➤

Il regolamento del MiniSumo

Articolo 1 • Definizione di "incontro"

Un incontro coinvolge due partecipanti detti "operatore"; può essere iscritto un operatore per robot, ma ogni operatore può essere assistito da un "meccanico". Operatore e meccanico operano con robot autonomo (da loro stessi costruito) nel ring da Sumo ("Dohyo") secondo il Regolamento del Gioco ("Rules"). La gara continua fino a che un punto ("Yuko") viene assegnato ad uno dei partecipanti. La decisione di quando un punto viene assegnato è a cura del giudice di gara.

Articolo 2 • Definizione di "interno del Ring"

L'interno del Ring è definito come l'area circondata da una linea di confine. Tale linea va ritenuta inclusa nel Ring.

Articolo 3 • Il Ring può essere un cilindro di:

- 1) alluminio con una altezza di 2,5 cm e un diametro di 77 cm (inclusa la linea del bordo). La parte superiore del cilindro è ricoperta da gomma dura nera (*longtype vinyl sheet NC, No. R289 made by Toyo Linoleum, Inc.*).
- 2) legno indeformabile con una altezza di 2,5 cm e un diametro di 77 cm (inclusa la linea del bordo).

La parte superiore del cilindro è verniciata nero opaco, mentre la linea del bordo è verniciata bianca lucida. Le linee di partenza ("Sikiri-Sen") sono designate come due linee marroni (scuro

opaco) con larghezza di 1 cm e lunghezza di 10 cm. Ogni linea è posizionata a 5 cm dal centro del Ring (10 cm tra di loro). La linea del bordo è designata come un cerchio bianco con una larghezza di 2,5 cm. "Il Confine" è definito come parte interna del Ring. Durante il gioco, il giudice di gara decide fino a quando il Ring può essere usato e quando deve essere cambiato. Il cambio del Ring è obbligatorio quando appare sulla sua superficie un'abrasione minore o uguale a 2,5 cm.

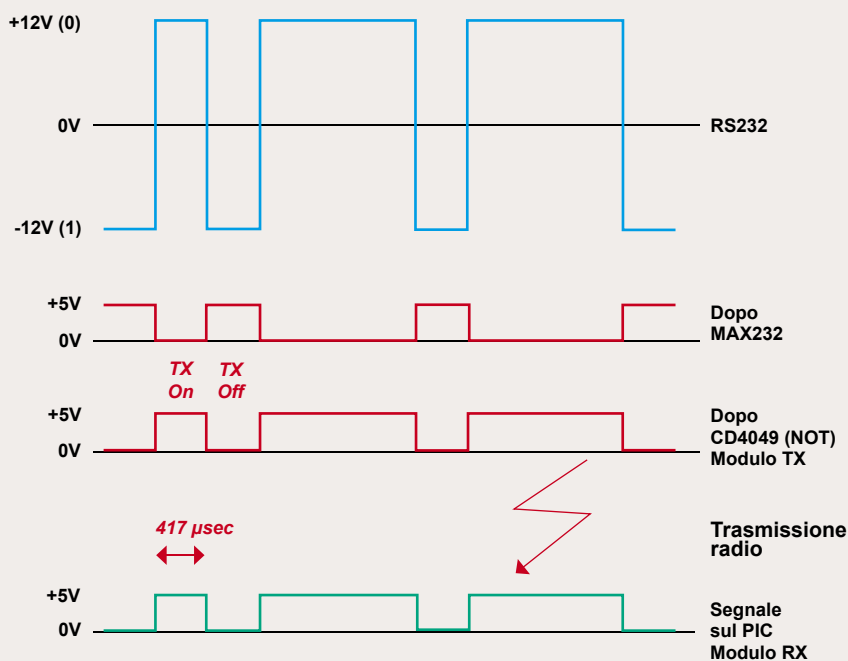
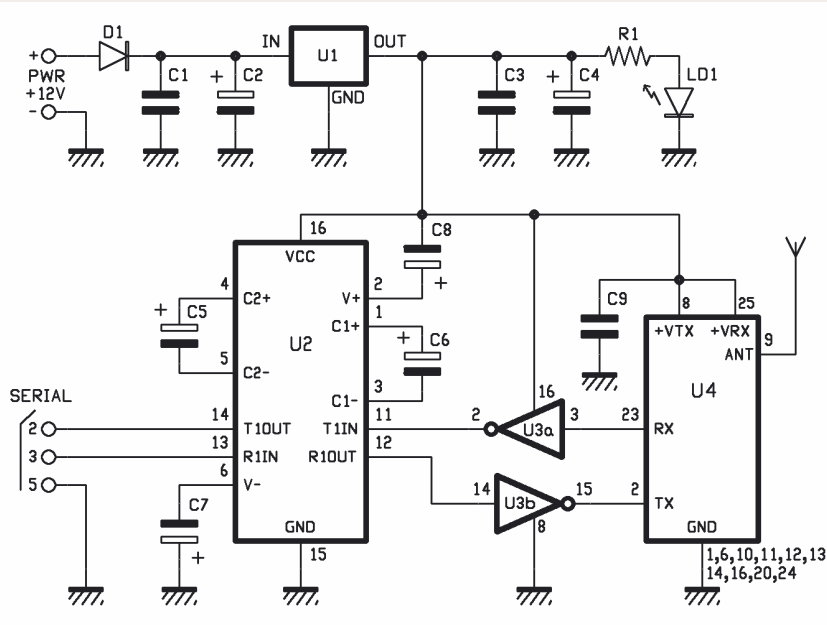
Articolo 4 • Esterno del Ring

L'area esterna del Ring si estende a non meno di 50 cm dalla linea di bordo. La zona esterna può essere di qualsiasi colore tranne che bianca. Non ci sono restrizioni sul tipo di materiale che può essere usato o alla forma della zona esterna fintanto che questo non violi lo spirito del gioco.

Articolo 5 • Specifiche

Il robot deve poter essere contenuto in un quadrato di 10 x 10 cm per lato. Non ci sono restrizioni in altezza. Il peso non deve essere superiore a 500 grammi.

Non ci sono restrizioni sul metodo di controllo usato con robot autonomi. Un robot autonomo deve essere progettato per attivarsi circa 5 secondi dopo che il contendente ha premuto il pulsante di start del robot.



I livelli logici nei vari punti del circuito. In azzurro è visibile il segnale presente sulla porta RS232 del PC. Le due tracce rosse mostrano i livelli logici prima e dopo gli invert CD4049. La traccia rossa in basso comanda direttamente il modulo Aurel e viene trasferita di pari passo al modulo che si trova a bordo del robot (traccia in verde).

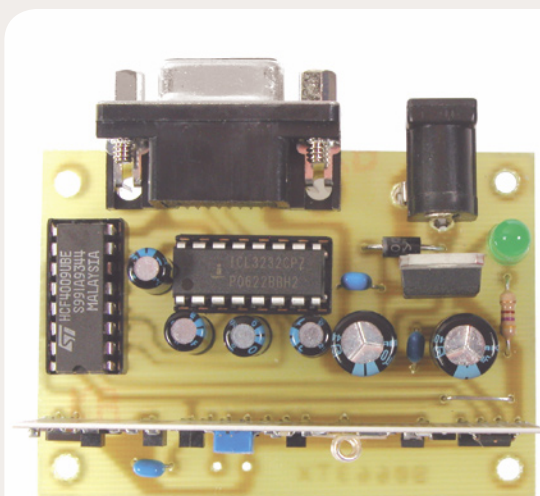
Schema elettrico

La scheda seriale-RF è molto semplice: il cuore del sistema è costituito da U4, un modulo ricetrasmittitore dati modello RTFSAW dell'Aurel. Questo sistema ibrido può essere considerato a tutti gli effetti come un modem half-duplex, in grado di scambiare dati digitali secondo lo standard RS232, con il suo equivalente, montato sulla scheda madre del robot. I suoi pin TX e RX, però, operano a livello TTL in logica positiva, pertanto, per poter essere collegati alla seriale di un PC, devono essere prima invertiti, tramite le due porte logiche U3a e U3b (CD4049), quindi adattati in livello e fase per mezzo del chip U2, un MAX232; in Figura 8 è visibile l'andamento dei segnali elettrici nei vari punti di collegamento con il robot, partendo dalla porta seriale e terminando con i pin del PIC. I pin T1OUT (14) e R1IN (13) di U2 fanno capo al connettore SERIAL, il classico DB9 che può essere collegato alla seriale del PC tramite un normale cavo dritto a nove poli. Il circuito viene alimentato con una tensione continua, anche non stabilizzata, del valore di 9 ± 12 Vdc, applicata ai morsetti PWR. Il diodo D1 protegge il circuito da eventuali inversioni di polarità; i condensatori C1 e C2 filtrano e stabilizzano la tensione in ingresso al regolatore U1, il classico 7805 dalla cui uscita è possibile prelevare una tensione di 5 V ben stabilizzati. I condensatori C3 e C4 eliminano il ripple residuo e filtrano il rumore generati dalla rezione RF del modulo Aurel e dal convertitore DC/DC del MAX232. Il led LD1, infine, segnala la presenza della tensione di alimentazione. Relativamente ai moduli RTFSAW, dal lato RF essi necessitano di una sola antenna sia per la trasmissione che per la ricezione, antenna che può essere realizzata con un semplice filo di rame della lunghezza di 17 cm saldato in verticale sul circuito stampato. Dal lato digitale, senza entrare troppo nel dettaglio, il protocollo di comunicazione supporta il baud-rate di 2.400 bit/s, con un formato dati a 8 bit, un bit di stop, nessuna parità e nessun controllo di flusso.

mente a quella del PIC. Il ricetrasmittitore, funzionante alla frequenza di 433 MHz e modulato in AM, consente il trasferimento bidirezionale half-duplex di dati digitali seriali sino ad una velocità di 4.800 bps. Da quanto appena esposto, però, appare evidente che, per interagire via PC con Robot

In, è necessario disporre di una scheda aggiuntiva, da collegare alla seriale del PC: le informazioni necessarie per realizzarla sono riportate nel riquadro visibile in queste pagine. A questo punto ipotizziamo che abbiate realizzato e collegato al PC l'interfaccia radio e ritorniamo pertanto alla de-

scrizione della modalità telecontrollo. Dicevamo che il computer trasmette via radio alcuni semplici comandi seriali che il programma di Robot In è in grado di interpretare ed eseguire. Il diagramma di flusso del firmware, visibile in Figura 9, è molto semplice: all'avvio, il programma attende



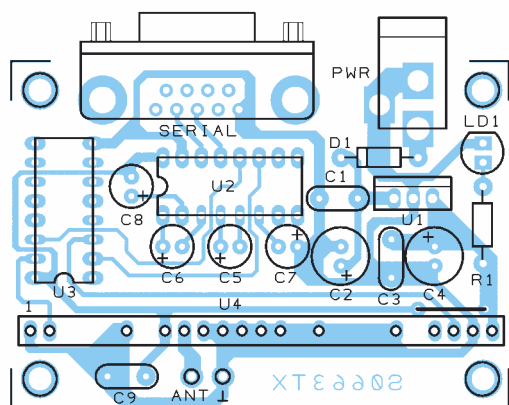
La realizzazione del trasmettitore radio è molto semplice: occorre prestare attenzione a non sbagliare il verso di inserzione dei componenti attivi, ossia i circuiti integrati, i diodi ed il modulo Aurel.

ELENCO COMPONENTI:

R1: 470 ohm
C1, C3: 100 nF multistrato
C2, C4: 470 µF 25 VL
elettrolitico
C5÷C8: 1 µF 63 VL
elettrolitico
U1: 7805
U2: MAX232
U3: 4009
U4: RTFSAW
D1: 1N4007
LD1: led 5 mm verde

Varie:

- Plug alimentazione
- Zoccolo 8+8 (2 pz.)
- Connettore DB9 femmina
- Circuito stampato S663



Realizzazione pratica

Una volta realizzato il circuito stampato con la tecnica della fotoincisione (il master in formato 1:1 del circuito monofaccia è scaricabile gratuitamente dal sito della rivista www.elettronica.in.it) e realizzati tutti i fori, potremo iniziare a saldare i due zoccoli per i circuiti integrati ed il connettore pin strip a passo 2,54 mm, necessario al modulo Aurel. Saldiamo quindi i pochi componenti a basso profilo (ponticello a filo vicino a C4, condensatori non polarizzati, diodo, resistenza e led), per poi proseguire con i condensatori elettrolitici e terminare con i componenti ingombranti, ossia lo stabilizzatore di tensione e i due connettori. Saldiamo infine lo spezzone di filo lungo 17 cm che funge da antenna. Prima di montare i circuiti integrati e il modulo Aurel, verifichiamo che la tensione di alimentazione interna sia di 5 V. A titolo informativo, segnaliamo che il trasmettitore radio appena descritto era stato utilizzato, oltre che in questo, anche nel progetto del Robot Fox, pubblicato sul numero 112 (ottobre 2006) della rivista.

di ricevere un qualsiasi comando dalla seriale del PIC. Una volta ricevuto, viene analizzato e, se valido, eseguito.

Terminata l'esecuzione, il programma riprende dall'inizio. Robot In è in grado di riconoscere i seguenti comandi:

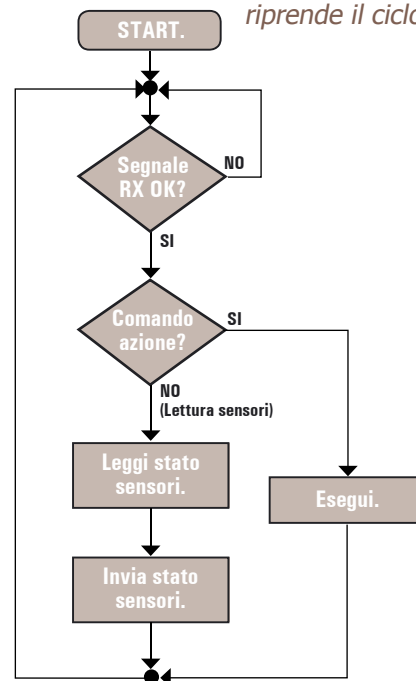
• “UUU\$R”: marcia in avanti,

• “UUU\$Y”: marcia indietro,
• “UUU\$M”: arresto immediato,
• “UUU\$6”: ruota 90° a sinistra,
• “UUU\$(“: ruota 90° a destra,
• “UUU\$=”: gira a sinistra,
• “UUU\$E”: gira a destra,
• “UUU\$3”: richiesta stato sensori. La risposta da parte di Robot In è

“UUUQxyz” in cui x rappresenta lo stato dei sensori e yz il valore dell'intensità di luce letto dai due sensori sinistro e destro.

Come nota aggiuntiva, se il comando di rotazione è impartito durante la marcia, il robot lo esegue e si pone nello stato di stop, mentre il comando di virata ha effetto solo se il robot è in movimento. In questa modalità, lasciamo che sia il controllo remoto (PC) a decidere come debbano essere attivati i motori, ignorando lo stato dei sensori di linea. I sensori per il rilevamento degli ostacoli, invece, pur non influenzando il movimento, sono attivi e il loro stato può essere rilevato tramite l'apposito comando. Inviando in modo opportuno le varie istruzioni, potrete teleguidare voi stessi il robot durante lo scontro con il vostro avversario.

Fig. 9 - Modalità telecontrollo.
Il firmware attende un comando, lo verifica, se valido lo esegue e riprende il ciclo.



Dalla sintassi dei comandi (sempre di 5 byte di lunghezza) notiamo che i primi tre byte sono rappresentati dalla lettera “U”, il cui valore binario equivale a “01010101”: si tratta di una serie di “0” e “1” perfettamente alternati che si comportano come un’onda quadra avente duty-cycle del 50% e servono ➤

al modulo ricevente per sincronizzarsi con il segnale del trasmettitore. Seguono il carattere “\$”, identificatore di inizio comando, ed infine il carattere comando vero e proprio. Il robot risponde a ogni comando semplicemente emettendo un tono di conferma, eccezion fatta per la richiesta dello stato dei sensori, a cui il PIC del robot risponde sia con il tono di conferma sia trasmettendo lo stato dei sensori via radio al PC.

Il Software

Vista la semplicità del protocollo, la telegestione del robot potrebbe essere effettuata tramite qualsiasi programma di emulazione di terminale (per esempio il classico HyperTerminal di Windows); abbiamo tuttavia preferito creare un apposito applicativo, chiamato *robotin.msi* e scaricabile gratuitamente dal sito della rivista. Il PC su cui viene installato deve disporre della seriale COM1, porta predefinita per l'avvio del programma; l'unica schermata di quest'ultimo è visibile in Figura 10. Per utilizzare l'applicativo occorre precedentemente collegare il convertitore seriale-RF alla COM1 del PC, poi accenderlo e avviare il programma; Robot In deve essere impostato in modalità telecontrollo. Facciamo riferimento alla Figura 8 che, come già detto, mostra il diagramma dei collegamenti. Ora possiamo iniziare a guidare il robot: i due pulsanti con le frecce “in alto” e “in basso” avviano la marcia in avanti e indietro mentre il pulsante centrale è lo “stop”. Le due

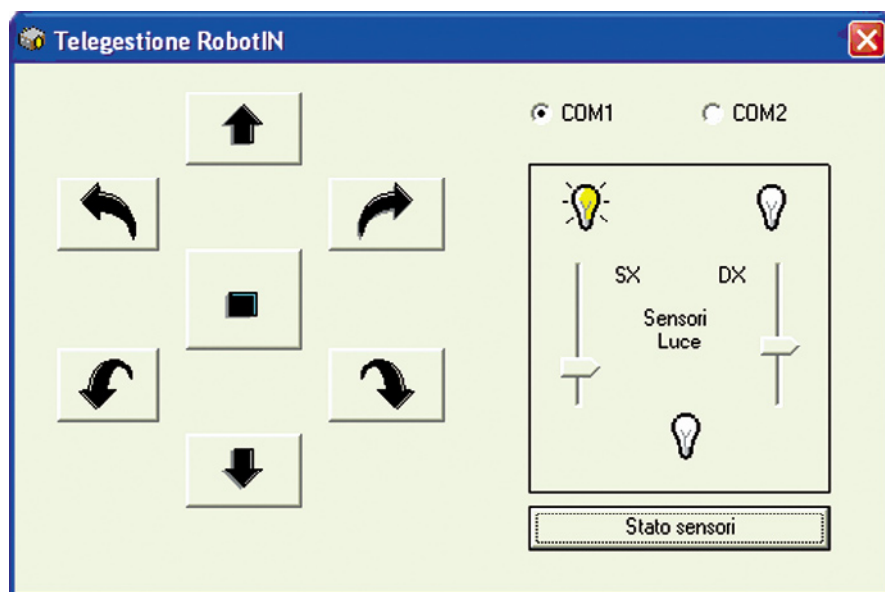
frecce curve in alto avviano la virata a sinistra o a destra durante la marcia, mentre quelle in basso comandano le rotazioni di 90°. Facendo clic sul pulsante “Stato sensori”, si invia l'apposito comando che genera un messaggio di risposta da parte del robot. Tale messaggio viene interpretato e utilizzato per aggiornare la parte destra dell'interfaccia grafica: i due cursori indicano l'intensità luminosa rilevata dai sensori di luce destro e sinistro; le tre lampadine, invece, rappresentano lo stato dei sensori di prossimità (due anteriori e uno posteriore): in presenza di un ostacolo, la lampadina corrispondente è “accesa” (gialla) altrimenti rimane “spenta” (bianca). Tenete presente che i moduli radio utilizzati, per quanto dotati di una buona immu-

nità ai disturbi, sono di tipo abbastanza economico pertanto può succedere che i disturbi generati dalla commutazione delle spazzole dei motori possano interferire con il segnale radio, causando talvolta la perdita di alcuni comandi.

Conclusioni

Con questo progetto abbiamo ancora una volta cercato di stimolare la creatività e la fantasia degli appassionati del settore e nello stesso tempo tentare di dimostrare la molteplicità dei campi d'impiego dell'elettronica e dell'informatica. L'intento è quello di rendere alla portata di tutti alcuni concetti ed alcuni aspetti dell'elettronica ancora poco noti, ma molto interessanti. Appuntamento, dunque, ai prossimi progetti!

Fig. 10 - L'interfaccia grafica del programma di telecontrollo tramite computer. Le lampadine rappresentano i sensori per gli ostacoli.



per il

MATERIALE

Il materiale utilizzato in questo progetto è facilmente reperibile in qualsiasi negozio di elettronica. I master dei circuiti stampati ed il software di comunicazione sono scaricabili gratuitamente dal sito della rivista (www.elettronica.in.it). Tutti i componenti meccanici, i motoriduttori, le ruote, i pacchi portabatteria, il modulo radio ed i sensori all'infrarosso possono essere acquistati on-line sul sito www.futurashop.it.

Il materiale va richiesto a: Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)

Tel: 0331-799775 ~ Fax: 0331-778112 ~ <http://www.futuranet.it>

A CURA DI *Matteo Destro*

Seconda puntata dedicata ai display in tecnologia OLED. Prendiamo confidenza con il display Ritek, del quale analizziamo la struttura, e con il set di comandi del controller SSD1303T. Decima puntata.

10

Nella precedente puntata abbiamo introdotto un nuovo argomento e precisamente abbiamo iniziato a parlare dei display realizzati in tecnologia OLED. Dopo avere visto i principi fondamentali su cui si basa il funzionamento di tale tecnologia e analizzato in dettaglio la demoboard preparata appositamente per queste ultime tre puntate del corso, è giunto il momento di imparare ad utilizzare in pratica i display con visualizzazione a matrice organica. Per poter fare ciò, però, è necessario conoscere bene il controller SSD1303T, presente sia nel display che abbiamo scelto di utilizzare (un RGS24128064YW003, di casa Ritek, www.ritekdisplay.com) che nella maggior parte dei display OLED attualmente disponibili in commercio. In questa puntata, pertanto, vedremo come si presenta sia dal punto di vista meccanico che elettronico, il display Ritek;

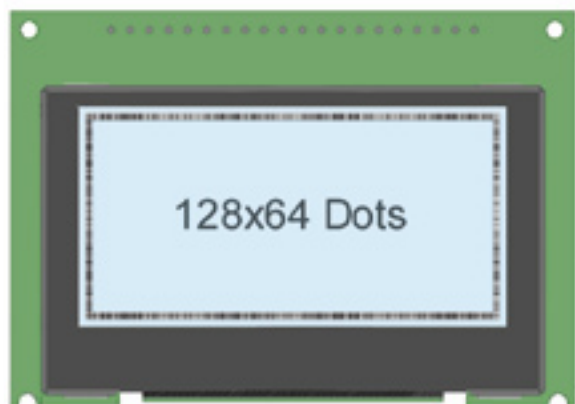
analizzeremo, quindi, in modo dettagliato tutte le funzioni messe a disposizione dal controller. Nella puntata successiva (conclusiva del Corso), infine, vedremo come configurare e far funzionare correttamente il controller in base a come è stato integrato nel display. Il firmware realizzato per la gestione della demoboard è stato progettato in modo da poter essere adattato ed utilizzato (senza troppe difficoltà) con altri display, differenti dal nostro Ritek, collegati alla demoboard tramite la porta di adattamento disponibile. Tenete comunque ben presente un particolare molto importante: il controller SSD1303T è un dispositivo particolarmente complesso, sicuramente, è il più complesso tra tutti quelli incontrati durante tutto il Corso; pertanto, anche il relativo firmware di controllo non può che essere complicato. Per il momento, comunque, non ci curiamo del firmware ➤

e focalizziamo la nostra attenzione (molta attenzione...) verso il display e il set di comandi, quest'ultimo estremamente versatile e completo, ma anche piuttosto difficile da "digerire" al primo approccio. Sappiate che quanto avete appreso nelle puntate relative ai display grafici tradizionali (puntate 5, 6 e 7) può facilitare la comprensione del chip SSD1303T.

Il display RGS24128064YW003

Quando abbiamo progettato la demoboard, ci siamo innanzitutto preoccupati di identificare dei display facilmente reperibili sul mercato e, nel fare ciò, ci siamo imbattuti in un problema piuttosto particolare: se da un lato risultava abbastanza facile reperire il display, dall'altro era molto difficile reperirne il connettore specifico, tipicamente di tipo ZIF (Zero Insertion Force), a montaggio superficiale e adatto per display dotati di flat-cable di connessione. La scelta di utilizzare il display Ritek è anche dovuta al fatto che questo dispositivo è dotato di un connettore

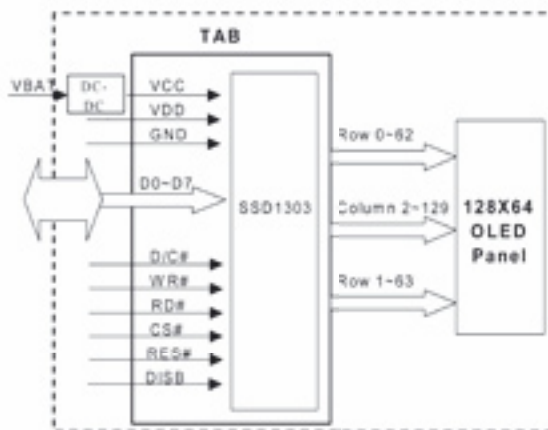
Fig. 1 Aspetto del display



di tipo pin strip a passo 2,54 mm, facilmente integrabile in qualsiasi circuito stampato realizzato a livello amatoriale.

Questo dispositivo presenta delle caratteristiche molto interessanti: ha una risoluzione di 128x64 pixel con un angolo di visuale di 160°, un contrasto di 500:1 e può operare nella gamma di temperature da -40 a +85 °C. In Figura 1 potete vedere come si presenta il display: è di dimensioni compatte (73x3x10 mm circa) e dispone di due fori e due asole di fissaggio ai vertici del PCB. Il connettore dati si trova nella parte superiore e il pin 1 è localizzato a sinistra. Relativamente alla pin-out, dettagliata nella Tabella 1, essa è molto simile a quella adottata nei display alfanumerici e grafici già utilizzati e pertanto meno "estranea". I pin 1, 2 e 3 (GND, VDD e VBAT) vengono utilizzati per l'alimentazione del

Fig. 2 Schema a blocchi del display



dispositivo, mentre 4, 5 e 6 (D/C, WR# e RD#) servono per effettuare le operazioni di lettura e scrittura, operazioni per le quali è necessario (in certi casi molto particolari) un quarto segnale (CS#) localizzato sul pin 15, che nei display visti fino ad ora era inutilizzato oppure dedicato alla retroilluminazione. Il bus dati è posizionato sui pin 7÷14, esattamente come avveniva per i display già visti, mentre i nuovi pin di reset (RES#) e di disabilitazione del DC-DC converter (DISB) sono il 17 e il 20. I pin 16, 18 e 19 non sono collegati.

Dal punto di vista elettronico, l'architettura del display non è dissimile da quella dei dispositivi in tecnologia STN (grafici o alfanumerici): il controller SSD1303T montato a bordo interpreta le istruzioni impartite dal micro, collegato ai segnali esterni, e gestisce la matrice grafica di conseguenza. Come già spiegato nelle puntate precedenti, i display OLED non dispongono di retroilluminazione in quanto ogni

Tabella 1 - Disposizione e funzione dei pin

Nome Pin	N° Pin	Tipo	Descrizione
GND	1	I	Massa.
VDD	2	I	Alimentazione circuiti logici.
VBAT	3	I	Alimentazione DC-DC converter.
D/C	4	I	Segnale di selezione dato/comando.
WR#	5	I	Segnale di scrittura.
RD#	6	I	Segnale di lettura.
D0÷D7	7÷14	I/O	Bus dati bidirezionale.
CS#	15	I	Ingresso di chip select.
NC	16	-	Non collegato.
RES#	17	I	Reset hardware.
NC	18	-	Non collegato.
NC	19	-	Non collegato.
DISB	20	I	Spegnimento del DC-DC converter.

Tabella 2 - Elenco dei comandi

Comando	C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Funzione
Set Lower Column Address	0	0	0	0	0	X3	X2	X1	X0	Imposta il nibble meno significativo dell'indirizzo di colonna.
Set Higher Column Address	0	0	0	0	1	X3	X2	X1	X0	Imposta il nibble più significativo dell'indirizzo di colonna.
Set Display Start Line	0	0	1	X5	X4	X3	X2	X1	X0	Indica da quale linea iniziare a visualizzare l'immagine sul display.
Set Page Address	0	1	0	1	1	X3	X2	X1	X0	Imposta la pagina della memoria GDDRAM su cui scrivere.
Set Control Contrast Register	0	1	0	0	0	0	0	0	1	Imposta il contrasto del display.
Brightness for color banks	0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Imposta la luminosità del display per le pagine 0 e 1 e i rispettivi banchi da 1 a 32.
Set DC-DC On/Off	0	1	0	1	0	1	1	0	1	Accende/Spegne il DC-DC converter presente sul display. X0=1: DC-DC ON. X1=0: DC-DC OFF.
Set Multiplex Ratio	0	1	0	1	0	1	0	0	0	Imposta il valore di multiplexing. Nel caso del display della RITEK il valore di multiplexing deve essere 63.
Set Display Offset	0	0	0	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Imposta lo scroll verticale del display, valori possibili da 0 a 63.
Set COM Output Scan Direction	0	1	1	0	0	X3	0	0	0	Imposta la gestione delle righe COMx rispetto all'immagine presente in GDDRAM. X3=0: COM1 to COM[N-1]. X3=1: COM[N-1] to COM1.
Set Segment Re-Map	0	1	0	1	0	0	0	0	X0	Imposta la gestione dei segmenti rispetto all'immagine presente in GDDRAM. X0=0: SEGO to SEG131. X0=1: SEG131 to SEGO.
Set Entire Display On/Off	0	1	0	1	0	0	1	0	X0	Accende tutti i pixel del display. X0=1: Tutti i pixel del display ON. X0=0: Visualizza contenuto GDDRAM.
Set Normal/Inverse Display	0	1	0	1	0	0	1	1	X0	Visualizza l'immagine in negativo rispetto al contenuto della memoria GDDRAM. X0=1: visualizza in inverse mode. X0=0: visualizza in normal mode.
Set Display On/Off	0	1	0	1	0	1	1	1	X0	Accende/Spegne il display. X0=1: accende il display. X0=0: spegne il display.
Set Display Clock Divide Ratio/Oscillator Frequency	0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Imposta il rapporto di divisione per la frequenza generata dall'oscillatore interno.
Set Pre-charge period	0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Imposta il periodo di pre-charge.
Horizontal scroll setup	0	0	0	1	0	0	1	1	0	Comando per impostare lo scrolling orizzontale del display.
	0	0	0	0	0	0	A2	A1	A0	A[2:0] imposta il numero di colonne per lo scrolling orizzontale.
	0	0	0	0	0	0	B2	B1	B0	B[2:0] Imposta la pagina di inizio per lo scrolling orizzontale.
	0	0	0	0	0	0	0	C1	C0	C[2:0] Imposta l'intervallo di tempo tra uno scroll e il successivo.
	0	0	0	0	0	0	D2	D1	D0	D[2:0] Imposta la pagina finale per lo scrolling orizzontale.
Activate Horizontal scroll	0	0	0	1	0	1	1	1	1	Attiva lo scrolling orizzontale.
Deactivate Horizontal scroll	0	0	0	1	0	1	1	1	0	Disattiva lo scrolling orizzontale.
Set Area Colour Mode On/Off & low power display mode	0	1	1	0	1	1	0	0	0	Comando per impostare la modalità monocromatica/colori e la modalità risparmio energetico.
	0	0	0	X5	X4	0	X2	0	X0	
Set Look Up Table for Area Colour	0	1	0	0	1	0	0	0	1	Comando per impostare la tabella area colore.
	0	0	0	X5	X4	X3	X2	X1	X0	X[5:0] Impostazione colore Banco 0.
	0	0	0	A5	A4	A3	A2	A1	A0	A[5:0] Impostazione colore A.
	0	0	0	B5	B4	B3	B2	B1	B0	B[5:0] Impostazione colore B.
	0	0	0	C5	C4	C3	C2	C1	C0	C[5:0] Impostazione colore C.
Set Bank colour for bank 1 – 16 (Page 0)	0	1	0	0	1	0	0	1	0	Comando per assegnazione colore pagina 0 banchi da 1 a 16.
	0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
	0	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
	0	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0	
	0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
Set Bank colour for bank 17 – 32 (Page 1)	0	1	0	0	1	0	0	1	1	Comando per assegnazione colore pagina 1 banchi da 17 a 32.
	0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
	0	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
	0	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0	
	0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
Set COM pins hardware configuration	0	1	1	0	1	1	0	1	0	Comando per la configurazione hardware dei pin COMx. X4=0: modo sequenziale. X4=1: modo alternato.
	0	0	0	0	X4	0	0	1	0	
Set VCOM deselect level	0	1	1	0	1	1	0	1	1	Comando per impostare sui pin COM la tensione di deselect.
	0	0	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	

pixel è già luminescente di suo; necessitano, però, di un DC-DC converter che generi la corretta tensione di polarizzazione alla matrice. In molti modelli di display, tale DC-DC va realizzato esternamente, mentre nel Ritek è a bordo e viene alimentato (come già accennato) dal pin VBAT (alimentazione) e controllato dal DISB (abilitazione).

Funzioni del controller

Il controller SSD1303T è un integrato in tecnologia CMOS realizzato dalla Solomon Systech (www.solomon-systech.com) per la gestione dei display di tipo OLED/PLED (Organic/Polymer light emitting diode) ed è in grado di operare con una risoluzione massima di 132x64 pixel. È dotato di un efficiente controllo hardware per la regolazione del contrasto e della luminosità, controllo che viene governato da due apposite istruzioni. La memoria GDDRAM, necessaria per memorizzare l'immagine da visualizzare, è integrata nel chip e presenta dimensione sufficienti per la gestione di un unico livello grafico. Purtroppo, però, il controllore non dispone di una memoria CGROM (Character Generator ROM, ossia la memoria che contiene la mappatura dei caratteri dei Font) e quindi abbiamo dovuto creare una tabella dei caratteri da memorizzare sulla FLASH del PIC18LF4620. A titolo informativo, sappiate che non è sempre necessario creare una tabella dei caratteri: essa serve solo nel caso vogliamo visualizzare delle scritte mentre, in applicazioni tipicamente grafiche, essa è inutile. Iniziamo ora a vedere uno per uno i vari comandi di cui il controller dispone. Molti di essi necessitano di parametri aggiuntivi, parametri che devono essere inviati immediatamente dopo l'invio del comando. Sarà poi compito del controller ricostruire il comando completo interpretando i byte ricevuti. La Tabella 1 (suddivisa in due pagine) elenca tutti i comandi e i rispettivi parametri (evidenziati in rosso) accettati dall'SSD1303T. Relativamente ai parametri, essi possono risiedere sia nel comando stesso che in uno o più byte successivi al comando. Sappiate che molti comandi, visti individualmente, possono risultarvi abbastanza ostici da comprendere: purtroppo, per quanto si possa tentare di semplificarne la spiegazione, non è possibile superare l'ostacolo rappresentato dalla natura stessa del un comando. Esso infatti, indipendentemente da come lo si voglia descrivere, altro non è che una sequenza di bit ognuno dei quali assume un particolare significato a seconda che venga utilizzato da solo o con altri comandi e bit.

Set Lower Column Address

Tabella 3- Set Lower Column Address

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	X3	X2	X1	X0

Serve per impostare il nibble meno significativo dell'indirizzo di colonna della memoria GDDRAM (Tab. 3). Deve essere sempre abbinato al suo comando gemello per il nibble più significativo "Set Higher Column Address". Quando si scrive il firmware, è necessario inviare per primo il nibble meno significativo.

Set Higher Column Address

Tabella 4- Set Higher Column Address

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	X3	X2	X1	X0

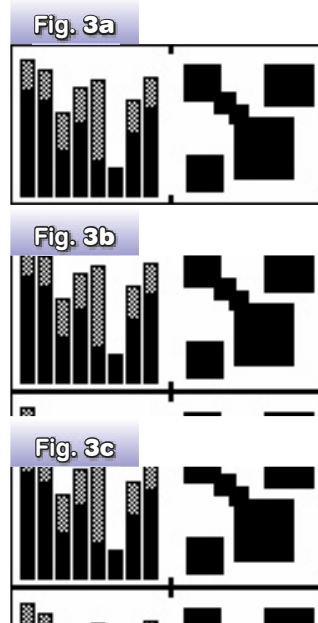
Con questo comando si imposta il nibble più significativo dell'indirizzo di colonna della memoria GDDRAM del controller (Tab. 4). È sempre preceduto dal comando gemello (Set Lower Column Address) visto in precedenza.

Set Display Start Line

Tabella 5- Set Display Start Line

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	X5	X4	X3	X2	X1	X0

Come trapela dallo stesso nome, il comando (Tab. 5) serve per indicare da quale linea iniziare a visualizzare l'immagine contenuta nella memoria GDDRAM. Può quindi essere utilizzato per eseguire uno "scroll" (ossia uno scorrimento o una rotazione) dell'immagine rispetto all'asse Y. Un esempio evidenzia in modo più chiaro quanto detto: nella Figura 3a il registro "Display Start Line" è impostato a 0x00 quindi non appare "spostata"



rispetto all'asse Y. L'immagine 3b ha subito uno scorrimento: in particolare il registro "Display Start Line" è impostato a 0x0A. Come si può osservare la parte superiore dell'immagine ricompare nella parte inferiore del display. Aumentando ancora il valore da assegnare a tale registro si nota maggiormente lo spostamento dell'immagine rispetto alla sua posizione originale. Nella Figura 3c il valore del registro "Display start line" è pari a 0x0F.

Set Page Address

Tabella 6- Set Page Address

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	0	1	1	X3	X2	X1	X0

Questo comando (Tab. 6) serve per selezionare la pagina di memoria GDDRAM su cui si vuole scrivere. Le pagine a disposizione per la memorizzazione dei dati da visualizzare sul display vanno da pagina 0 a pagina 7.

Set Control Contrast Register

Tabella 7- Set Control Contrast Register

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0

Come suggerito dal nome stesso, è il comando con cui si regola il contrasto del vetrino. Esso necessita di un parametro (avente dimensione di un byte) contenente il livello di contrasto prescelto tra i 256 livelli disponibili. Guardando la Tabella 8, si comprende chiaramente che occorre inviare prima il comando e poi il parametro a 8 bit.

Brightness for Color Banks

Tabella 8 - Brightness for Color Banks

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0

Visibile in Tab. 8, viene utilizzato per impostare la luminosità dei colori delle pagine 0 e 1. Ogni pagina è suddivisa in 16 banchi e per ognuno di questi si può definire ed usare uno dei quattro colori disponibili (Colori A, B, C e D). Ogni banco è formato da una matrice di 8x8 pixel tranne i banchi 16 e 32 che hanno una matrice di 12x8 pixel. Ciò perché la memoria GDDRAM è for-

Tabella 9- Gestione delle pagine

	Banks															
Page 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Page 1	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Page 2																
Page 3																
Page 4	Background color per le pagine 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Il colore del background è impostato in Bank 0.															
Page 5																
Page 6																
Page 7																

mata da 132x64 pixel e quindi avanzano 4 pixel (in orizzontale) che vengono sommati ai consueti 8, ottenendo così una matrice da 12x8 pixel. Le rimanenti pagine, dalle 2 alla 7, accettano solo il colore di background impostato tramite il banco 0. La Tabella 9 mostra quanto detto: le caselle 16 e 32 hanno il testo in rosso per mettere in evidenza che sono composte da una matrice di 12x8 pixel anziché 8x8 pixel:

In violetto sono stati evidenziati i 32 banchi a disposizione per le pagine 0 e 1 e in giallo le rimanenti 6 pagine. Per impostare il colore da assegnare ai rispettivi banchi si utilizzano tre istruzioni, commentate dettagliatamente in seguito.

Set DC-DC On/Off

Tabella 10 - Set DC-DC On/Off

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0

Nella puntata precedente avevamo detto che il controllore (e di conseguenza il display) dispone di un DC-DC converter necessario per generare, partendo dalla tensione di alimentazione, la tensione di bias (pilotaggio, polarizzazione) dei pixel. Ebbene, il comando *Set DC-DC On/Off* (Tab. 10) serve per accendere o spegnere l'elettronica del DC-DC converter. Viene associato a un parametro, inviato successivamente al comando stesso. Impostando X0 = 1 si accende il DC-DC converter; viceversa avviene con X0 = 0.

Set Multiplex Ratio

Questo comando serve per impostare il valore di "multiplexing", ossia il numero di righe con cui è realizzato il vetrino del display (Tab. 11). I valori consentiti vanno da 2 a 63. Nel nostro caso il valore è appunto 63 in quanto il display ha una ➤

Tabella 11 - Set Multiplex Ratio

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	0	1	0	1	0	0	0
0	0	0	A5	A4	A3	A2	A1	A0

risoluzione di 128x64 pixel e quindi un totale di 64 righe. Il valore viene calcolato contando il numero di righe necessarie e sottraendo un'unità.

Set Display Offset

Tabella 12 - Set Display Offset

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	1	0	1	0	0	1	1
0	0	0	A5	A4	A3	A2	A1	A0

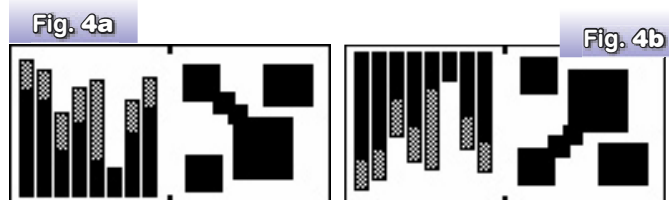
Abbastanza simile al *Set Display Start Line*, serve per impostare da quale riga iniziare a visualizzare l'immagine presente nella memoria GDDRAM; i valori possibili del parametro di configurazione vanno da COM0 a COM63 (Tab. 12). Anche questo comando può essere utilizzato per eseguire uno scrolling verticale. Infatti il comportamento è identico al comando "Set Display Start Line". A differenza del precedente comando è però necessario passare anche un parametro che identifica appunto il valore dell'offset rispetto all'immagine memorizzata nella memoria GDDRAM.

Set COM Output Scan Direction

Tabella 13 - Set COM Output Scan Direction

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	1	0	0	X3	0	0	0

Imposta la relazione tra le righe dell'immagine memorizzata in GDDRAM e le linee COMx del controller (Tab. 13). Ciò significa che, agendo in modo opportuno sui parametri, è possibile ribaltare l'immagine contenuta in memoria rispetto



all'asse X senza correre il rischio di corromperla. La Figura 4a visualizza il contenuto della memoria GDDRAM in modo normale (quindi configurando X3 = 0) mentre la 4b mostra lo stesso contenuto ribaltato rispetto all'asse X (X3 = 1). Naturalmente il contenuto della memoria GD-

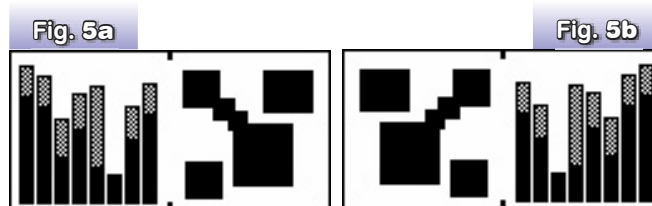
DRAM non viene alterato in alcun modo perché l'inversione della relazione tra le righe dell'immagine contenuta nella memoria GDDRAM e il driver di riga viene fatto dal controller in modo trasparente rispetto al contenuto della memoria.

Set Segment Re-Map

Tabella 14 - Set Segment Re-Map

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	0	1	0	0	0	0	X0

È simile a quello appena visto: consente di impostare la relazione tra l'indirizzo di colonna della memoria GDDRAM e il driver di segmento del controller; in altre parole è possibile ribaltare l'immagine visualizzata sul display rispetto all'asse Y (Tab. 14).



La Figura 5a mostra il contenuto della memoria GDDRAM in modo normale (X0 = 0) mentre la Figura 5b mostra la stessa immagine ribaltata rispetto all'asse Y (X0 = 1). Come per il comando precedente, il contenuto della memoria non viene alterato poiché l'inversione della relazione tra indirizzo di colonna della memoria e il driver di segmento viene fatto dal controller in modo trasparente.

Set Entire Display On/Off

Tabella 15 - Set Entire Display On/Off

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	0	1	0	0	1	0	X0

Si tratta di un comando abbastanza intuitivo: serve per accendere tutti i pixel del display indipendentemente dal contenuto della memoria GDDRAM (utile in fase di test) e senza corromperne il contenuto (Tab. 15). Per accendere tutti i pixel è necessario che X0 sia uguale a 1. In caso contrario, cioè X0 = 0, viene visualizzata l'immagine presente nella GDDRAM.

Set Normal/Inverse Display

Consente di invertire il valore logico dei pixel visualizzati sul display LCD. Quindi tutti i pixel a

Tabella 16 - Set Normal/Inverse Display

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	0	1	0	0	1	1	X0

livello logico 0 passano a livello logico 1 e viceversa. Naturalmente non è un comando distruttivo e quindi il contenuto della memoria GDDRAM non viene alterato. Come da Tab. 16, per invertire i pixel è necessario impostare X0 = 1, viceversa viene visualizzata l'immagine presente nella memoria GDDRAM. Più semplicemente, esso permette di visualizzare un'immagine in positivo o in negativo.

Set Display On/Off

Tabella 17 - Set Display On/Off

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	0	1	0	1	1	1	X0

Visibile in Tab. 17, serve semplicemente per accendere/spegnere il display OLED. Quando X0 = 1 il display è acceso, viceversa è spento.

Set Display Clock Divide Ratio/Oscillator Frequency

Tabella 18 - Set Display Clock Divide Ratio/Oscillator Frequency

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	1	0	1	0	1	0	1
0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0

Riportato in Tabella 18, ha un nome molto lungo e serve per impostare la frequenza del clock interno del display (DCLK). È inteso come il rapporto di divisione della frequenza di clock generata dall'oscillatore interno (Fig. 6) e la relativa frequenza di oscillazione. I bit A[3:0] definiscono il rapporto di divisione mentre i bit A[7:4] definiscono la frequenza di oscillazione: la frequenza aumenta all'aumentare del valore impostato. Per comprendere meglio la sua funzione, occorre ricordare che i pixel dei display LCD devono essere pilotati con un'onda quadra avente una frequenza prestabilita e che tale frequenza dipende, oltre che dalle caratteristiche dell'LCD, anche dalla struttura della matrice grafica (numero di righe per numero di

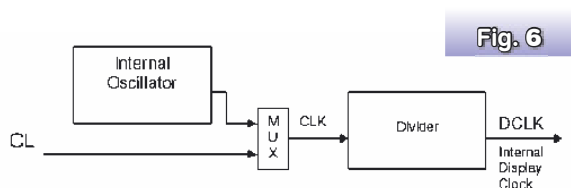


Fig. 6

colonne). Quindi con questo comando si agisce su un registro il cui valore tiene conto di tutti gli elementi citati e istruisce il controllore a generare una duplice scansione dei driver di linea e colonna alla frequenza giusta (per tipologia di LCD e per area grafica). Per maggiori dettagli possiamo fare riferimento al datasheet dell'SSD1303T.

Set Pre-charge Period

Tabella 19 - Set Pre-charge Period

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	1	0	1	1	0	0	1
0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0

Questo comando (Tab. 19) imposta la durata del periodo di pre-charge (ossia agisce sulle tempistiche dei segnali di controllo dei pixel). Il periodo di pre-charge si suddivide in due fasi: la prima viene impostata dai bit A[3:0] e la durata dipende dal valore di DCLK moltiplicato per il valore assegnato ai pin A[3:0]. La seconda fase viene impostata dai pin A[7:4] e anche in questo caso la durata dipende dal valore di DCLK moltiplicato per il valore assegnato ai pin A[7:4] (facciamo ancora riferimento al datasheet).

Horizontal Scroll Setup

Tabella 20 - Horizontal Scroll Setup

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	A2	A1	A0
0	0	0	0	0	0	B2	B1	B0
0	0	0	0	0	0	0	C1	C0
0	0	0	0	0	0	D2	D1	D0

In modo simile a quanto operato dai comandi "start line" e "display offset", questa istruzione (Tab. 20) serve per impostare lo scorrimento orizzontale e necessita di quattro differenti parametri, elencati di seguito.

Numero di colonne da far scorrere ad ogni step, definito dai bit A[2:0] e di valore compreso tra 1 e 4.

Pagina iniziale per lo scorrimento. È infatti possibile decidere quali pagine devono essere "scrolate" e quali no. In pratica si può forzare lo scorrimento di una parte precisa del display, lasciando la restante area grafica fissa com'è. I bit interessati sono B[2:0].

Intervallo di tempo tra uno scroll e il successivo ➤

vo, espresso in termini di “frame frequency”, bit C[1:0].

Pagina finale per lo scrolling. Il numero di pagina finale deve essere uguale o maggiore al numero di pagina iniziale. I bit interessati sono D[2:0]

Lo scrolling orizzontale può avvenire sia verso destra che verso sinistra e dipende dall'impostazione del parametro “Set Segment Re-Map”.

Activate Horizontal Scroll e Deactivate Horizontal Scroll

Tabella 21 - Activate Horizontal Scroll

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	0	1	1	1	1

Tabella 22 - Deactivate Horizontal Scroll

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	0	1	1	1	0

Il primo (Tab. 21) serve per attivare lo scrolling orizzontale: se esso è attivo non è possibile effettuare operazioni di lettura/scrittura sulla memoria GD-DRAM. Il secondo (Tab. 22), invece, lo disabilita.

Set Area Colour Mode On/Off & Low Power Display Mode

Tabella 23 - Set Area Colour Mode On/Off
& Low Power Display Mode

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	1	0	0	1	1	0	0
0	0	0	X5	X4	0	X2	0	X0

Visibile in Tabella 23, serve per impostare la modalità monocromatica/colore, ma solo se il display OLED lo permette. L'impostazione vale solo per le prime due pagine. Consente inoltre di attivare e disattivare la modalità di funzionamento a risparmio energetico. Per impostare la modalità monocromatica/colore si deve agire sui bit X5 e X4. Se entrambi sono a livello logico basso viene impostata la modalità monocromatica, se invece sono entrambi a livello logico alto viene impostata la modalità colore. Il risparmio energetico viene invece controllato tramite i bit X2 e X0. Se entrambi sono a livello logico alto viene richiamata la modalità a risparmio energetico.

Set Look Up Table for Area Colour

Il controllore SSD1303T è in grado di gestire display a quattro colori + il background. Tramite il comando in questione (Tab. 24) è possibile

Tabella 24 - Set Look Up Table for Area Colour

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	X5	X4	X3	X2	X1	X0
0	0	0	A5	A4	A3	A2	A1	A0
0	0	0	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0	0	0	C5	C4	C3	C2	C1	C0

impostare il colore di background e i tre colori A, B e C. Il colore D è fisso e non può essere variato. L'intensità del colore, o scala di grigio, viene regolata passando gli opportuni parametri al chip. Sono possibili 64 livelli di regolazione per i tre colori A, B e C e per il background, livelli configurabili tramite i bit elencati di seguito:

- X[5:0] per regolare il colore del background
- A[5:0] per regolare il colore A
- B[5:0] per regolare il colore B
- C[5:0] per regolare il colore C

Set Bank Colour for Bank 1 – 16 (Page 0)

Tabella 25 - Set Bank Colour for Bank 1-16 (page 0)

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	0	0	1	0	0	1	0
0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
0	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0
0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

Viene utilizzato per impostare il colore da assegnare ai banchi da 1 a 16 nella pagina 0 e necessita di quattro parametri di configurazione per un totale di 32 bit (Tab. 25). Il colore da utilizzare per ogni banco viene definito da due bit specifici: per il banco 1 si devono configurare i bit A[1:0], per il banco 2 i bit A[3:2] e così via fino al banco 15 con i bit D[5:4] e il banco 16 con i bit D[7:6].

Set Bank Colour for Bank 17 – 32 (Page 0)

Tabella 26 - Set Bank Colour for Bank 17-32 (page 0)

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	0	0	1	0	0	1	1
0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
0	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0
0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

Permette di scegliere il colore da assegnare ai banchi da 17 a 32 nella pagina 1 (Tab. 26) e funziona esattamente come il comando precedente.

Set COM Pins Hardware Configuration

Tabella 27 - Set COM Pins Hardware Configuration

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	1	0	1	1	0	1	0
0	0	0	0	X4	0	0	1	0

Questo comando (Tab. 27) serve per “aiutare” chi deve progettare il PCB, normalmente molto complesso nella zona che si collega al vetrino. Agisce sulla sequenza dei pin COM e SEG e supporta due modalità distinte: quella alternata e quella sequenziale. In modalità sequenziale i pin di

Tabella 28a - Modalità sequenziale

COM31,30,29, ..., 0 SEG0, 1, 2, ..., 131 COM32, 33, 34, ..., 63

Tabella 28b - Modalità non sequenziale

COM62,60,58, ..., 0 SEG0, 1, 2, ..., 131 COM1, 3, 5, ..., 63

controllo sono distribuiti come visibile in Tabella 28a mentre in modalità non sequenziale, l'ordine è quello in Tabella 28b.

Set VCOM Deselect Level

Tabella 29 - Set VCOM Deselect Level

C/D	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	1	0	1	1	0	1	0
0	0	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0

Questo comando imposta il livello di tensione VCOM (tensione di pilotaggio dei pixel). Tale livello è ottenuto moltiplicando il valore assegnato con questo comando (Tab. 29) per la tensione di riferimento Vref. Ad ogni valore binario corrisponde un fattore di moltiplicazione; ad esempio se $A[6:0] = 0000000$, allora il fattore di moltiplicazione è circa 0,43, se invece $A[6:0] = 0110101$, il fattore diventa circa 0,77, fino ad arrivare a $A[6:0] = 1111111$ con fattore di moltiplicazione 1. Non c'è una relazione lineare tra il valore assegnato e il fattore di moltiplicazione, pertanto occorre agire per tentativi.

Altri comandi

Non è stata menzionato, ma è anche possibile eseguire un comando di lettura del registro di stato il

quale contiene solo l'informazione di display ON o OFF. Nella libreria di gestione del controller SSD1303T non è stato fatto uso di tale registro in quanto abbastanza inutile per la nostra applicazione. Naturalmente esistono di casi nei quali sarebbe utile conoscere lo stato del display prima di eseguire determinate porzioni di codice: si tratta di applicazioni abbastanza particolari in cui, ad esempio, se il display si trova nello stato “ON” dovremo eseguire una specifica funzione, mentre se è in “OFF” la funzione da eseguire dovrà essere un'altra. È evidente che tale situazione dipende fortemente dall'applicazione che si deve realizzare e pertanto esula dagli scopi che ci siamo prefissati nel nostro corso sui display OLED.

Oltre alla lettura dello stato del display è possibile leggere o scrivere la memoria GDDRAM: l'operazione di lettura viene eseguita portando a livello logico basso il pin RD# e a livello logico alto i pin WR# e C/D. Ricordiamo che occorre eseguire una lettura “dummy” (a vuoto) per poter dare al driver il tempo necessario per agganciarsi alla memoria, prima di iniziare la lettura a “raffica” di tanti byte consecutivi. Il primo valore letto, perciò, deve sempre essere scartato perché non è valido. Durante la lettura, il puntatore alla memoria GDDRAM viene auto-incrementato dal controller stesso. Se il controller è stato configurato per lavorare con l'interfaccia seriale non è possibile leggere il contenuto della memoria GDDRAM, in quanto la seriale è unidirezionale. L'operazione di scrittura sulla memoria viene eseguita portando a livello logico basso il pin WR# e a livello logico alto i pin RD# e C/D. Durante la scrittura il puntatore alla memoria viene auto-incrementato dal controller stesso.

Note conclusive

Abbiamo così terminato la descrizione del set di comandi di cui è dotato il controllore grafico SSD1303T.

Come sicuramente avrete compreso, si tratta di un chip in grado di offrire innumerevoli opzioni di funzionamento, a conferma di quanto dicevamo all'inizio relativamente alla complessità del dispositivo; in sostanza non dicevamo qualcosa di lontano dalla realtà. Durante la prossima puntata, con la quale concluderemo il nostro Corso LCD, vedremo come utilizzare il controller analizzando in dettaglio il firmware che abbiamo scritto per gestire il display Ritek, dispositivo di piccole dimensioni ma in ogni caso adatto allo scopo didattico del Corso.