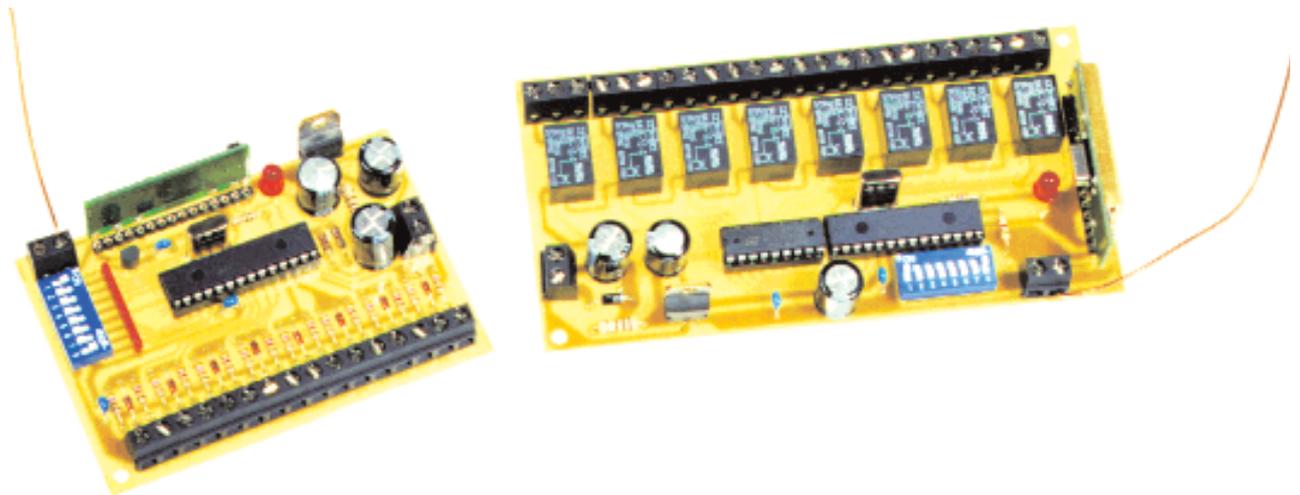


Link 8 canali 433 Mhz in FM



FT442TX

Quando sorge l'esigenza di comandare contemporaneamente a distanza più utilizzatori diventa obbligatorio ricorrere ad un radiocomando multicanale come quello proposto sui fascicoli numero 52 e 53 di *Elettronica In*: "Radiocomando UHF 433 MHz a 8 / 16 canali". Diverso è il discorso quando si devono controllare più canali in modo "contemporaneo", in pratica quando si desidera far coincidere, in tempo reale, lo stato di ingressi posti su di una unità (TX) con lo stato di uscite posizionate su una seconda unità (RX). In questo caso si può parlare di servocontrollo: un dispositivo, come quello qui proposto, che invia più comandi

e dispone di un'unità ricevente capace di mantenere per ogni uscita, fino al successivo aggiornamento, l'ultimo stato ricevuto. Il notevole vantaggio di un sistema del genere è di impiegare un solo canale radio e un'unica codifica per operare contemporaneamente su otto comandi riguardanti altrettanti utilizzatori. Agendo su otto livelli logici, ciascuno corrispondente alla condizione in cui si vuole venga impostata la relativa uscita del ricevitore, il sistema trasmettente provvede ciclicamente a leggere gli ingressi e a trasferire sulla ricevente le impostazioni. Il nostro sistema è dunque un servocomando da impiegare per azionare servomeccanismi,

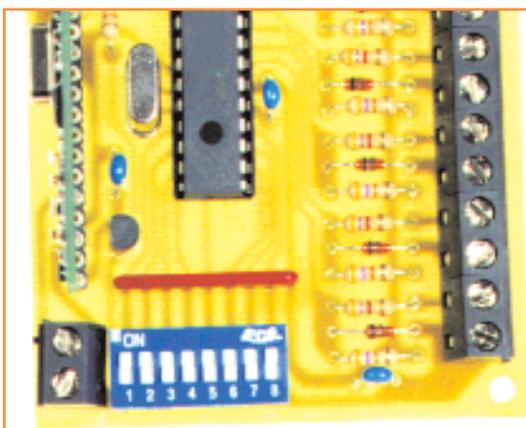
radiomodelli, veicoli mossi a distanza, macchine collocate in luoghi difficilmente raggiungibili ecc. Ciò non solo per il fatto che conserva i comandi ricevuti ma anche perché implementa una caratteristica indispensabile, ad esempio, quando la trasmittente o la ricevente non operano in postazione fissa: le uscite del ricevitore si resettano e vanno automaticamente a riposo quando manca il collegamento radio, ossia se trascorre più del tempo previsto per l'invio (tre volte consecutive) da parte del **t r a s m e t t i t o r e**, dell'aggiornamento sullo stato dei canali. Ciò consente di disattivare i carichi collegati quando sono fuori dal controllo dell'unità trasmettente. Una seconda caratteristica del servocontrollo che vale la pena di citare subito è l'utilizzo di una sezione radio in FM che garantisce, rispetto a un

analogo sistema in AM, maggiore portata utile: ciò essenzialmente perché lavorando in FM la comunicazione è praticamente insensibile ai disturbi atmosferici e ai rumori elettrici captati dall'antenna ricevente e sovrapposti alla portante. Il

demodulatore di frequenza taglia tutti i disturbi, quindi garantisce un rapporto segnale / rumore molto più elevato, tanto che a parità di potenza si può ricevere e decifrare segnali più deboli, quindi più lontani. Così com'è, adottando come antenne ricevente e trasmittente due

spezzoni di filo lungo 17 cm, il sistema garantisce una portata utile di 1 chilometro. Queste ed altre caratteristiche risulteranno evidenti dando un'occhiata alle due unità che compongono il servocontrollo.

IL TRASMETTITORE

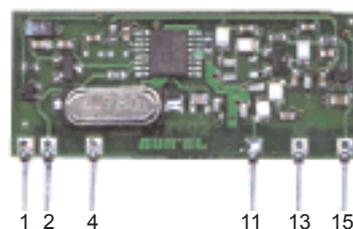


Il trasmettitore dispone di due morsetti di ingresso per ogni canale siglati da IN1 a IN8. Lasciando aperto il contatto di un ingresso, il micro rivela un uno logico e il relè relativo del ricevitore risulta diseccitato. Cortocircuitando un ingresso, il relè associato sul ricevitore viene chiuso.

Il cuore del circuito è un microcontrollore al quale è affidata la gestione dell'insieme; è completato da un modulo ibrido trasmettente, con il quale il micro invia nell'etere le stringhe di dati dirette alla ricevente. Il micro è un PIC16F876 che provvede a leggere ciclicamente e rapidamente lo stato di 8 delle sue linee (gli 8 bit della porta RB) configurate, dopo il reset iniziale, come ingressi: ogni secondo o prima, se nel

IL MODULO Tx 4M50PL06

Il servocomando UHF è l'occasione che ci ha permesso di proporre un componente recentissimo, da poco disponibile in commercio: si tratta di un minitrasmettitore ibrido operante in UHF a 433,92 MHz, siglato TX4M50PL06, capace di erogare una potenza di +10 dBm su un carico (antenna) da 50 ohm d'impedenza. L'emissione sembra normale ed in effetti lo è, tuttavia garantisce prestazioni ben oltre l'immaginabile, di gran lunga superiori a quelle di un analogo sistema operante in AM. Già, perché il nostro sistema impiega tale trasmettitore nell'unità TX e un ricevitore FM nella ricevente; questa accoppiata garantisce una portata utile da due a tre volte superiore rispetto a quella di un sistema analogo realizzato con moduli AM. I motivi sono essenzialmente due: il primo va ricercato nella modulazione, che producendo uno slittamento di frequenza della portante richiede un demodulatore strutturato in modo da ignorare i disturbi elettrici presenti nell'atmosfera e quelli artificiali prodotti dai dispositivi elettrici ed elettronici; queste interferenze vengono sovrapposte al segnale e, negli stadi AM, passano dal demodulatore e rendono meno intelleggibile il segnale modulato. Lavorando in FM, il demodulatore abbatte i disturbi, quindi dà un segnale che, a parità di potenza del trasmettitore, è leggibile anche ad ampiezze minori, quindi allontanando maggiormente TX ed RX. Il secondo motivo non dipende dalla modulazione ma dal fatto che il ricevitore adottato è un RX4M50FM60, del tipo supereterodina, quindi fortemente selettivo e con una sensibilità eccezionale: ben -111 dBm.

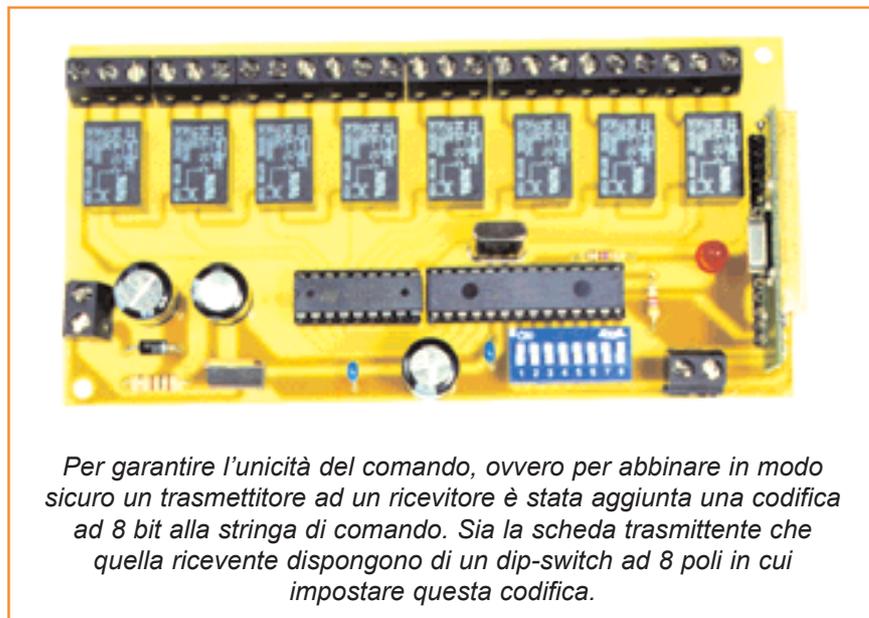


**1 = GROUND, 2 = DATA INPUT,
4 = GROUND, 11 = RF OUTPUT,
13 = GROUND, 15 = +V.**

frattempo rileva una variazione nello stato di questi 8 bit, genera una stringa seriale formata da diversi byte, uno dei quali rappresenta, appunto, la situazione degli ingressi. Torna dunque a riposo e riprende a testare le linee di I/O. Ad ogni evento il microcontrollore attiva il TX ibrido ed invia allo stesso la stringa di comandi. Questo è il funzionamento a sommi capi, semplice e immediato; ma dietro questa spiegazione essenziale vi è un programma di gestione decisamente complesso, che provvede sia al monitoraggio degli ingressi che alla stesura di un protocollo di comunicazione con la ricevente molto affidabile. Prima di approfondire l'argomento va fatta una precisazione: la stringa di dati trasmessa è diversa in base all'evento che il TX deve comunicare all'RX; per

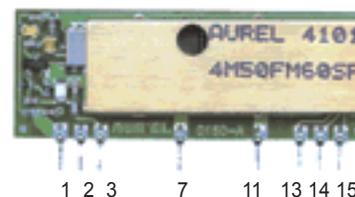
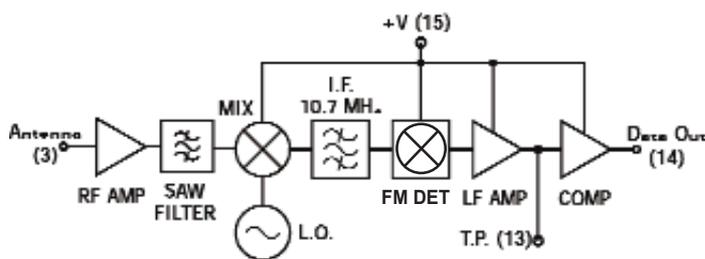
l'esattezza, ne è prevista una per l'aggiornamento ciclico (ogni secondo) dello stato degli input e una diversa se varia la condizione logica di almeno uno degli ingressi. Ciò premesso diciamo che a seguito di ogni

evento il micro genera una stringa i cui primi due byte sono sempre un header, una coppia di caratteri di sincronismo che permettono al ricevitore di capire subito se quello che sta captando è il segnale di un'unità



Per garantire l'unicità del comando, ovvero per abbinare in modo sicuro un trasmettitore ad un ricevitore è stata aggiunta una codifica ad 8 bit alla stringa di comando. Sia la scheda trasmittente che quella ricevente dispongono di un dip-switch ad 8 poli in cui impostare questa codifica.

IL MODULO Rx 4M50FM60



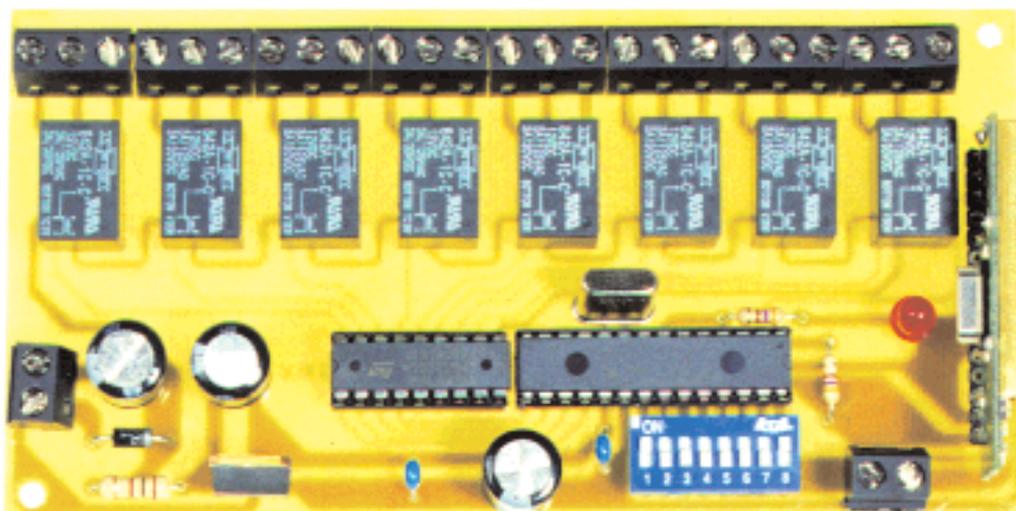
1 = +V PRE; 2 = GROUND, 3 = ANTENNA, 7 = GROUND, 11 = GROUND, 13 = TEST POINT, 14 = DATA OUTPUT, 15 = +5V.

CARATTERISTICHE TECNICHE

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| Alimentazione | 5 Vdc |
| Corrente assorbita | 6 mA |
| Frequenza di ricezione | 433.92 MHz |
| Sensibilità RF | -111 dBm |
| Banda passante RF a -3dB | 600 KHz |
| Banda passante IF a -3dB | 70 KHz |
| Onda quadra in uscita | 2 KHz |
| Emissioni RF spurie in antenna | < -80 dBm |
| Tempo di accensione | < 0.2 s |
| Temperatura di lavoro | -20 ÷ +80 °C |

La scheda ricevente del servocontrollo implementa un nuovo modulo Aurel supereterodina quarzato a 433,92 MHz, provvisto di demodulatore FM e caratterizzato da una notevole sensibilità (-111 dBm): esso provvede a sintonizzare il segnale radio e a demodularlo, restituendo le stringhe di dati trasmesse dall'unità TX.

La sezione di uscita della ricevente è formata da 8 relè in grado di gestire una corrente nominale di 3 A. Qualora si devono gestire carichi che richiedono una corrente più elevata, occorre utilizzare i relè della scheda come servorelè, cioè pilotare con essi altri relè di maggior potenza.



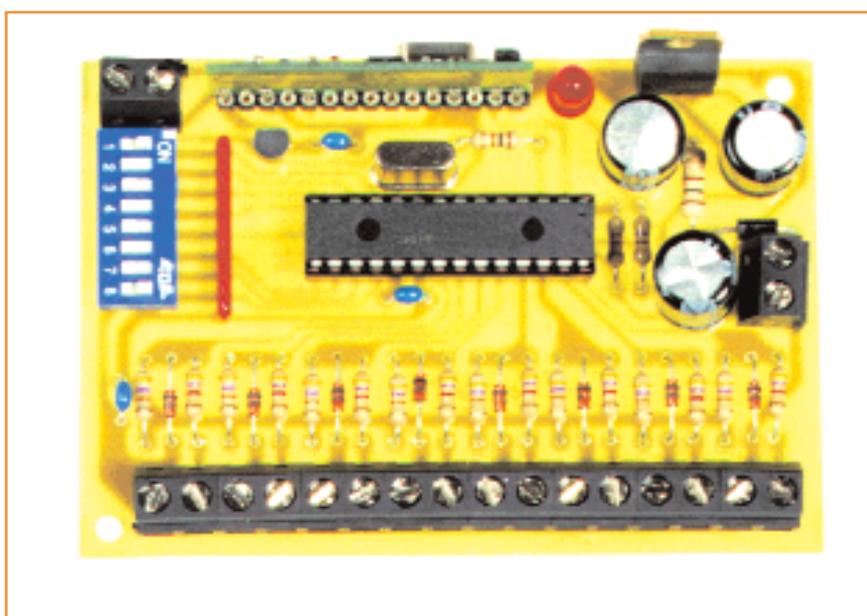
del sistema ovvero un'altra portante RF, estranea, dunque da ignorare. L'header è la sequenza di due caratteri (uno dei quali è A5 hex e l'altro 5A hex). Segue lo stato dei dip-switch, ossia il codice identificativo della trasmittente che l'utente può impostare mediante otto dip; il codice consente alla ricevente di accettare solo i comandi nel formato previsto e dalla trasmittente che ha i dip impostati esattamente come i

suoi.

IL PROTOCOLLO RADIO

Dopo il terzo byte, la stringa cambia in base alla causa che l'ha generata; vediamo prima quella prodotta a seguito della variazione di uno dei bit d'ingresso. In essa il quarto, il sesto e l'ottavo byte sono caratteri di riempimento (\$A5) inseriti, per mantenere stabile il modulatore e prevenire errori di modulazione, tra un dato

significativo e il seguente. Il quinto carattere contiene lo stato degli ingressi, quindi la rispettiva variazione da comunicare alla ricevente; il settimo è la ripetizione dell'impostazione dei dip-switch (codice TX). Il nono byte è ancora lo stato degli ingressi, ripetuto anch'esso due volte per accertarsi che l'RX lo decifri correttamente. Chiude la stringa un terminatore (AA esadecimale) che il software dell'unità ricevente usa per ritenere conclusa la comunicazione. La stringa generata ogni secondo a garanzia della portante radio tra TX e RX è sostanzialmente identica a quella appena esaminata: anch'essa risulta composta da 10 byte con la differenza che i tre byte filler (utilizzati per mantenere stabile il modulatore AM) vengono sostituiti con il carattere AA esadecimale. Come vedete, il protocollo è curato nei dettagli al fine di ottenere un comando esclusivo e sicuro, tanto che possiamo ritenere il nostro sistema adatto ad applicazioni anche critiche, dove la



sicurezza sia essenziale. Quanto alla gestione degli ingressi, ciascuna linea di ingresso è protetta da tensioni elevate tramite un diodo zener da 5,1 volt (da DZ1 a DZ8) e da una resistenza serie da 4,7 Kohm (da R1 a R8). Ogni linea è dotata di resistenza di pull-up

(da R9 a R16), se lasciata aperta il micro legge un valore logico alto e il relè relativo del ricevitore risulta diseccitato. Se l'ingresso viene chiuso verso massa, il micro legge uno zero logico e il relè relativo viene chiuso. Quanto alla corrispondenza TX / RX,

l'ingresso IN1 corrisponde al canale 1 della ricevente, quindi al relè 1; l'ottavo ingresso (IN8) interviene sul relè 8. Questo è quanto riguarda il funzionamento del trasmettitore, o meglio, del suo microcontrollore, il PIC16F876, la cui linea RA0 è destinata a inviare, a ogni trasmissione, le stringhe di dati alla sezione radio, mentre RA1 serve per accendere quest'ultima; l'intera porta RC è invece dedicata alla lettura dei dip-switch, quindi della codifica della scheda trasmittente. Prima di andare avanti, notate un dettaglio: a differenza di quanto è stato fatto nel micro della scheda ricevente, qui le linee di I/O che leggono i dip-switch sono state dotate di una rete resistiva, ciascuna di una resistenza di pull-up; il motivo di ciò è che la porta C del PIC16F876 non dispone di alcun pull-up interno, dunque è stato necessario provvedere esternamente. Particolare attenzione merita la sezione di radiofrequenza, realizzata con un ibrido (Aurel TX4M50PL06) di nuova concezione operante in UHF: internamente dispone di un oscillatore radio sintonizzato a 433,92 MHz capace di sviluppare +10 dBm su antenna da 50 ohm di impedenza, con 5 volt d'alimentazione; il componente, come già accennato, lavora a modulazione di frequenza garantendo una notevole portata utile. Per limitare il consumo in standby abbiamo inserito un transistor PNP in serie al piedino di alimentazione dell'ibrido: esso viene polarizzato tramite la linea RA1 del micro quando deve essere trasmessa una stringa di dati. A

Protocollo di comunicazione

Il protocollo di comunicazione tra trasmettitore e ricevitore è stato accuratamente studiato per consentire una maggior stabilità della trasmissione ed evitare errori di comunicazione dovuti ad eventuali disturbi presenti nella zona di utilizzo del sistema tx/rx. Il tutto si basa sulla trasmissione di due tipi di stringhe; la prima indica le variazioni dei canali in ingresso mentre la seconda contiene un messaggio di stato (inviato ogni secondo) che consente di stabilire se la comunicazione è attiva o meno (la perdita di contatto potrebbe avvenire a causa di disturbi troppo elevati o per eccessiva distanza).

1 - **[\$A5][\$5A][DIP][\$A5][ING][\$A5][DIP][\$A5][ING][\$AA]**

[\$A5][\$5A] Rappresenta l'header della stringa.

[DIP] E' lo stato dei dip-switch (inviato 2 volte per sicurezza).

[\$A5] Filler che consentono di mantenere stabile il modulatore

AM (viene ripetuto dopo ogni dato significativo).

[ING] E' lo stato degli ingressi (ripetuto 2 volte per sicurezza).

[\$AA] Terminatore della stringa.

2 - **[\$A5][\$5A][DIP][\$AA][ING][\$AA][DIP][\$AA][ING][\$AA]**

[\$AA] Filler che va a sostituire **[\$A5]** nel messaggio di stato. In questo modo il ricevitore può discriminare tra il messaggio normale e quello di stato.

Livelli e releⁱ

Il trasmettitore prevede otto ingressi: per essi vale la seguente convenzione: aperti presentano un uno logico alla rispettiva linea del microcontrollore; chiusi verso massa le corrispondenti linee di I/O del PIC rilevano il livello basso. Dunque, ingresso aperto vuol dire uno e input chiuso verso massa vale zero logico. Sul circuito ricevente le condizioni si riflettono così: 1 logico (ingresso aperto) corrisponde relè diseccitato; 0 logico (ingresso chiuso) equivale ad attivare il relè del canale corrispondente.

riposo, ovvero fra una trasmissione e l'altra, RA1 torna a 1 logico e lascia interdire il PNP, il cui collettore isola dunque il pin 15 dell'ibrido. Ogni trasmissione è scandita dal lampeggio del diodo luminoso LD1, comandato dalla linea RA5 del micro. Notate che il lampeggio ripetitivo che esso dà è dovuto al fatto che ciascuna trasmissione viene ripetuta più volte, ovvero che i 10 byte di ogni stringa sono trasmessi consecutivamente per alcune volte. Chiudiamo la descrizione dell'unità con lo stadio alimentatore, centrato su un regolatore integrato 7805 che ricava 5 volt perfettamente stabilizzati necessari ad alimentare il micro e la sezione radio. L'intero dispositivo necessita di una tensione compresa tra 9 e 20 V in continua applicata ai capi Val. Il diodo D1 protegge il circuito dall'inversione di polarità.

IL RICEVITORE

Lo schema elettrico ci mostra ora come è fatto il ricevitore del telecontrollo: si tratta di un circuito basato anch'esso su un microcontrollore PIC16F876, ma programmato in modo da poter leggere i segnali inviati dal trasmettitore ed elaborarli di conseguenza. Per permettere al PIC di comandare dei relè, lo abbiamo interfacciato con un driver ULN2803, che si fa carico di pilotare le bobine di RL1÷RL8. All'ingresso, dopo l'antenna, vi è un ricevitore ibrido Aurel RX4M50FM60SF sintonizzato a 433,92 MHz e provvisto di demodulatore FM: esso provvede a sintonizzare il segnale radio e a demodularlo, restituendo le stringhe di dati

trasmesse dall'unità TX. Il ricevitore è un completo supereterodina quarzato, che garantisce un'ottima selettività (il che accresce la portata utile grazie alla notevole precisione nella sintonia...) e una buona sensibilità in antenna (-111 dBm).

Il software di gestione del micro è stato studiato per svolgere le seguenti operazioni: testa in continuazione l'ingresso RA0 per verificare l'arrivo di un carattere di header uguale a A5 esadecimale. Se questo carattere viene rilevato, il micro acquisisce gli altri 9 byte rispettando un time out che gli consente di tornare all'attesa dell'header se l'intera stringa non è disponibile. Letta tutta la stringa, il micro verifica l'uguaglianza dei due byte ING e dei due byte DIP; verifica poi se il byte DIP coincide con lo stato degli ingressi letti sul port RB. In caso di codice valido, il programma estrae lo stato degli ingressi e lo invia alle uscite (port RC), comandando di conseguenza i relè.

Detto questo, passiamo ad un rapido esame dell'interfaccia di potenza, la quale, come accennato, si compone di un line-driver di tipo ULN2803, che contiene 8 darlington NPN capaci di fornire 500 mA di corrente quando ricevono in base il livello alto.

Ciascuna base è collegata, tramite una resistenza, a uno dei pin 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; i rispettivi collettori si trovano sui piedini 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12 e 11. Il pin 10 è il comune e fa capo ai catodi di tutti i diodi di protezione interni, ciascuno dei quali ha l'anodo collegato al collettore di un darlington; ovviamente i diodi servono a

proteggere le giunzioni quando, come nel nostro caso, l'ULN2803 deve pilotare carichi induttivi.

Il piedino 9 del line-driver è la massa comune, cioè il nodo cui fanno capo gli emettitori degli otto darlington interni. Il led LD1, pilotato dal piedino 7 del microcontrollore, lampeggia ogni volta che il circuito riceve un segnale valido, proveniente cioè da un TX i cui dip-switch sono impostati come quelli del DS1. L'intera unità funziona con una tensione continua di 12÷15 volt, applicata ai morsetti + e - Val; il diodo di protezione, posto in serie al capo positivo di alimentazione, evita i danni derivanti dall'inversione accidentale di polarità. Sul suo catodo si trovano collegati direttamente i relè d'uscita; il regolatore 7805 provvede ai 5 volt stabilizzati necessari al microcontrollore e al modulo ibrido.

**L'articolo completo
del progetto è stato
pubblicato su:**

**Elettronica In n. 70
Giugno 2002**