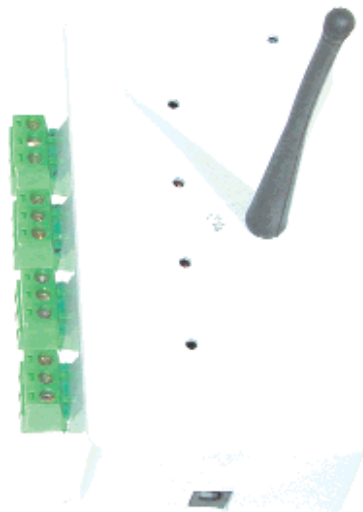
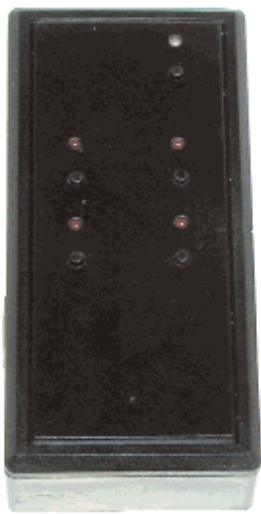


# RADIOCOMANDO CON RISPOSTA

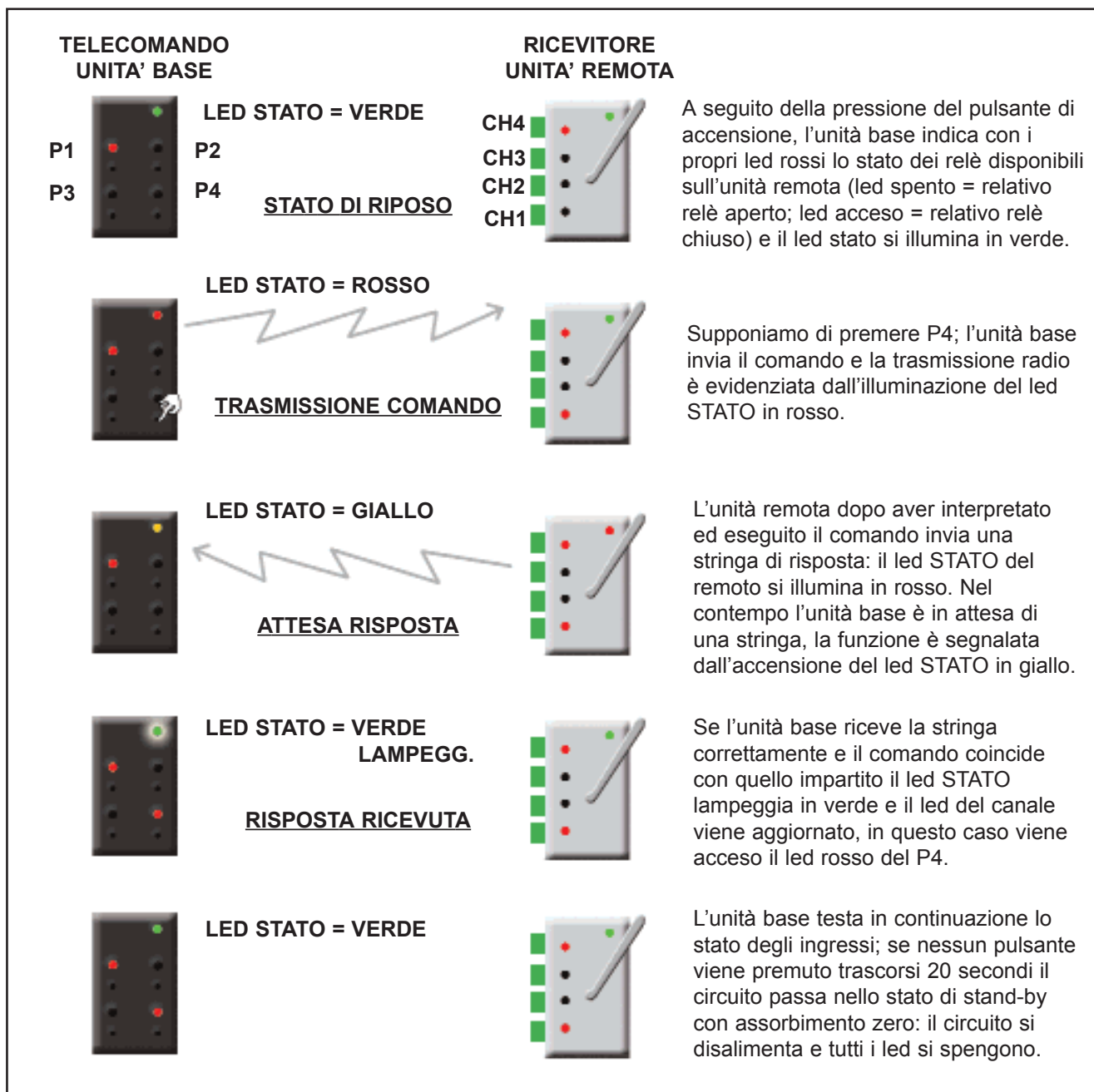
## FT476-477K



Nel gestire a distanza un utilizzatore mediante un telecomando, sia esso a filo, via radio o a raggi infrarossi, si deve fare i conti con un problema spesso rilevante: avere la certezza sull'esito del comando, ovvero sapere se il dispositivo da controllare sia stato effettivamente impostato secondo la richiesta operata con il trasmettitore. Nel caso degli apparati per uso domestico o comunque di quelli destinati ad intervenire su dispositivi collocati a portata visiva, quando il comando è andato a buon fine lo si può vedere dall'accensione o meno di un

led o lampadina spia; ben più difficile è invece capire se un utilizzatore lontano sia stato o meno attivato o disattivato, proprio perché manca effettivamente un segnale che riferisca sull'esito di un comando. Per sopperire a questa carenza abbiamo pensato di progettare un radiocomando decisamente speciale, particolare perché capace di segnalare sul pannello di controllo del trasmettitore se ogni comando dato ha avuto o meno l'effetto desiderato: si tratta, come scoprirete leggendo le prossime pagine, di una funzione utile e

sicura, perché la risposta che il TX riceve parte direttamente dal remoto, una volta che questo ha eseguito il comando trasmesso dall'utente. Ma non è tutto qui: nella sua versione base, il sistema è composto da un TX ed un RX capaci di gestire fino a quattro utilizzatori collegati ad altrettante uscite a relè; ma, con l'ausilio di un Personal Computer, diviene facile espandere le possibilità d'impiego, aggiungendo nuovi canali e trasferendo il controllo ad una finestra di dialogo di un apposito programma, con il quale si può altresì interrogare la periferica ricevente o le rispettive espansioni. Nella versione base, il TX, equipaggiato con quattro pulsanti (più uno per l'accensione) invia i comandi verso l'unità ricevente: ogni comando, attivato con il rispettivo tasto, determina nell'RX l'inversione della condizione del relè dell'uscita cui si riferisce; in altre parole, premendo una volta il relè si attiva, la volta successiva ricade e così via. Dopo aver premuto il pulsante di un canale, entro un intervallo di pochi secondi il led ad esso associato segnala lo stato dell'uscita, confermando l'esecuzione del comando poco prima trasmesso. L'unità più complessa del sistema è



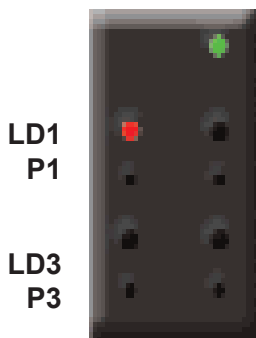
senz'altro la base, dato che deve non solo gestire l'invio dei comandi alla ricevente, attendere le dovute risposte e trarne le conclusioni, ma anche provvedere al colloquio con il Personal Computer (tramite la relativa interfaccia da connettere alla porta seriale RS232-C) quando si intende operare il comando da PC, ovvero gestire, oltre alla ricevente, una, due o tre schede

di espansione ad otto canali. Tutto fa capo ad un microcontrollore PIC16F876, programmato in modo da svolgere le funzioni di comando e verifica, oltre a gestire la comunicazione con il computer e l'esecuzione degli ordini inviati dal software in ambiente Windows. Va anche notato un dettaglio: siccome il dispositivo può funzionare a pile, è stata prevista una routine di

funzionamento che riduce il più possibile i consumi; in altre parole, una volta alimentato, il TX resta in funzione per 20 secondi dopo l'ultima pressione di un pulsante. Ad esempio, se si accende e si agisce poi sul tasto del canale 4, dopo l'intervento su quest'ultimo un apposito timer conta circa 20 secondi e quindi spegne l'intero trasmettitore. Come ciò venga fatto, è presto detto: la rete

## FUNZIONAMENTO E SEGNALAZIONI

### TELECOMANDO (UNITA' BASE)



#### LED STATO

- Lampeggio lento e continuo in verde: batteria scarica;
- Lampeggio veloce in verde: ricezione risposta da unità remota;
- Verde: telecomando acceso;
- Rosso: trasmissione in corso;
- Giallo: ricezione in corso.

#### STATO P5

#### LD2 P2

#### PULSANTE P5

- Premendolo si accende il telecomando.

#### LD4 P4

#### PULSANTE P1, P2, P3, P4

- Premendolo si invia comando di togglare il relè 1, 2, 3, 4 del remoto;
- Premuto per 2 o più secondi richiede stato del relè 1, 2, 3, 4 del remoto.

#### LED ROSSO LD1, LD2, LD3, LD4

Indicano lo stato del rispettivo relè disponibile sul remoto:  
led spento = relè aperto ; led acceso = relè chiuso.

### RICEVITORE (UNITA' REMOTA)

#### LED STATO

- Illuminato in verde: remoto in ricezione;
- Illuminato in rosso: remoto in trasmissione.

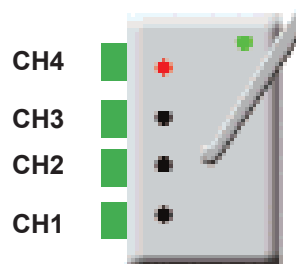
#### LED ROSSI LD1, LD2, LD3, LD4

Indicano lo stato del relativo relè:  
led spento = relè aperto ; led acceso = relè chiuso.

#### PULSANTE P1

Attiva la procedura di autoapprendimento del codice.

#### LED STATO

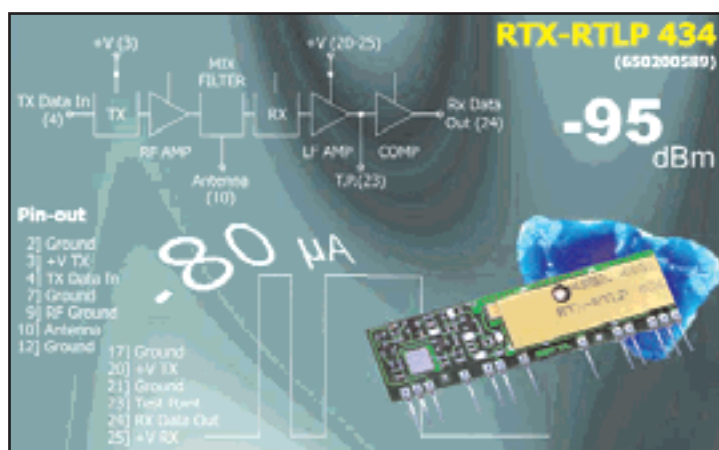


facente capo ai transistor T1 e T2 è una sorta di circuito ad autoritenuta, che sfrutta il microcontrollore per realizzare un sistema di accensione a consumo nullo. Supponendo di dare l'alimentazione dai punti + e - PWR, vediamo che a riposo il circuito non assorbe corrente: infatti T1 è interdetto e così pure T2; il micro non riceve tensione, quindi è totalmente spento. Se ora si preme il pulsante P5, tramite il diodo D2 si porta un potenziale positivo sul partitore resistivo R8/R9, determinando la polarizzazione diretta della giunzione di base di T1 che va

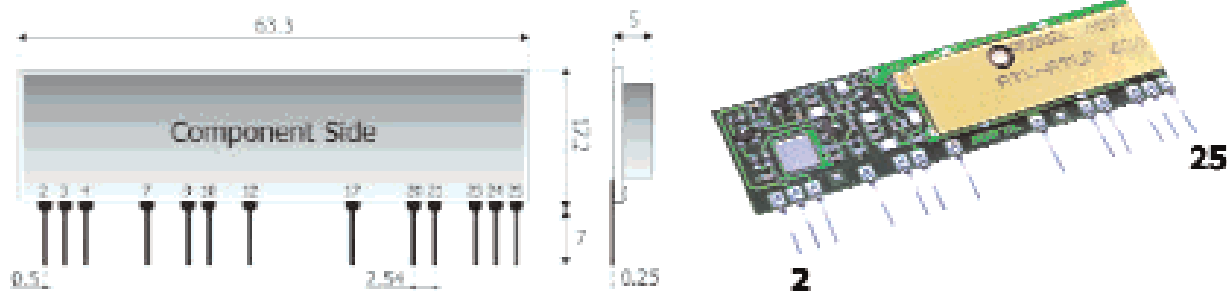
in saturazione, trascinando, con il proprio collettore, R6 ad una tensione di poche centinaia di millivolt. Questa situazione forza la saturazione del PNP T2, il cui collettore dà corrente al regolatore integrato U1. Quest'ultimo è uno stabilizzatore a basso drop-out (appena 350 mV a 200 mA) siglato MAX667, prodotto dalla Maxim per l'impiego in circuiti alimentati a batterie dove occorrono tensioni particolarmente precise. Il chip ben si presta all'uso in apparati portatili, perché oltre a stabilizzare a 3 V la tensione

alla propria uscita, provvede a dare una segnalazione di LOW BATT quando ritiene insufficiente l'alimentazione in ingresso; per l'esattezza, il piedino LBO, normalmente ad uno logico, si porta a livello basso se la tensione di batteria (letta, nel nostro caso mediante un partitore resistivo, dal pin LBI) si abbassa al di sotto di un valore regolabile tramite il partitore R3/R4. La differenza di potenziale uscente da U1 alimenta il microcontrollore tramite il piedino 20 e il modulo RTX radio dai pin 3, 20 e 25: la corrente che può erogare (ben

Siccome ciascuna unità del radiocomando, indipendentemente dalla destinazione, deve poter sia trasmettere che ricevere dati, è stata equipaggiata con un **modulo SMD adatto allo scopo: si tratta dell'RTX-RTL434 Aurel**, un completo ricetrasmittitore operante a 433,92 MHz realizzato su un unico supporto di allumina e disponibile nella configurazione Single In Line a 25 piedini. Il componente contiene uno stadio trasmettente con oscillatore a risonatore SAW accordato a 433,92 MHz, capace di sviluppare +10 dBm (una potenza di 10 mW...) su un'antenna da 50 ohm di impedenza; la portante RF viene modulata in ampiezza in modo on/off dal segnale digitale che il modulo riceve sul piedino 4 (IN) ossia viene trasmessa se lo stesso pin si trova a livello logico alto. L'oscillatore resta spento quando tale ingresso è posto a zero. La condizione del pin 4 viene usata anche per gestire il commutatore solid-state che, nel modulo, decide quale stadio collegare al piedino 10, quindi all'antenna comune: in condizioni di riposo, ossia quando l'ingresso dati (pin 4) è a zero logico, lo switch collega l'antenna all'input del ricevitore, mentre se il predetto piedino 4 viene posto a livello alto l'antenna è subito scollegata dall'RX e connessa all'uscita del trasmettitore. Lo stadio ricevente è del tipo superrigenerativo, accordato a 433,92 MHz e dotato di buona sensibilità (-95 dBm); dispone di un demodulatore AM ed uno squadratore del segnale demodulato, che restituisce impulsi ben sagomati dal piedino 24 (OUT). A differenza dei suoi predecessori, questo RTX ibrido tiene sempre acceso il ricevitore, così da accelerare la commutazione da trasmissione a ricezione, altrimenti affetta dal tempo di accensione dell'RX stesso; il rientro di segnale dovuto all'accensione del TX è limitato da particolari accorgimenti quali il cortocircuito nell'ingresso (nelle fasi di trasmissione) e la piena schermatura della sezione ricevente, peraltro disposta dal lato opposto a quello della trasmittente.



## IL MODULO TRANSCEIVER



Al fine di ottenere le massime prestazioni dal modulo rtx prodotto dall'Aurel è necessario prestare la massima attenzione e cura nella realizzazione del progetto. Il modulo deve essere alimentato a 3 Vdc da una sorgente protetta contro i corti circuiti; le variazioni di tensione ammesse dal dispositivo sono di  $\pm 0.15$  V e il disaccoppiamento, nei pressi del ricetrasmittitore, deve essere effettuato con condensatore ceramico della capacità minima di 100.000 pF. Il ricetrasmittitore RTX-RTL434 è omologato CE ed in particolare soddisfa le normative europee EN 300 220-3 in classe 2, ed ETS 300 683 in classe 1. Il prodotto è stato testato secondo la normativa EN 60950 ed è utilizzabile all'interno di un apposito contenitore isolato che ne garantisca la rispondenza alla normativa sopraccitata. Il ricetrasmittitore deve essere alimentato da una sorgente a bassissima tensione di sicurezza protetta contro i cortocircuiti. L'utilizzo del modulo è previsto all'interno di contenitori che garantiscano il superamento della normativa EN 61000-4-2 non direttamente applicabile al modulo stesso. In particolare, è cura dell'utilizzatore curare l'isolamento del collegamento dell'antenna esterna e dell'antenna stessa poiché l'uscita RF del ricetrasmittitore non è in grado di sopportare direttamente le cariche elettrostatiche previste dalla normativa sopraccitata.

250 mA) è più che sufficiente per far funzionare entrambi. Quando il micro viene alimentato, provvede innanzitutto all'inizializzazione degli I/O, impostando RB1, RB2, RB3, RB4 come ingressi (con resistenza di pull-up interna...) per la lettura dei pulsanti di comando dei quattro canali, RB6, RB7, RC2 ed RC5 come uscite per il controllo dei rispettivi led, RC0 ed RC1 come uscite per la gestione del led bicolore (la prima accende la sezione verde e la seconda quella rossa) ed RB0 come input per rilevare la condizione di batteria scarica portata dal

MAX667; RA3 diventa l'uscita dei dati diretti al ricetrasmittitore ibrido U3 ed RC3 viene impostato come input per ricevere dallo stesso modulo le risposte sullo stato dell'unità RX. La linea RA2 è settata come ingresso per leggere la presenza dell'interfaccia da computer (vedremo più avanti a che serve) mentre RA0 ed RA1 divengono rispettivamente un'uscita e un ingresso dati per la comunicazione con il PC. Effettuata l'inizializzazione, quindi, il microcontrollore pone il piedino 26 (RB5, impostato come out) a livello logico alto,

facendo sì che (tramite il diodo D3) la base dell'NPN T1 riceva il potenziale necessario a rimanere in saturazione anche se P5 viene rilasciato. Infatti, aprendo tale pulsante dopo qualche centinaio di millisecondi T1 e T2 rimangono in piena conduzione, proprio per effetto del potenziale che ora il PIC fornisce tramite D3. Notate che quest'ultimo e D2 servono per consentire di alimentare la base dell'NPN tramite P5 o il piedino 26 del micro, evitando che la linea RB5 venga danneggiata se il tasto viene premuto. Inoltre, da questo momento, viene avviato un timer software che il

## LA CODIFICA

Il protocollo implementato prevede 4 byte (CODE1, CODE2, CODE3, CODE4) dedicati al codice. Un'unità base può controllare un remoto solo e soltanto se il codice è uguale in entrambe. Il codice viene generato automaticamente o forzatamente dall'unità base e va poi fatto apprendere all'unità remota: vediamo le procedure.

### UNITA' BASE GENERAZIONE DEL CODICE ALLA PRIMA ACCENSIONE

L'unità base è in grado di riconoscere la prima accensione (la prima volta che alimentiamo il microcontrollore) e sulla base di questa informazione di attivare automaticamente la procedura di generazione random del codice. Alla prima accensione, il led STATO lampeggia velocemente (ciò indica la mancanza di un codice in memoria); basterà premere un qualsiasi tasto per qualche secondo per generare un codice random che verrà poi salvato nella memoria non volatile del microcontrollore: al rilascio del tasto il led verde si accende a luce fissa.

### UNITA' BASE COMANDO DI GENERAZIONE DEL CODICE

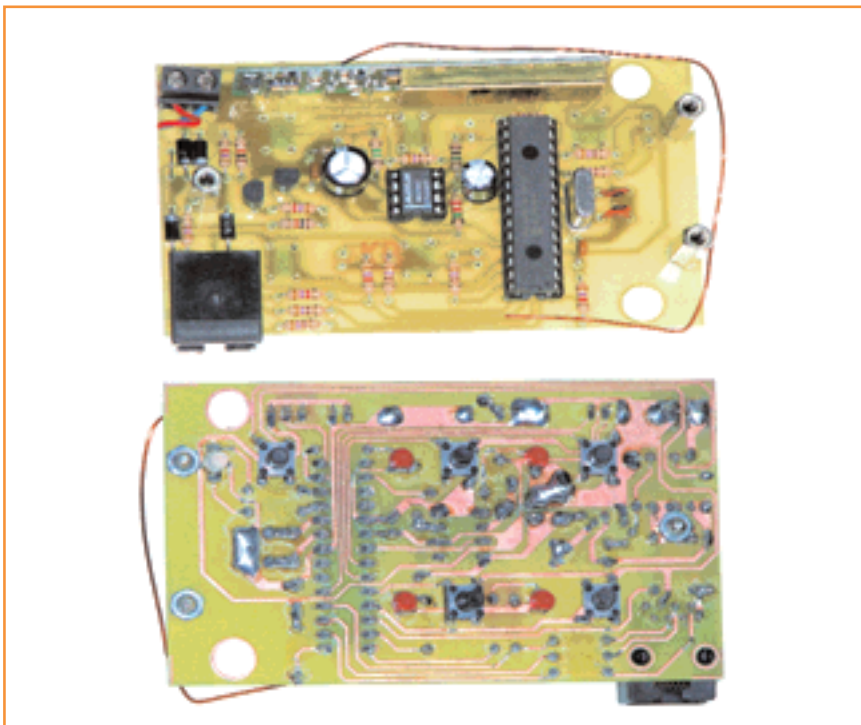
La procedura sopra descritta può essere forzata anche qualora, per qualsiasi motivo, si desideri variare il codice. A tale proposito occorre con l'unità spenta, premere e mantenere premuti contemporaneamente i pulsanti P1 e P4, premere il pulsante di accensione P5 e rilasciare P1 e P4.

### UNITA' BASE SCRITTURA DEL CODICE DA PC

E' possibile scrivere nell'unità un codice specifico. A tale scopo occorre collegare l'unità al PC utilizzando l'apposita interfaccia seriale. A questo punto, basterà avviare il software di gestione da PC che prevede la possibilità di leggere dalla memoria del microcontrollore il codice e di visualizzarlo a monitor oppure di digitare il codice e trasferirlo nella memoria non volatile del micro.

### UNITA' REMOTA AUTOAPPRENDIMENTO DEL CODICE

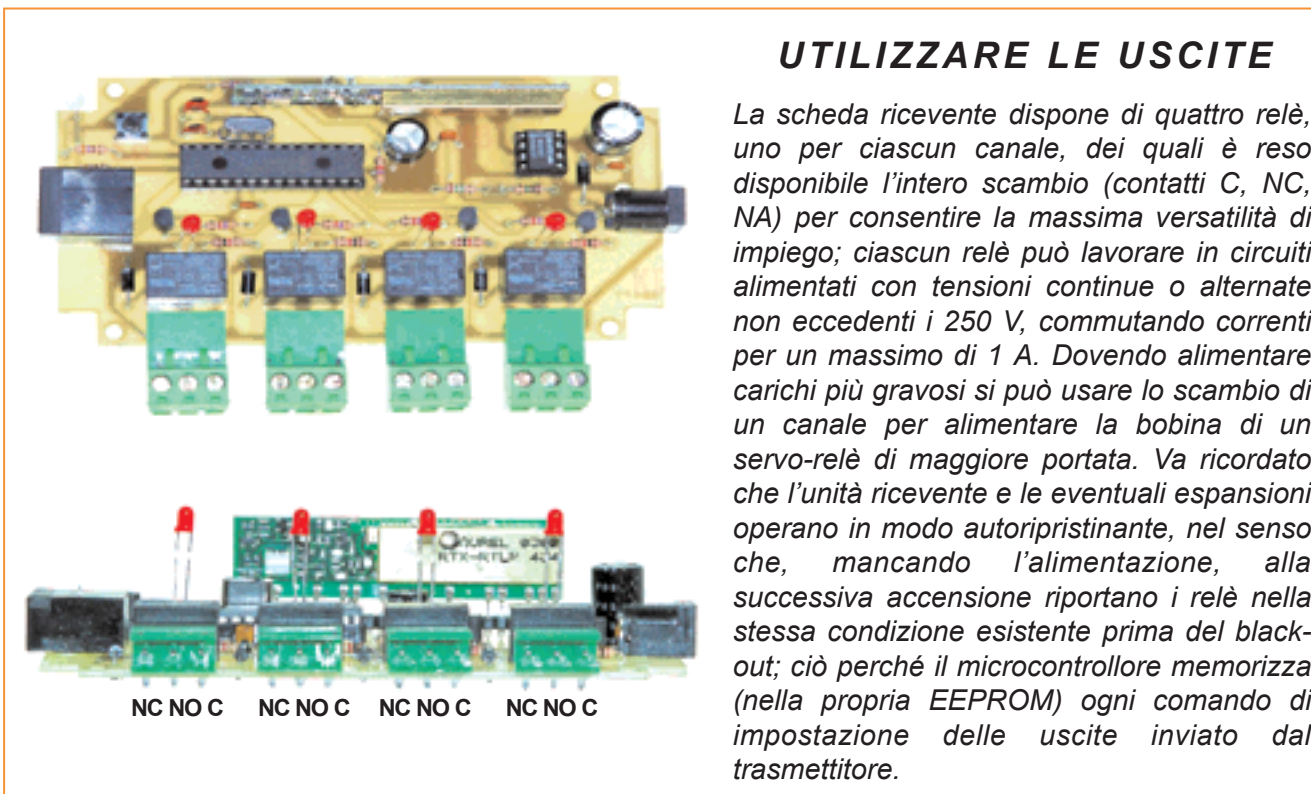
Questa funzione si attiva premendo il pulsante P1 dell'unità remota, occorre poi accendere l'unità base premendo il pulsante P5 oppure, se già in funzione premere un pulsante di un qualsiasi canale: in entrambi i casi viene attivata una trasmissione. Il codice contenuto in questa trasmissione viene autoappreso dall'unità remota e salvato nella memoria non volatile del microcontrollore.



PIC16F876 usa per decidere quando spegnere l'intero circuito. Per staccare l'alimentazione, il micro lascia andare a livello logico basso il proprio piedino 26, cosicché T1 non riceve più alcuna tensione e va in interdizione, lasciando interdire anche il PNP T2; così il MAX667 non riceve più corrente e non alimenta più il resto del circuito. Va precisato che la suddetta routine di autoritenuta e spegnimento temporizzato viene avviata solo quando il circuito funziona a batterie, ovvero se riceve l'alimentazione dalla linea PWR; se invece è gestito dal computer, dato che l'apposita interfaccia di comunicazione prevede di fornirgli l'alimentazione di cui necessita tramite il contatto 1 del connettore RJ45 (in tal caso D1 protegge l'eventuale pila collegata a + e - PWR) il discorso non si applica. Infatti dopo l'inizializzazione, prima di porre il pin 26 ad uno logico il programma testa la condizione

della linea RA2: se la trova a livello alto vuol dire che è connessa la scheda di interfaccia, quindi, essendo quest'ultima ad alimentare l'unità trasmittente, non occorre né lanciare la routine di autoritenuta, né tantomeno far partire il timer di autospegnimento. Appena alimentato, il trasmettitore provvede ad interrogare l'unità ricevente chiedendole lo stato dei canali; è rilevante conoscere le varie segnalazioni che il led bicolore fornisce in tutte le fasi inerenti a questo procedimento. Iniziamo con il caso in cui il TX sia acceso tramite il pulsante P5: LD5 emette una serie di lampeggi verdi, poi si illumina di rosso per circa 2 secondi; in questa fase trasmette la richiesta al ricevitore. Poi si colora di giallo (entrambi i piedini 11 e 12 del micro a livello alto) ad indicare che sta aspettando la risposta dell'RX; ricevuta la risposta, il trasmettitore fa lampeggiare

velocemente LD5 di verde, accende, tra LD1, LD2, LD3, LD4, quelli che corrispondono ai canali attualmente attivi sulla ricevente e ritorna in condizione di riposo (LD5 verde fisso). In caso di mancata risposta, il micro ritenta per altre due volte, poi, se non riceve risposta (ad esempio perché l'RX è fuori portata, spento o vi sono disturbi che impediscono la comunicazione) lascia spenti tutti e quattro i LED relativi ai canali e, invece di far lampeggiare LD5 di verde e tornare allo stato di riposo, lo fa lampeggiare di rosso indicando lo stato di errore. Questa condizione permane finché la connessione non è stata ripristinata o finché non è scaduto il timeout di 20 secondi. Per ritentare una connessione è sufficiente tenere premuto per almeno 3 secondi uno qualsiasi dei quattro tasti relativi ai canali; in questo caso il micro ripeterà la sequenza di connessione dall'inizio. Finora abbiamo visto le fasi di power-on del trasmettitore; vediamo ora invece cosa accade quando si usa il radiocomando nell'utilizzo normale. Agendo su uno dei tasti di comando, il microcontrollore prepara una stringa di informazioni che emette serialmente dalla linea RA3: con esse pilota il piedino di ingresso (4) del modulo ibrido ricetrasmittente U3; quest'ultimo è un moderno modulo prodotto dall'Aurel e siglato RTX-RTL434 progettato per funzionare con appena 3 volt, quindi più che idoneo in dispositivi previsti per l'utilizzo a batterie. Normalmente il modulo si trova in ricezione (antenna commutata sull'ingresso del ricevitore, che è sempre acceso



## UTILIZZARE LE USCITE

La scheda ricevente dispone di quattro relè, uno per ciascun canale, dei quali è reso disponibile l'intero scambio (contatti C, NC, NA) per consentire la massima versatilità di impiego; ciascun relè può lavorare in circuiti alimentati con tensioni continue o alternate non eccedenti i 250 V, commutando correnti per un massimo di 1 A. Dovendo alimentare carichi più gravosi si può usare lo scambio di un canale per alimentare la bobina di un servo-relè di maggiore portata. Va ricordato che l'unità ricevente e le eventuali espansioni operano in modo autoripristinante, nel senso che, mancando l'alimentazione, alla successiva accensione riportano i relè nella stessa condizione esistente prima del black-out; ciò perché il microcontrollore memorizza (nella propria EEPROM) ogni comando di impostazione delle uscite inviato dal trasmettitore.

per limitare a zero il tempo di risposta) ma se riceve almeno una commutazione sull'ingresso dati lo switch connette il piedino 10 all'uscita del TX, per poi riportarlo all'ingresso dell'RX quando smette il flusso dei dati sulla linea IN (pin 4).

La stringa di dati che il micro emette tramite la linea RA3, quindi, va a modulare in ampiezza la portante a 433,92 MHz generata dall'oscillatore della parte trasmittente dell'ibrido; ne deriva un segnale radio che passa dal commutatore d'antenna e viene irradiato nell'etere per raggiungere l'unità remota. La stringa viene ripetuta per circa 2 secondi, poi il piedino 5 del PIC torna a zero logico e in tale condizione U3 sposta l'antenna sull'ingresso del ricevitore, attendendo il segnale di risposta in arrivo dall'unità remota. Il led bicolore diviene giallo. Se giunge la comunicazione di

stato, i dati ottenuti demodulando e squadrandolo la componente ricavata dall'RX del modulo escono dal piedino 24 (OUT) per raggiungere la linea RC3 del microcontrollore.

Lo stato ricevuto e mostrato da LD1, LD2, LD3, LD4 viene mantenuto fin quando non si preme nuovamente uno dei pulsanti P1, P2, P3, P4, ovvero finché il trasmettitore resta acceso; se l'alimentazione è a batteria e il TX si spegne, alla successiva accensione verrà eseguita l'interrogazione che consentirà di ripristinare la situazione corretta.

## L'UNITÀ RICEVENTE

Spiegato come inviare i comandi, possiamo concentrarci sull'analisi circuitale dell'unità remota. Si tratta ancora di una scheda

gestita da un microcontrollore PIC16F876, programmato per restare normalmente in ricezione e reagire ai comandi in arrivo dalla trasmittente con due azioni: la prima è aggiornare lo stato dei relè di uscita come richiesto dalla stringa di dati in arrivo e la seconda consiste nel rispondere con le informazioni circa l'esecuzione del comando, sfruttando il modulo ricetrasmittente di cui il circuito è provvisto. Come vedete, anche questa unità dispone di un RTX-RTL434 provvisto di antenna che normalmente è commutata sul ricevitore; quando riceve una portante a 433,92 MHz modulata in AM, la sezione ricevente dell'ibrido la demodula ed estrae gli impulsi modulanti, inviandoli, tramite il piedino 24 (OUT) alla linea RB3 del PIC16F876. Se si tratta di dati trasmessi dall'unità trasmittente, il software li elabora estraendo l'impostazione dei quattro

canali.

Sul ricevitore (come sul trasmettitore) troviamo un led bicolore che ci aiuta a sapere in ogni istante qual è la condizione di funzionamento dell'unità: LD5 è normalmente verde, a indicare che il circuito è pronto a ricevere istruzioni dal canale radio; diviene rosso quando, a seguito della ricezione di un comando, trasmette al TX la risposta inerente all'avvenuta esecuzione. Poi torna verde.

L'unità funziona con 12÷15 Vcc applicati ai punti + e - PWR, che passando dal diodo di protezione D5 raggiungono i condensatori di filtro C1 e C2, quindi l'ingresso del MAX667: questo regolatore viene impiegato essenzialmente per ottenere i 3 volt stabilizzati con cui funzionano il PIC e l'RTX radio U3; non ci interessa la funzione di controllo della tensione di ingresso, perché si prevede di prendere l'alimentazione da un alimentatore da rete. Non a caso non vedete usati né il piedino LBI, né tantomeno l'LBO. Notate il connettore RJ45, qui previsto per consentire l'espansione, ossia il collegamento di un massimo di tre schede aventi ciascuna 8 ulteriori uscite a relè: queste vengono comandate tramite una linea I<sup>2</sup>C-Bus realizzata con i piedini 12 e 15 del PIC16F876, assegnati rispettivamente come SDA ed SCL. Dal connettore RJ45 le espansioni prendono anche l'alimentazione (positivo, a valle del diodo D5), tramite il contatto 5 ed il negativo dal 6. Per rendere lo scambio di dati sicuro tra le due unità, abbiamo inserito nel protocollo una codifica che consenta ad ogni ricevente di eseguire gli ordini in

arrivo dal trasmettitore ad essa abbinato. Visto che né la trasmittente, né la ricevente prevedono dip-switch o circuiti preposti allo scopo si è pensato di utilizzare un particolare artificio che coinvolge principalmente il software del microcontrollore posto sul trasmettitore; il codice in esso generato viene scritto in EEPROM e conservato, quindi comunicato al ricevitore durante un'apposita fase di apprendimento. Vediamo nel dettaglio come avviene questa sorta di autoapprendimento del codice, partendo dalla generazione del codice stesso, che si ottiene accendendo l'unità TX e mantenendo premuti P1 e P4. E' bene precisare che alla prima accensione del TX la memoria EEPROM non contiene alcun dato quindi, senza premere nessun tasto, il micro entra automaticamente nella procedura di generazione codice. Per cambiarlo successivamente, invece, è necessario eseguire la suddetta serie di sequenze: si deve premere P5 (per accendere il TX) tenendo premuti insieme P1 e P4. E' poi necessario far apprendere il codice generato al ricevitore: per fare questo è sufficiente premere il tasto P1 sul ricevitore e tenerlo premuto durante una trasmissione del TX fino a vedere il led bicolore (del ricevitore) lampeggiare di giallo. Il lampeggio indica la ricezione della stringa di dati e l'acquisizione del codice: infatti quando P1 è premuto il micro del ricevitore non esegue il comando contenuto ma scorpora dalla relativa sequenza di dati i quattro byte costituenti il codice identificativo

del trasmettitore stesso, che poi scrive nella propria EEPROM. Di conseguenza, l'unità RX non manda alcuna risposta al TX. Quando il led torna verde si può rilasciare P1 e uscire dalla sequenza di autoapprendimento e abbinamento, certi che da questo momento il ricevitore riceverà solamente i comandi trasmessi dal trasmettitore in questione. Si noti un particolare: siccome la trasmittente esige una risposta al comando inviato, non vedendola arrivare ritrasmette il comando e attende che la ricevente risponda; rilasciando P1 quest'ultima sarà abbinata, quindi potrà soddisfare la richiesta del TX.

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

**Elettronica In n. 76  
Febbraio 2003**