

TRASMETTERE E RICEVERE SEGNALI

Sistema completo ricetrasmittente a raggi infrarossi pensato e progettato per le più svariate applicazioni, dal controllo degli elettrodomestici alla gestione completa di un impianto antifurto. In questa prima parte scopriamo i segreti della parte trasmittente

Paola Sbrana - 1ª parte

Da diversi anni ad oggi, nella stragrande maggioranza delle famiglie sono entrati, sotto varie forme e per altrettanto svariate applicazioni, dei trasmettitori a raggi infrarossi.

La funzione principale di questo accessorio è senza dubbio la gestione dei televisori: alcune case costruttrici, infatti, stanno orientandosi verso apparecchi che verso l'esterno comunicano solamente con i raggi infrarossi, ad eccezione del classico interruttore generale di ON/OFF. Con impressionante rapidità, siamo passati, nel giro di pochi anni, a telecomandare di tutto: impianti stereo, condizionatori, stufe, scaldabagno, porte scorrevoli, impianti di allarme, impianti di illuminazione, macchine utensili e perfino casaforti.

La preferenza delle grandi case produttrici verso l'infrarosso piuttosto che le onde radio come mezzo di trasporto dell'informazione è più che giustificata da diversi motivi. Il primo in assoluto è il costo di produzione: un sistema trasmittente più un sistema ricevente radio vanno intorno alle 5.000 lire (prezzo ovviamente per centinaia di migliaia di pezzi), mentre lo stesso prodotto a raggi infrarossi può arrivare a costare anche solo 1.000 lire (dipende dalla qualità del ricevitore).

Altro fattore importante è la segretezza dell'informazione: nel caso di impianti antifurto, è possibile "carpire" il codice trasmesso via radio con un nor-

male ricevitore sintonizzato sulla stessa frequenza nascosto nelle vicinanze del trasmettitore, mentre per i raggi infrarossi l'intercettazione diventa più complessa.

Di contro però, con il sistema radio si possono raggiungere distanze molte elevate, mentre con il sistema a raggi infrarossi non si superano, in condizioni normali, i 10-20 metri e, in particolare modo, non ci possono essere interferenze tra due sistemi posti anche a 1 metro ma separati da una parete.

Questo dato è molto importante perché, ad esempio, consente la coesistenza di due televisori identici posti a pochi metri di distanza l'uno dall'altro.

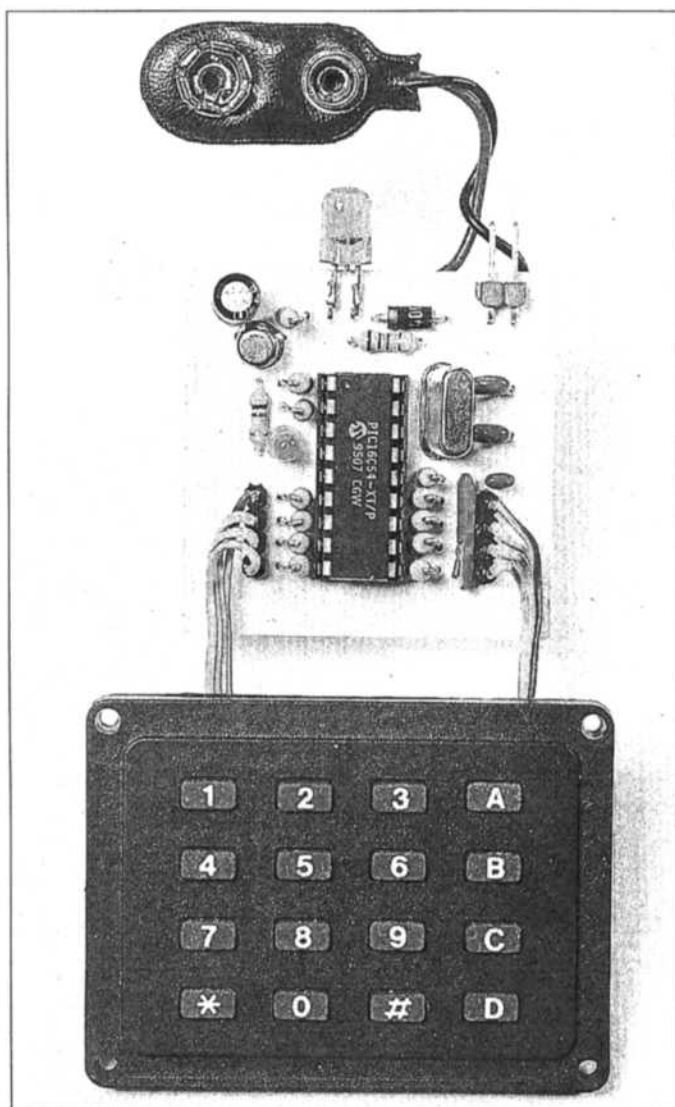
Per tutti questi motivi e per spiegare quali sono le problematiche relative ad un sistema RTX a raggi infrarossi, abbiamo deciso di pubblicare un piccolo sistema ricetrasmittente a raggi infrarossi dalle ottime prestazioni, anche considerando l'esiguo numero di componenti impiegati.

Questo mese prendiamo in esame la parte trasmittente, che può a prima vista apparire semplice utilizzando un componente già in commercio, ma non lo è altrettanto quando si vuole impiegare un microcontroller da programmare.

La nostra sezione trasmittente

I problemi che nascono quando si deve progettare un sistema completo di ricetrasmittente a raggi infrarossi sono molti. Iniziamo da quelli relativi alla parte trasmittente, che vedremo poi connessi a quelli della parte ricevente.

Al contrario di quanto potremmo immaginare, il diodo led di emissione (o i diodi,



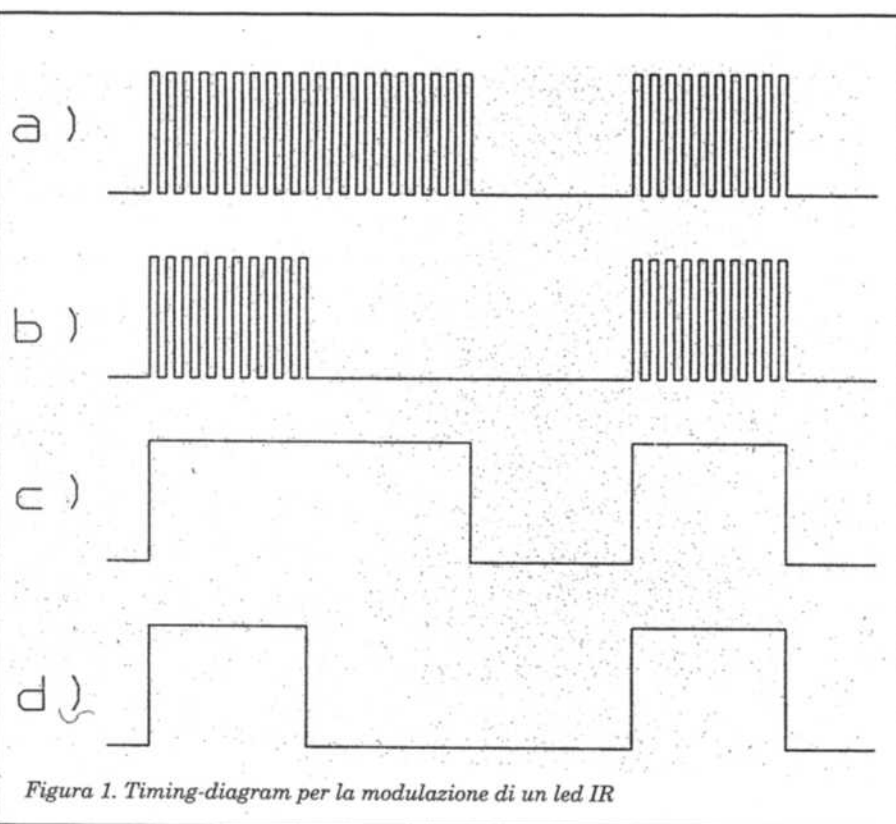


Figura 1. Timing-diagram per la modulazione di un led IR

a seconda della distanza da coprire) non trasmette ad una distanza maggiore in funzione del tempo che resta acceso, ma relativamente alla corrente che vi scorre. Chiaramente però, non è possibile farvi scorrere, in modo continuo, più di 20 o 30 milliamper, pena la sua distruzione.

Per risolvere questo problema, si ricorre all'accorgimento di modulare il diodo led con una frequenza particolare (è in funzione del tipo di ricevitore prescelto) e con un duty-cycle variabile tra il 10% ed il 50%. In questo modo, è possibile far scorrere nel led delle correnti di picco che sfiorano anche 1 ampere. Cambiando il duty-cycle si varia la potenza di uscita e quindi la distanza massima raggiungibile.

In Figura 1 possiamo vedere il diagramma temporale relativo al pilotaggio del led IR:

- a) abbiamo la codifica del bit "1";
- b) abbiamo la codifica del bit "0".

In entrambi i casi, quando il led dovrebbe rimanere acceso fisso, viene invece modulato con un duty-cycle del 50%.

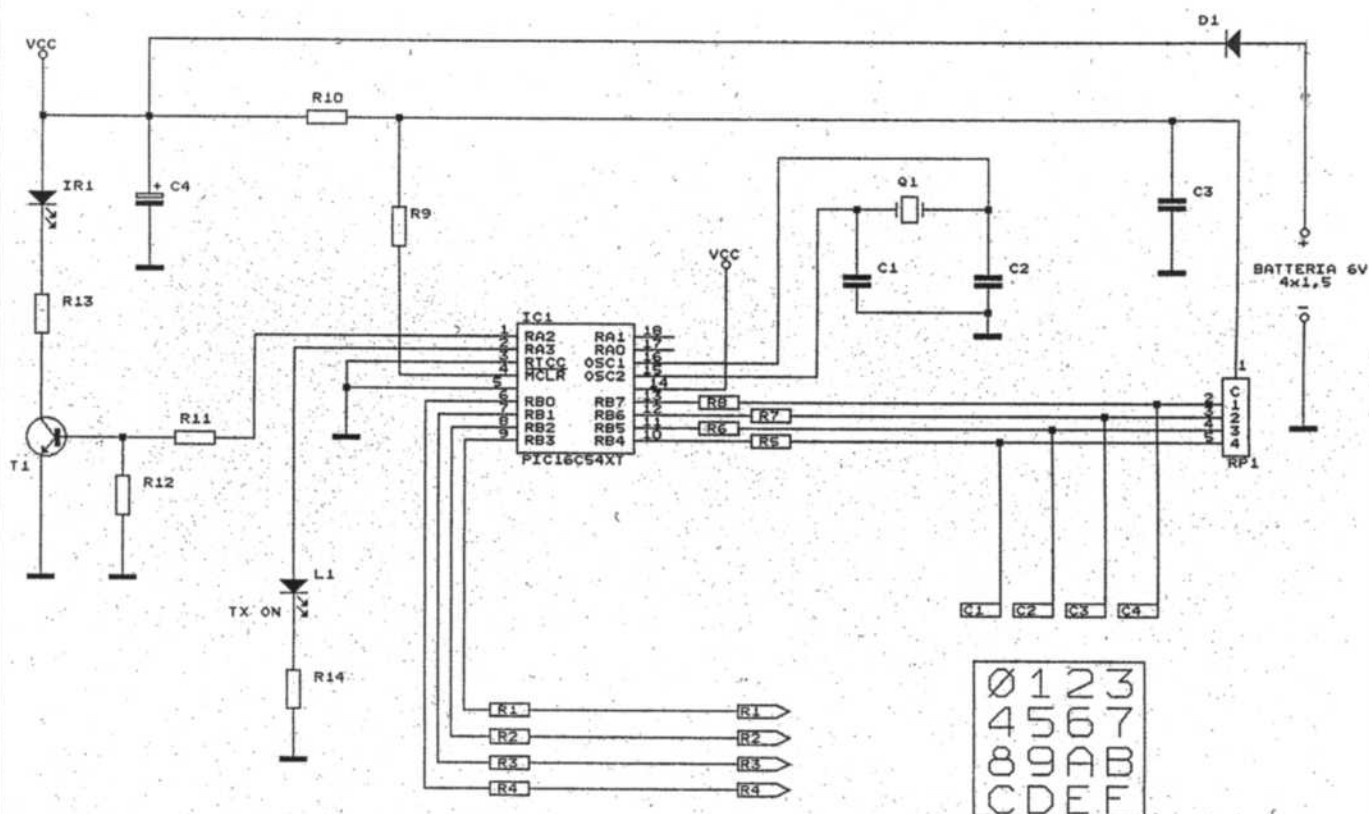


Figura 2. Schema elettrico del trasmettitore

TASTIERA

Nei diagrammi c) e d), è visibile il segnale come viene "ricostruito" dal ricevitore, per poi essere inviato al microcontroller per la decodifica.

La frequenza di lavoro varia in funzione del ricevitore impiegato, ma generalmente lo standard si aggira intorno ai 40 kHz (casualmente proprio la stessa frequenza degli ultrasuoni!).

I circuiti integrati che troviamo in commercio, sono predisposti quindi per trasmettere un treno di impulsi con queste caratteristiche, fermo restando che la frequenza ed il duty-cycle sono fissati dal costruttore.

Il secondo problema che incontriamo è che il telecomando non può avere un interruttore di accensione, poiché ciò non sarebbe minimamente pratico per l'utente. Questo significa che deve sempre essere sotto alimentazione e che quindi deve assorbire pochissimo.

Con i componenti che si trovano oggi sul mercato, gli assorbimenti si aggirano sui 5-10µA. Ovviamente, a minor consumo in stand-by, corrisponderà una maggior durata delle batterie.

Per ottenere ciò con un PIC, che lavora a 5 volt, è necessario impiegare obbligatoriamente una batteria da 6 volt (ad esem-

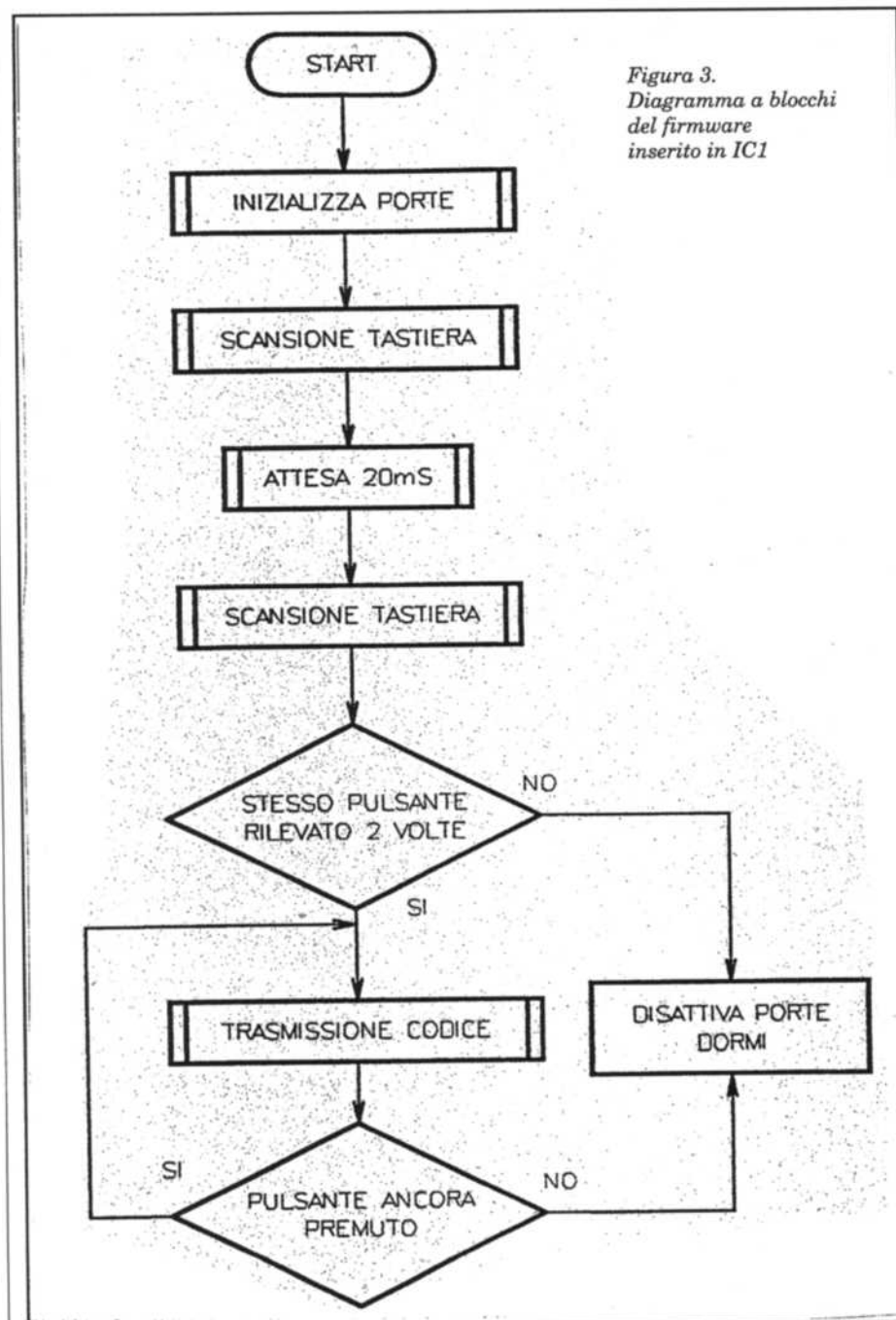


Figura 3. Diagramma a blocchi del firmware inserito in IC1

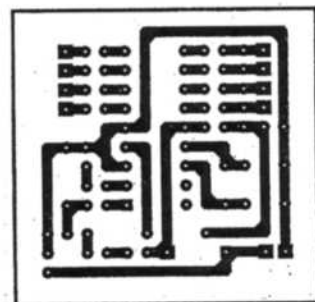


Figura 4. Circuito stampato scala 1:1

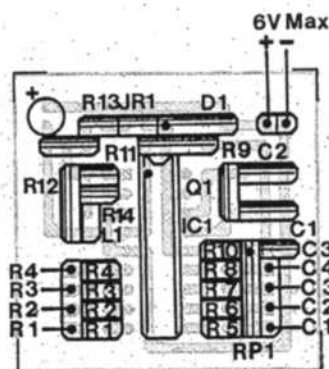


Figura 5. Disposizione dei componenti

pio quattro pile stilo in serie) e programmare il chip in modo tale da "risvegliarlo" alla pressione di un qualsiasi pulsante e, dopo aver trasmesso il treno di impulsi, di rimetterlo "a riposo".

Fortunatamente, la famiglia dei microcontroller Microchip prevede questo tipo di funzionamento con l'istruzione dedicata "SLEEP".

Il circuito elettrico

Per meglio capire le nostre idee, vediamo il circuito elettrico del trasmettitore riportato in Figura 2.

Al chip possono essere collegati fino a sedici pulsanti (perché è anche possibile collegarne uno solo) in forma di matrice e facenti capo, tramite la rete resistiva RP1, al pin di reset, il MCLR.

In questo modo, quando uno qualsiasi dei pulsanti viene premuto, su tale pin, per un tempo dato dal valore delle resistenze R10 e RP1 e dal condensatore C3, troviamo un impulso negativo che è sufficiente per far "svegliare" IC1 e far partire il programma interno dallo stato di reset.

L'alimentazione viene prelevata dalla batteria a 6 volt per mezzo del diodo D1, onde evitare di far bruciare il chip nel caso di tensioni superiori a 6 volt.

Con questi accorgimenti, il circuito assorbe, in stand-by, una corrente variabile tra 0,6 e 1,8 μ A.

La variazione di assorbimento è in funzione della qualità del circuito stampato (isolamento tra pista e pista, qualità delle saldature, residui di pasta salda tra piedini, ecc).

In Figura 3 possiamo vedere il diagramma a blocchi del firmware inserito in IC1. Al reset, viene eseguita l'inizializzazione delle porte, molto importante ai fini del consumo di tutto il circuito.

Poi il programma esegue una scansione della tastiera per vedere quale tasto ha causato il risveglio. Tale scansione viene effettuata due volte a distanza di circa 20 mS, per essere sicuri di aver individuato il pulsante giusto.

Quando le due scansioni portano allo stesso risultato, avviene la trasmissione del codice, ovvero la trasmissione di un treno di impulsi codificato come in Figura 1. Per una maggiore sicurezza, anche se il numero massimo dei pulsanti è di sedici (quindi quattro bit basterebbero), abbiamo inserito alcuni bit di inizio trama e di fine trama, per ottenere in totale un treno di 16 bit, che viene inviato in circa 20mS.

ELENCO COMPONENTI

Semiconduttori

IC1: PIC16C54XT programmato (0347/2643514)

T1: 2N2222

D1: 1N4001

Resistori

R1+R9, R11: 100 Ω

R10: 47 k Ω

R12: 4,7 k Ω

R13: 1 Ω (vedi testo)

R14: 270 Ω

RP1: Rete resistiva 4,7 k Ω

Condensatori

C1, C2: 18 pF

C3: 100 nF

C4: 22 μ F

Varie

Q1: Quarzo 4 MHz

L1: Diodo led 3mm

IR1: Diodo led infrarosso

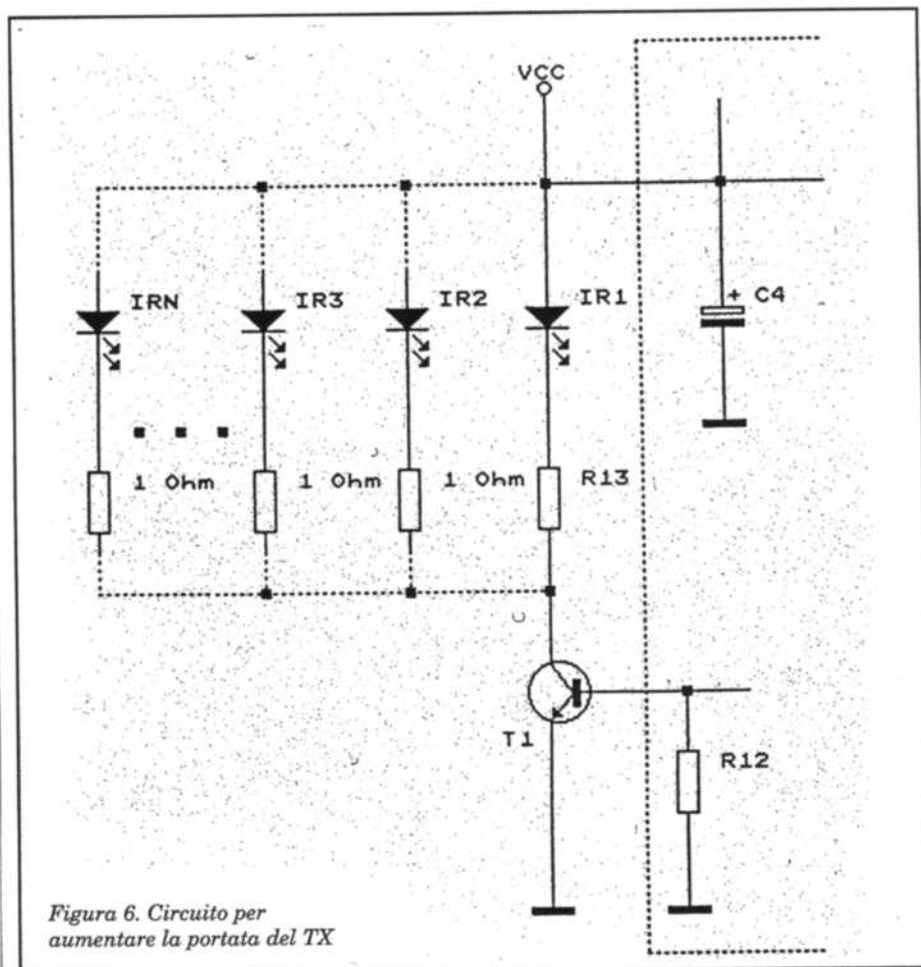


Figura 6. Circuito per aumentare la portata del TX

Al termine della trasmissione, si valuta ancora la pressione del pulsante precedentemente premuto per continuare o meno la trasmissione dello stesso codice. In caso negativo, le porte del chip vengono messe in three-state e poi il chip viene "addormentato".

Montaggio

Per realizzare il trasmettitore, consigliamo l'impiego di un circuito stampato, la cui traccia è visibile in Figura 4; in Figura 5, invece, è visibile la disposizione dei componenti ed i collegamenti con la batteria e le righe e le colonne della tastiera a matrice.

A proposito della tastiera, dobbiamo specificare che questa potrà anche essere formata da un solo pulsante o due, se per le vostre applicazioni tale numero è sufficiente, poiché il risveglio del chip avverrà in ogni modo alla pressione di uno qualsiasi dei 16 pulsanti previsti.

Ovviamente sul ricevitore, avrete poi a disposizione solamente una o due uscite relative ai pulsanti collegati.

Collaudo

Per il collaudo del circuito, si possono seguire due strade (in mancanza del ricevitore!):

- la prima, più significativa, consiste nel connettersi con un oscilloscopio sul led IR e nel verificare che questo lavori ad una frequenza di circa 40 kHz con un duty-cycle del 50%.
- la seconda invece prevede l'impiego di una telecamera: forse non tutti sanno che con una telecamera è possibile vedere i raggi infrarossi. Accendete una telecamera e puntatela sul led IR premendo un pulsante qualsiasi: se tutto funziona correttamente, vedrete il led accendersi.

La distanza da noi provata per questo circuito è di circa 2-4mt, ma è possibile aumentarla fino a 10-14mt inserendo più diodi led in parallelo al primo, seguendo lo schema di Figura 6.

Il prossimo mese tratteremo la parte relativa al circuito di ricezione.

continua

TRASMETTERE E RICEVERE SEGNALI

Dopo aver scoperto quali siano le corrette modalità per inviare un segnale modulato a raggi infrarossi, vediamo adesso l'altra sezione del sistema, ovvero la parte di ricezione.

Paola Sbrana - 2ª parte

Come abbiamo visto precedentemente, il Led viene modulato ad una frequenza di circa 40 kHz con un duty-cycle del 50%, per ottenere una maggiore distanza di impiego. Sulla sezione ricevente allora, sarà necessario un sistema che riceva, amplifichi e demoduli questo segnale. Ci sono varie possibilità di far ciò, ciascuna legata ai componenti impiegati.

La prima soluzione potrebbe essere quella di prendere un fotodiodo, poi un amplificatore di segnale tipo l'SL486 della Plessey, un circuito demodulatore ed infine un circuito squadratore per ottenere dati di uscita in forma digitale.

Questa soluzione a sua volta porta a dover scegliere tra un'infinità di circuiti integrati e schemi applicativi tale da scoraggiare anche il più accanito sperimentatore.

In genere, questa soluzione viene impiegata solo quando siamo in situazioni particolari, come ad esempio barriere ad infrarossi all'aperto che devono arrivare a distanze di 20 o 30 metri, ma nella realtà quotidiana siamo sempre circondati dalle quattro mura domestiche.

Se analizziamo uno schema di un televisore abbastanza recente, ci accorgiamo che, per la sezione di ricezione a raggi infrarossi, è presente un solo componente, magari inserito in una piccola scato-

letta metallica. Se poi proviamo ad aprire questa scatoletta, vi troviamo un fotodiodo, un circuito integrato dedicato e pochi altri componenti passivi.

La finalità è la stessa del circuito analizzato in precedenza: rilevare un segnale modulato e convertirlo in segnale digitale in modo tale da essere interpretato da un microcontroller o da un altro integrato dedicato.

Recentemente, però, con la possibilità offerta a chiunque di programmare a piacere molti tipi di controller, notiamo che la vendita di questi integrati dedicati sta scomparendo, lasciando il posto ai più recenti chip programmabili. La situazione è più che comprensibile: un solo chip riesce non solo a controllare poche funzioni, ma elimina la necessità di altri componenti esterni.

Ad esempio, nel caso di una centralina antifurto, sarebbe possibile far eseguire la decodifica del segnale infrarosso direttamente dal microcontroller che gestisce gli ingressi e le uscite della centralina stessa.

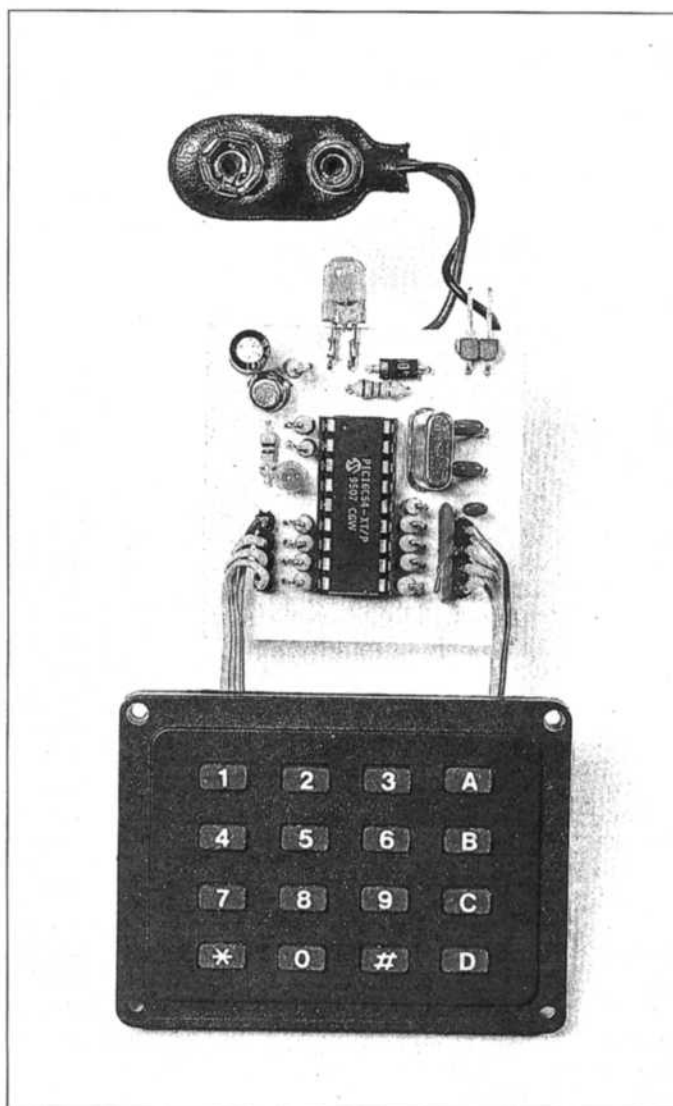
Il ricevitore integrato

Nel nostro circuito abbiamo impiegato un componente relativamente nuovo che svolge tutte quelle funzioni sopracitate: in Figura 7 ne troviamo il diagramma a blocchi.

Il segnale infrarosso giunge a un fotodiodo e da qui passa in un amplificatore che ne eleva il livello. Lo stadio successivo funge da limitatore: in pratica questi primi due stadi svolgono la funzione di compressore-espansore del segnale.

Una volta livellato, il segnale rivelato viene inserito in un filtro passa-banda con limite inferiore di circa 36 kHz e limite superiore di circa 41 kHz. Per questo motivo, è necessario che il trasmettitore moduli il segnale proprio a questa frequenza.

La scelta tecnica adottata consente di eliminare la stra-



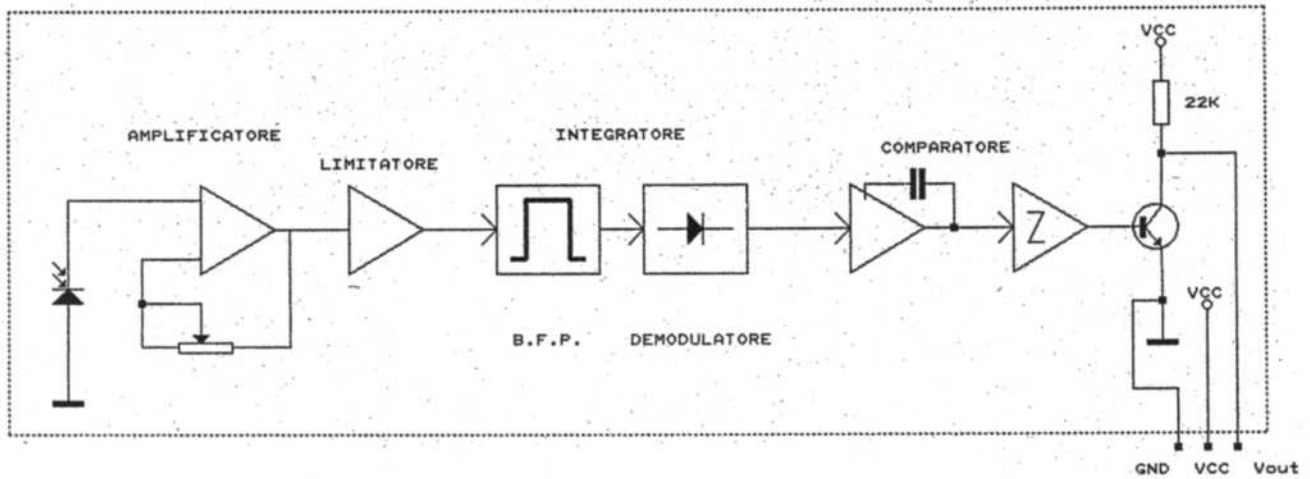


Figura 7. Diagramma a blocchi del circuito ricevitore

grande maggioranza di interferenze causate in genere da fonti di luce come lampade ad incandescenza o raggi solari.

A valle del filtro, troviamo un demodulatore che provvede a livellare il segnale di uscita sulla media del valore ricevuto: si ricorda infatti che la trasmissione non è continua, ma con duty-cycle che potrebbe variare da un 10% ad un 50% e dobbiamo garantire un segnale di uscita continuo anche nell'ipotesi di un duty-cycle del 10%.

Infine, abbiamo uno stadio comparatore triggerato che permette di convertire in forma digitale il segnale al suo ingresso e, tramite un transistor in configurazione open-collector, di renderlo disponibile sulla sua uscita.

Il ricevitore ha, come si vede chiaramente, tre soli piedini di interfacciamento con il mondo esterno: positivo (5 volt), negativo e segnale di uscita (0 volt oppure 5 volt).

Il funzionamento è negato, ovvero in

condizioni di stand-by lo stato di uscita ha valore 1, mentre quando si rileva un segnale valido, lo stato di uscita assume valore 0.

Il decoder

In Figura 8 vediamo lo schema elettrico del circuito atto alla decodifica dei segnali inviati. Il cuore di tutto è il chip IC1, un microcontroller programmato

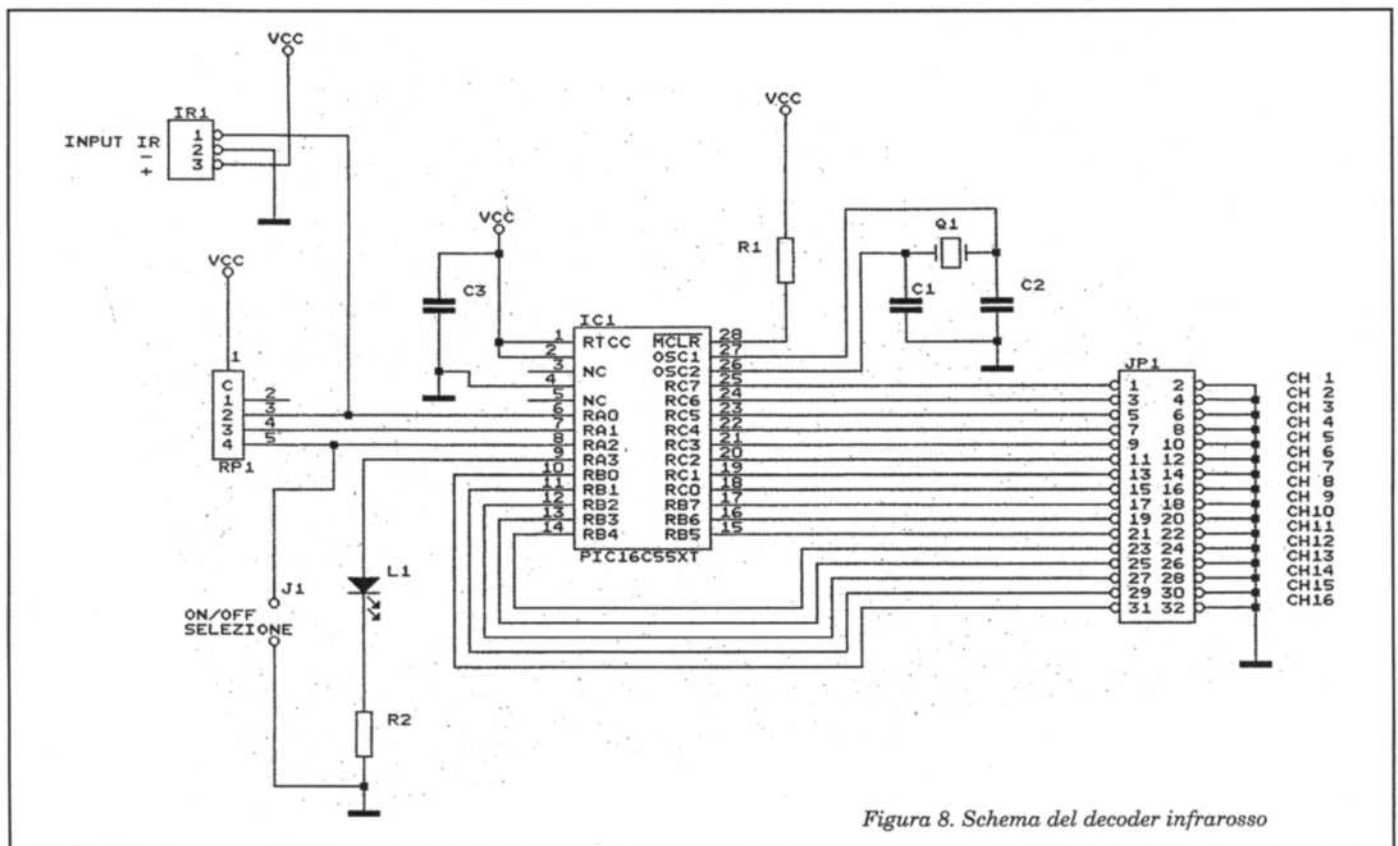


Figura 8. Schema del decoder infrarosso

appositamente per questo scopo. Non ci sono caratteristiche rilevanti da sottolineare sullo schema elettrico, ma possiamo passare all'analisi del software di programmazione del PIC guardando la Figura 9.

Al reset, dopo l'inizializzazione dei vari registri e delle porte, il chip azzerava il contatore dei bit giunti e si mette in attesa dei 16 bit richiesti per la decodifica di uno dei 16 canali da gestire. Dopo ogni ricezione di un bit valido, il chip

aspetta il successivo per un massimo di circa 2 mS, e se ciò non avviene significa che il segnale (o i segnali) ricevuto fino a quel momento era un impulso di disturbo, oppure la ricezione è stata interrotta per svariati motivi.

Quando il 16° bit è giunto, il chip controlla che il prefisso ed il suffisso siano quelli che si aspettava ed in caso negativo torna allo stato iniziale. In caso positivo, invece, va a testare l'ingresso relativo al jumper J1: se questo è settato, il

ELENCO COMPONENTI

Semiconduttori

IC1: PIC16C55XT programmato (0347/2643514)

L1: Diodo Led 3 mm

IR1: Ricevitore per infrarossi IS1U60 (cod. RS: 577-897)

Resistori

R1: 10 kΩ

R2: 270 Ω

RP1: Rete resistiva 10 kΩ

Condensatori

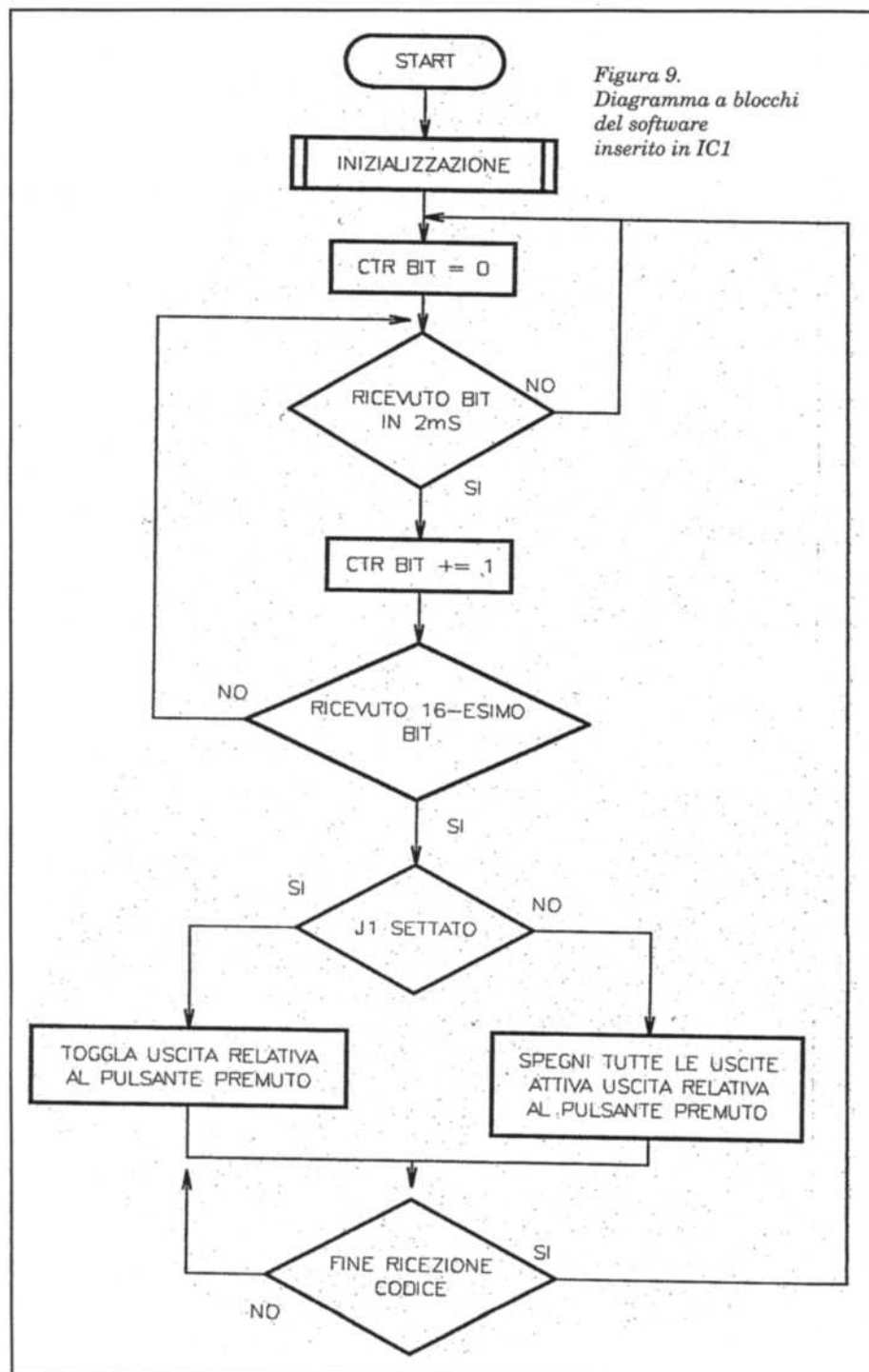
C1, C2: 18 pF

C3: 22 uF

Varie

Q1: Quarzo 4 MHz

Figura 9.
Diagramma a blocchi
del software
inserito in IC1



chip "togglia" l'uscita relativa al pulsante premuto, viceversa attiva quella uscita ma spegne tutte le altre.

Fatto ciò, poiché esiste la possibilità che il trasmettitore sia sempre in funzione, il chip attende che il ricevitore torni nello stato di stand-by e poi torna esso stesso allo stato iniziale.

Montaggio

L'autocostruzione di un circuito stampato, ad esempio quello la cui traccia è riportata in Figura 10, aiuta nella realizzazione di un circuito "pulito" e senza possibili falsi contatti. In ogni caso, si raccomanda di impiegare uno zoccolo per l'integrato IC1.

Per la disposizione dei componenti sullo stampato si deve fare riferimento alla Figura 11.

FATE ATTENZIONE a non scordarvi i tre condensatori sotto IC1 e ad inserire il ponticello in rame tra RP1 e IR1. A proposito di quest'ultimo componente, dovrete cercare di schermarlo con un minimo di protezione scura, per renderlo immune da probabili disturbi: poiché il suo angolo di visibilità è molto ampio, potrebbe essere influenzato da raggi solari o di lampade ad incandescenza. Sarà comunque sufficiente un piccolo schermo, ricavato magari da un ritaglio di cappuccio in plastica per spinotti jack da 6,3 mm.

Ricordarsi comunque che la tensione di alimentazione per l'intero circuito non deve superare i 5 volt, pena la distruzione sia del chip, sia di IR1.

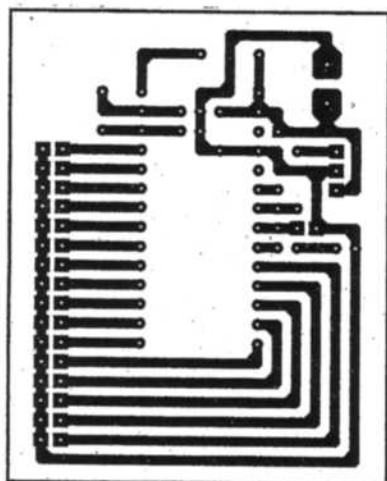


Figura 10. Circuito stampato, scala 1:1

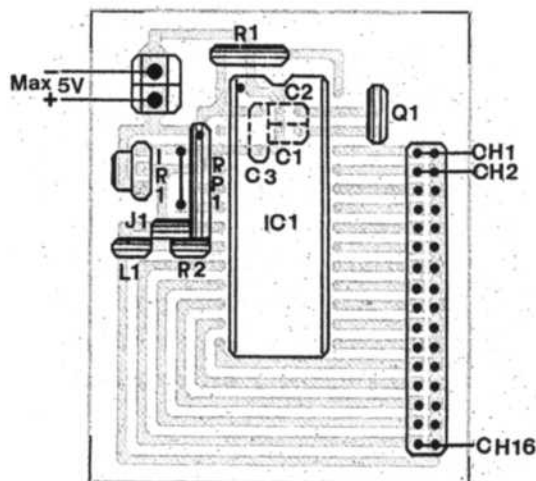


Figura 11. Disposizione dei componenti

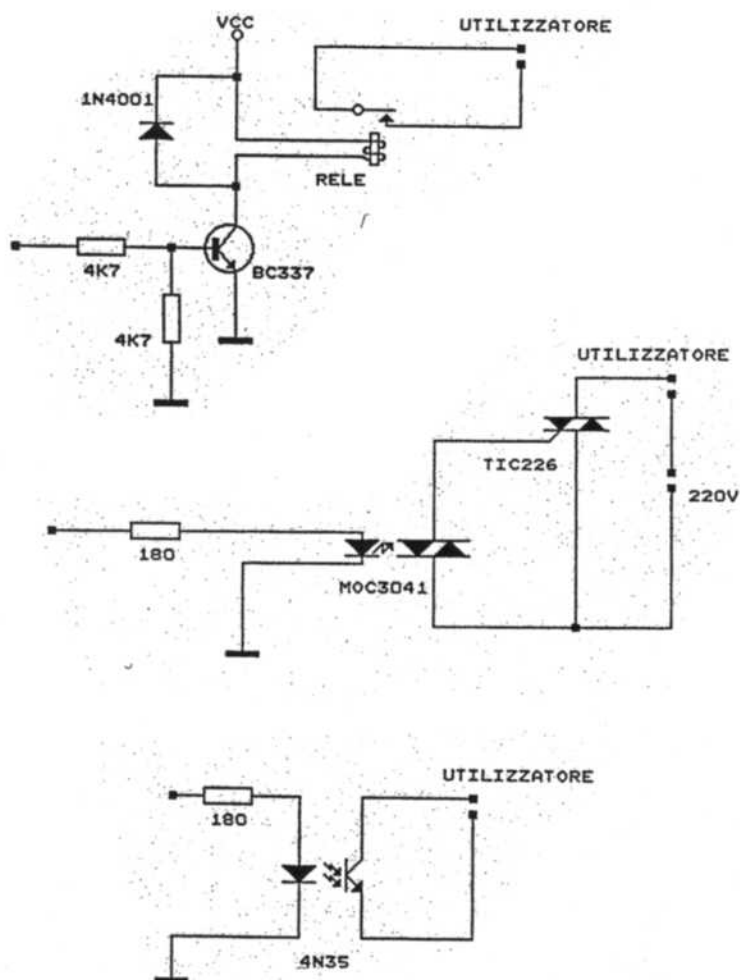


Figura 12. Possibili esempi di interfacce di carico

Collaudo

Per collaudare il ricevitore, necessariamente dovremo procurarci anche il trasmettitore già preparato lo scorso mese, ma, al contrario di altri tipi di telecomandi, questa volta non dovremo tarare assolutamente niente!

Per avere visivamente la situazione sulle uscite del decoder, consigliamo poi di collegare sulle stesse dei diodi Led con una resistenza da 270 Ω verso la massa: con l'uscita non attiva, il Led deve rimanere spento, mentre con l'uscita attiva il Led deve illuminarsi.

Diamo allora tensione ai due circuiti e notiamo che i Led rimangono tutti spenti. Premiamo ora un pulsante qualsiasi e dovremmo vedere accendersi il Led corrispondente qualunque sia lo stato del jumper J1.

Posizioniamo ora J1 e ripremiamo lo stesso pulsante: il Led corrispondente dovrà spegnersi.

Se adesso proviamo a premere uno alla volta tutti i pulsanti, i Led dovranno accendersi tutti in successione.

Togliamo ora il jumper e resettiamo il circuito ricevente togliendo e ridando l'alimentazione dopo alcuni secondi.

Questa volta, quando si preme un pulsante, dobbiamo vedere il Led corrispondente accendersi e spegnersi tutti gli altri.

Eseguite, quindi, queste verifiche, il decoder è pronto per soddisfare le vostre esigenze, prendendo magari spunto dalla Figura 12 per collegarvi qualsiasi tipo di carico.