



Il collegamento radioelettrico fra trasmettitore e ricevitore

Abbiamo provato per voi la microricevente J•TRONIK JX-4

A cura di Dorian Rossello



Lo sviluppo tecnologico degli ultimi tempi ha influito molto sull'affidabilità delle apparecchiature per radiocomando. Oltre che alla complessità delle operazioni eseguibili (vedi ad esempio la memorizzazione dei parametri che possono essere immessi nei trasmettitori con la funzione "memoria"), un significativo miglioramento è dato dalla notevole sensibilità delle riceventi, accompagnato dalla circuiteria che permette di discriminare il segnale utile, mescolato ad altro segnale radioelettrico (rumore) e ricostruirlo in modo da inviare ai servi un segnale pulito e riprodotto quello emesso dalla trasmittente. Essenzialmente un sistema di comunicazione è costituito da cinque blocchi:

- il codificatore dati
- il modulo trasmittente (trasduttore: banda base – radiofrequenza)
- il modulo ricevente (trasduttore:

radiofrequenza – banda base)

- il decodificatore dati

Il tutto è illustrato nel diagramma a blocchi di Fig.1.

Vista l'affidabilità delle moderne apparecchiature, un elemento che può creare dei problemi nel collegamento radioelettrico è il sistema di antenna (inteso come: antenna trasmettitore, spazio percorso, antenna ricevitore) e più in avanti vedremo quali possono essere le cause di malfunzionamento o d'interruzione momentanea del collegamento trasmettitore/ricevitore, con pericolo di perdita di controllo del modello. L'altro elemento che può pregiudicare il collegamento è il modulo ricevente, con riguardo alle caratteristiche di sensibilità ad un segnale, per quanto debole, e la sua abilità a distinguere il segnale da altri adiacenti (selettività). A riguardo, abbiamo voluto verificare, con una prova di laboratorio, la sensibilità di un moderno

micro ricevitore, il J•TRONIK JX-4 FM a 4 canali distribuito da Jonathan.

E' un gioiellino dalle dimensioni di 31x24x14 mm per un peso di soli 10 grammi. Le foto qui sotto mostrano il ricevitore privato della scatola.

I componenti sono tutti a montaggio superficiale e saldati sui due lati di un circuito stampato a doppia faccia. Un filtro ceramico (il prisma che troneggia sul circuito stampato laterale) aumenta la selettività e l'immunità ai disturbi del ricevitore. Volendo fare delle prove su di una ricevente, si deve avere a disposizione un "Test-Set" per radiofrequenza che permetta d'iniettare un segnale in ingresso al ricevitore, con la possibilità di variarne sia l'ampiezza che la frequenza, oltre che la strumentazione per misurare questi parametri. Non possedendo queste apparecchiature (piuttosto costose), ci siamo appoggiati al laboratorio di radiofrequenza di una ditta che progetta controlli via radio. Le prove fatte sulla ricevente, sono state la misura di sensibilità e la verifica della selettività e le apparecchiature impegnate nella prova sono state:

- generatore di segnali HP 8640A
- frequenzimetro Racal Dana UHF 9918
- analizzatore di spettro Rover Sat
- oscilloscopio Gould

La disposizione della strumentazione è quella illustrata nello schema a blocchi di Fig. 2. La radiofrequenza del generatore di segnali è stata modulata da un treno d'impulsi tale da simulare la trasmissione di un segnale emesso da un trasmettitore di radiocomando: la deviazione di modulazione è stata quella imposta dal generatore di segnali: 5 kHz.

Con queste condizioni, si è regolato il generatore di segnali in modo da avere

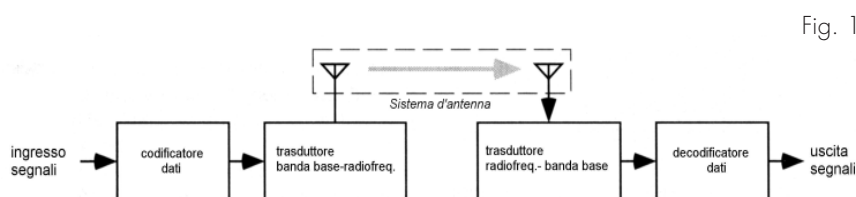
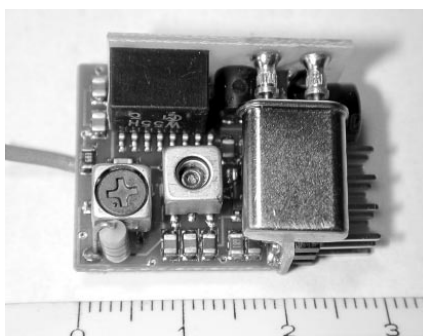
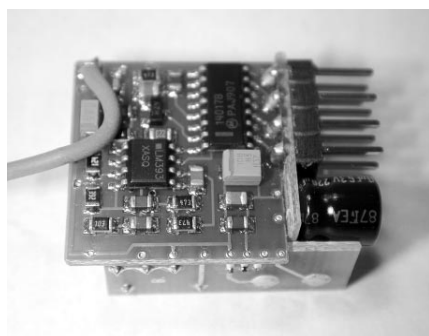


Fig. 1



un livello di radiofrequenza via via decrescente e, per ogni prova, è stata variata la frequenza generata, rispetto a quella del quarzo (40,675 MHz) per verificare la selettività. Volendo testare il ricevitore in condizioni ideali ottenibili solo in laboratorio, il segnale è stato iniettato usando un cavo coassiale di adatta impedenza al posto dell'antenna in filo: in questo modo si è ottenuta la condizione ottimale d'immunità ai rumori radioelettrici disturbanti e garantito il migliore trasferimento di radiofrequenza al ricevitore. Si è considerata come condizione limite la degradazione nella ricostruzione del segnale demodulato (bassa frequenza: il segnale che va ai servi), ottenendo i risultati della tabella. La sensibilità è risultata eccellente in

non entra all'interno dei fianchi della "finestra", quale il segnale generato da un trasmettitore sullo stesso canale). Poiché lo scopo di queste prove è stata la verifica preliminare in laboratorio di un ricevitore che fosse di minime dimensioni per successivi usi con piena affidabilità in modelli minimi e non solo, alle prove di laboratorio è stata affiancata la verifica in aria. A bordo del modello "Miss Europa" a propulsione elettrica, con il modello in termica al limite della visibilità, il ricevitore non ha dato segni d'instabilità o perdite di controllo, confermando con questa prova di portata l'eccellente sensibilità. L'immunità ai disturbi è stata verificata dall'assenza di segni d'interferenze dovute al rumore elettrico generato dal motore e dal suo regolatore elettronico (il motore deve avere sulle spazzole i

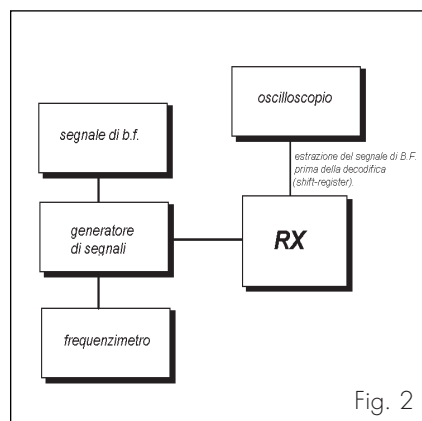


Fig. 2

collegamento radioelettrico. Possiamo quindi concludere che il J•Tronik JX-4 non è soltanto un ottimo ricevitore per slow e park-flyers, ma si presta ottimamente anche all'impiego su modelli di medie dimensioni, anche a propulsione elettrica, con uno spazio ridotto a disposizione per l'impianto radio. Un ulteriore elemento d'interesse è rappresentato dalla particolarissima garanzia J•Tronik: in caso di malfunzionamento, sostituzione gratuita entro un anno dall'acquisto. Oltre i dodici mesi, il ricevitore non più funzionante viene sostituito con uno nuovo pagandolo a prezzo scontato del 30%.

RISULTATI DELLE PROVE SULLA RICEVENTE J-TRONIK JX-4

Limite di sensibilità

-120 dBm	(0,3V)
-110 dBm	(1V)
-90 dBm	(10V)
-80 dBm	(30V)

Limite di frequenza entro cui il segnale è ricostruito

<i>demodulazione instabile anche a 40,675MHz</i>	
40,676 – 40,674 MHz	
40,676 – 40,672 MHz	
40,676 – 40,672 MHz	

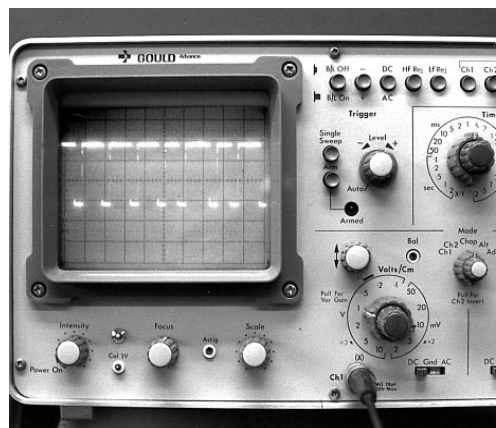
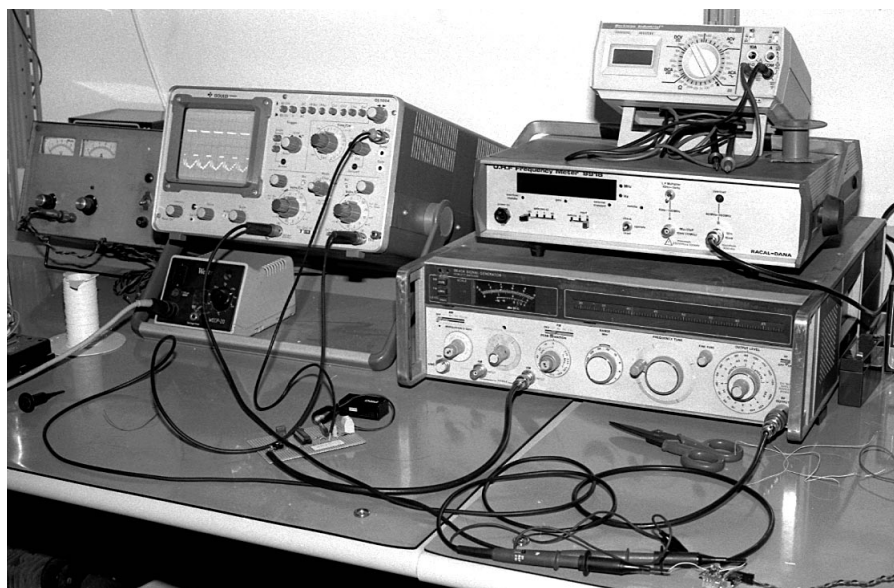
quanto il limite di 1 μ V significa avere in ingresso un segnalino ampio un milionesimo di volt. La selettività è molto buona perché la curva che la prova ha rilevato risulta essere molto ripida: la "finestra" in cui un segnale può entrare nel ricevitore è ben delimitata da fianchi molto ripidi per cui un segnale adiacente è fortemente attenuato e non interferisce (finché la sua frequenza

condensatori di smorzamento). In definitiva, al ricevitore si può dare un giudizio di "eccellente", anche considerato che è a singola conversione di frequenza. Con questi livelli di sensibilità e selettività, se si prescinde da guasti al trasmettitore o al ricevitore o da una trasmissione operata da altri sullo stesso canale, la perdita del controllo di un modello può essere imputata solo al

❑ I fenomeni di propagazione delle onde radio

Come si è detto precedentemente, la perdita di controllo può essere causata dal percorso delle onde radio dal trasmettitore al ricevitore: cerchiamo di vedere meglio cosa può accadere. Un segnale radio è soggetto, in genere, a cinque tipi di fenomeni:

La strumentazione usata per la prova. La ricevente non si vede, ma è in basso a destra. Qui sotto, all'oscilloscopio, il segnale in uscita dalla ricevente.



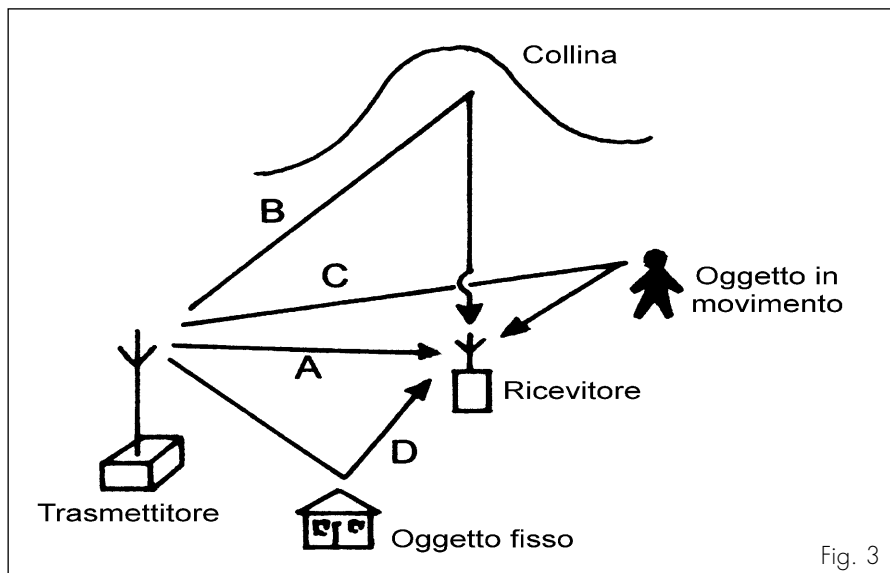


Fig. 3

- attenuazione da percorsi multipli;
- ritardo relativo dei segnali dovuto a percorsi multipli;
- attenuazione da percorsi con riflessioni;
- effetto Doppler o spostamento di frequenza;
- attenuazione da segnali in ombra.

Un segnale radio trasmesso può essere colpito da ogni combinazione di questi effetti. Si possono spiegare questi fenomeni pensando di avere un trasmettitore fisso e un ricevitore in movimento (che è il caso del radiocomando di un modello), come dalla Fig. 3.

Si possono considerare ad esempio quattro percorsi delle onde radio tra il trasmettitore e il ricevitore: A, B, C e D. L'attenuazione dovuta a percorsi multipli descrive l'effetto dovuto a molti percorsi del segnale che, proveniente dal trasmettitore, dopo varie riflessioni, arrivano e si sommano al ricevitore.

Ogni segnale riflesso viene ricevuto con un'ampiezza e fase casuale e ciò è dovuto alle differenze nella lunghezza del percorso fatto ed al tipo di attenuazione che ha subito. L'effetto di questo, si manifesta al ricevitore come una rapidissima fluttuazione del livello di radiofrequenza (vedi Fig. 4).

Questo fenomeno può essere facilmente compreso facendo riferimento ad un esempio con due soli percorsi. Il segnale ricevuto presso il ricevitore e proveniente da due cammini diversi, può essere di qualsiasi ampiezza e fase. Se i due segnali hanno eguale ampiezza ma sono in opposizione di fase, allora la loro somma avrà come risultato un segnale nullo. Invece, se i segnali fossero con la stessa fase, la somma darebbe un'ampiezza doppia. In realtà, raramente si riscontrano le condizioni tali da avere un grande in-

cremento del livello, mentre più facilmente si riscontrano situazioni in cui si ha una forte attenuazione del segnale. Questo è il motivo per cui si tende sempre a migliorare la sensibilità dei ricevitori, accoppiata ad una efficace regolazione automatica della sensibilità stessa onde evitare saturazioni in caso di forti segnali.

Un secondo fenomeno, fonte d'inconvenienti, è il ritardo relativo dei segnali dovuto a percorsi multipli ed avviene quando il segnale emesso dal trasmettitore arriva al ricevitore tramite vari percorsi e quindi in tempi diversi. La velocità di propagazione è elevatissima (la velocità della luce) ma non infinita, quindi, idealmente, due segnali emessi nello stesso istante ma percorrendo cammini di lunghezza diversa, arriveranno in tempi diversi, se pure infinitesimi). Questo può essere esemplificato nella Fig. 3 dai percorsi A e C dove il segnale che percorre il tratto più lungo C, arriva al ricevitore un istante di tempo dopo il segnale che ha percorso il tratto A. Questo fenomeno porta ad una dilatazione del tempo in cui si riceve il segnale (approssimativamente, come se ci fosse un'eco) e crea dei problemi nelle trasmissioni di segnali numerici (digitali) perché può capitare che le informazioni numeriche si sovrappongano, alterandone il risultato (I.S.I. intersymbol interference). Per fortuna le trasmissioni usate nei radiocomandi in PPM, sia perché hanno un'emissione analogica, (il servo viene comandato da un impulso che si allarga o restringe e non con una stringa che rappresenta, con la sua sequenza,

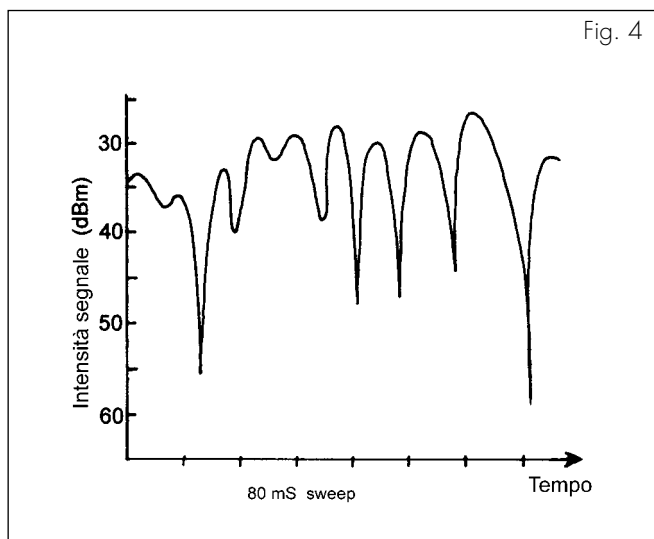


Fig. 4

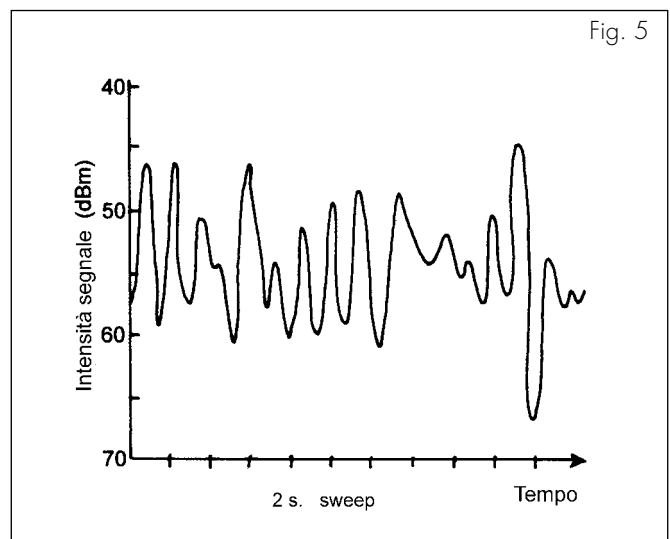


Fig. 5

un numero binario) che per le opzioni di sicurezza nell'integrità del segnale ricevuto (fail-safe), non sono colpite da questo fenomeno.

L'attenuazione dovuta a percorsi con riflessioni avviene quando arrivano al ricevitore dei segnali che sono stati riflessi da ostacoli che hanno dissipato una quota della potenza. Ad esempio, i segnali provenienti da B e C arriveranno al ricevitore ad un livello di potenza più basso del segnale A. Questo perché il segnale riflesso perde parte della sua potenza nella riflessione. La potenza varia anche a causa della distanza che il segnale percorre. Teoricamente, la perdita segue una legge quadratica inversa: $1/d^2$ dove d è la distanza percorsa dal segnale per arrivare al ricevitore. L'effetto Doppler o spostamento di frequenza è una vera variazione della frequenza del segnale che arriva al ricevitore quando c'è un movimento relativo tra trasmettitore e ricevitore, ad una certa velocità.

Poiché le velocità sviluppate dai modelli e le frequenze usate nelle nostre radio sono relativamente basse, questo effetto è ininfluenza. Infine, l'attenuazione da segnali in ombra si rivela come una lenta variazione nel tempo del livello d'intensità del segnale ricevuto. Questa perdita è dovuta al blocco o all'assorbimento di energia a radiofrequenza causata da elementi ambientali come edifici, colline o ostacoli che schermano in tutto o in parte il segnale durante il movimento che supponiamo il ricevitore faccia. Il diagramma di Fig. 5 mostra un esempio di andamento temporale di questo fenomeno di attenuazione. Si nota come la scala dei tempi sia molto più grande del caso di attenuazione dovuta a percorsi multipli del segnale: è quindi una variazione relativamente lenta che avviene durante lo spostamento del ricevitore. Alla luce di quanto detto, si può concludere che, quando si riscontra una perdita di controllo del modello di bre-

vissima durata, questa è imputabile più ai fenomeni di propagazione e più probabilmente all'attenuazione del segnale che si ha al ricevitore a causa dei percorsi multipli nel tragitto trasmettitore – ricevitore, quando il modello si trova in certe posizioni nello spazio, che a probabili guasti all'apparato di radiocomando o interferenze (che tuttavia possono capitare), fenomeni ai quali si pone rimedio con l'aumento della sensibilità dei ricevitori, accompagnata dalla necessaria selettività. ✍

• Ringraziamenti

Si ringrazia per la collaborazione, la ditta MICROLAB S.r.l. – Telecontrolli, Antifurto – di Albisola (SV) che gentilmente ha messo a disposizione le apparecchiature del suo laboratorio in radio frequenza per il test del ricevitore.
- Si ringrazia la Low Power Radio Association (U.K.) che ha consentito la traduzione di parte dell'articolo di M. Chaudhary (L.P.R.A. Oct. 1999) sui fenomeni della radiopropagazione.