

La radio a galena (prof. M. Savarese)

Introduzione

Questa breve unità si pone come obiettivo quello di mettere in grado studenti liceali di costruire un semplice apparecchio radio e di capirne il funzionamento. La radio a galena infatti si può considerare come il modello di ricevitore minimale e prima della II guerra mondiale era comunemente diffuso. Funziona a malapena (più frequentemente non funziona affatto) ma possiede l'indubbio vantaggio di essere talmente semplice che la sua importanza dal punto di vista didattico è certamente straordinaria. In realtà al giorno d'oggi si possono costruire con pochi soldi radioline perfettamente funzionanti ma il loro funzionamento purtroppo è precluso ad uno studente liceale il quale possiede, quando le possiede, conoscenze limitate ai circuiti oscillanti e se va bene al diodo come componente che fa passare la corrente in un unico senso. Tutte le radio dagli anni trenta in poi sono basate su una circuitazione sofisticata, la supereterodina, che non è facile da spiegare neanche agli studenti degli istituti tecnici. I presunti appassionati di elettronica che si divertono a costruirsi trasmettitori e radioline varie in realtà spesso si limitano ad una pura attività di montaggio inserendo nei fori giusti i componenti giusti.

Abbiamo cercato allora, con il minimo di prerequisiti, di spiegare con un certo dettaglio il funzionamento di questo tipo di radio di estrema semplicità e successivamente di descrivere in modo abbastanza accurato un semplice apparecchietto realizzabile in casa.

Mettiamo subito in guardia coloro che entusiasti dall'idea di costruirsi una radio con pochissimi componenti volessero utilizzarla effettivamente. Come vedremo in seguito questo tipo di radio non è alimentata e funziona utilizzando l'energia irradiata dalla stazione trasmittente. Funzionerebbe molto bene per esempio a Cesano o a Santa Palomba¹, in altre zone della capitale purtroppo bisogna mettersi all'aperto utilizzando sempre una antenna molto lunga.

Gli schemi costruttivi ovviamente non sono originali, provengono da un classico del genere: D. E. Ravalico - *Primo avviamento alla conoscenza della radio* - Hoepli (oltre venti edizioni, ancora in catalogo).

Per la comprensione di quanto segue diamo per acquisiti: il circuito oscillante e risonante, il diodo, l'altoparlante.

La trasmissione in modulazione di ampiezza

Le stazioni radiofoniche trasmettono voci e suoni modulando le onde elettromagnetiche (in particolare le onde radio che fra tutte sono quelle di lunghezza d'onda maggiore). Per capirsi diciamo subito che il termine modulazione equivale a modificazione. È chiaro infatti che un'onda radio di frequenza e ampiezza costante non contiene nessuna informazione. O meglio l'unica informazione che essa porta con sé è il fatto di esserci o non esserci. Prima dell'avvento della modulazione (intorno agli anni dieci) la trasmissione consisteva nell'inviare impulsi di onde radio generate da enormi scintille. Questa modalità si chiama telegrafo senza fili e come sappiamo tutti si deve al grande inventore italiano Guglielmo Marconi che fece i suoi primi esperimenti intorno al 1895.

Per trasmettere la parola invece che punti e linee dobbiamo far in modo che l'onda radio porti con sé le informazioni relative ai suoni che vogliamo inviare.

Ricordiamo che le frequenze udibili dall'orecchio umano vanno da un minimo di circa 20 Hz fino ad un massimo di 16.000 Hz. Siccome non abbiamo nessuna intenzione di realizzare un impianto di alta fedeltà possiamo abbassare le nostre specifiche e limitarci ad un intervallo ben più ristretto, quello del parlato, la cosiddetta banda telefonica² che va da 300 a 3000 Hz. Per inviare suoni dobbiamo perciò modificare l'onda radio in modo che essa possa contenere segnali di frequenza compresa in questo intervallo.

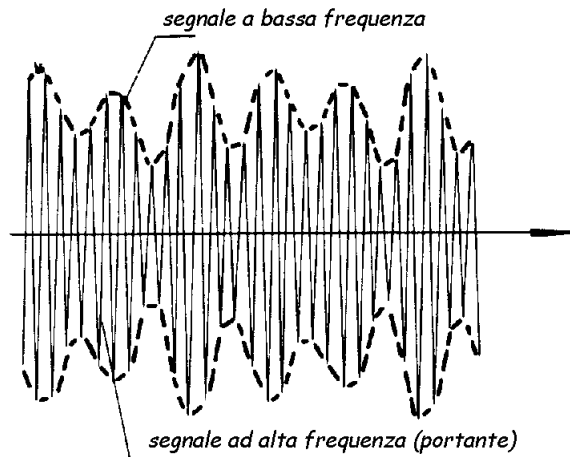
¹ A Cesano come è ben noto ci sono le antenne di Radio Vaticana, a Santa Palomba c'è la stazione trasmittente di Roma 2. Entrambe queste emittenti trasmettono a livello nazionale con potenze considerevoli.

² Che è purtroppo l'attuale collo di bottiglia della trasmissione casalinga in rete. Il telefono nasce per parlarci dentro non per collegarsi ad Internet. La velocità di trasmissione è severamente limitata dalla ristretta banda passante telefonica.

Visto che un'onda in generale è determinata da due parametri fondamentali, l'ampiezza e la frequenza, i modi di trasmissione sono sostanzialmente due: modificando l'ampiezza o modificando la frequenza. Il più semplice è il primo. Si modifica o, detto meglio, si modula l'ampiezza dell'onda radio che si vuole inviare (che da adesso in poi chiameremo portante, perché porta l'informazione che vogliamo trasmettere).

E come si modificherà?

La cosa più immediata che ci viene in mente è far in modo che i picchi dell'onda portante, la cui frequenza resta inalterata, riproducano la forma d'onda del segnale sonoro. Il disegno in figura spiega la cosa molto meglio di tante parole.



È chiaro che la portante deve avere una frequenza molto maggiore del onda sonora che vogliamo inviare. Diciamo almeno cento volte. Bene, se il segnale che vogliamo inviare ha una frequenza massima di 3000 Hz, la portante deve avere una frequenza almeno di 300 KHz. E queste sono grosso modo le frequenze delle stazioni in modulazione di ampiezza. Le stazioni in modulazioni di ampiezza³ a noi più vicine sono quella di Roma 2 che trasmette da Santa Palomba ad una frequenza di 810 KHz e quella di Radio Vaticana da Cesano. Tralasciamo come si realizza in pratica la modulazione di ampiezza e passiamo invece a vedere come si rileva il segnale a bassa frequenza o detto più semplicemente a capire il principio di funzionamento una radio.

I principi della ricezione radiofonica: la rivelazione.

Mentre la modulazione consiste nell'applicare il segnale alla corrente oscillante con la quale alimentare l'antenna trasmittente, la rivelazione consiste nel procedimento opposto, ossia nel prelevare dalla corrente oscillante in arrivo il segnale a frequenza acustica.

La rivelazione è necessaria per il motivo che voci e suoni vengono riprodotti nel nostro caso dalle vibrazioni della lamina della cuffia⁴ o nel caso di una radio seria da quelle del cono di cartone dell'altoparlante. Non è possibile ottenere vibrazioni meccaniche alla frequenza della corrente oscillante poiché essa è dell'ordine del MHz mentre quella acustica abbiamo visto essere dell'ordine di centinaia o migliaia di Hz. Non si ottiene alcun suono se ad una cuffia o ad un altoparlante si invia direttamente la corrente oscillante modulata dal trasmettitore. È immediato rendersi conto infatti che

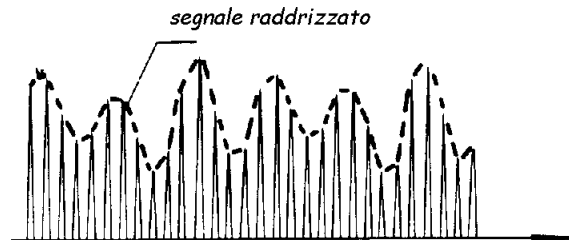
³ Tutte le antenne dei telefonini che vediamo sui palazzi trasmettono in modulazione di frequenza a livello locale con potenze dell'ordine di qualche centinaio di Watt. In modulazione di ampiezza la trasmissione avviene a livello nazionale con potenze di centinaia di KWatt. Il trasmettitore di Roma 1 (RAI 1) si trova a Milano.

⁴ Forse mi sono dimenticato di dire che non essendo alimentata la radio a galena può essere ascoltata solo in cuffia.

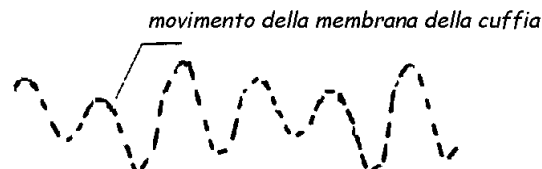
la frequenza è troppo elevata (la lamina dovrebbe andare avanti e indietro un milione di volte al secondo) e l'unica cosa che essa può fare è starsene ferma.

La rivelazione consiste appunto nel rettificare la corrente oscillante modulata cioè nell'eliminare le sue semionde positive (oppure, ed è la stessa cosa, quelle negative).

Osservando la figura notiamo cosa succede se, eliminando tutte le semionde positive di una corrente oscillante modulata, la inviamo alla lamina della cuffia.

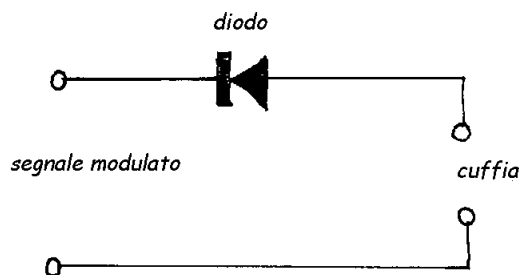


Succederà che la lamina, come visto prima, non potrà oscillare alla frequenza dell'onda portante essa però si muoverà ugualmente inseguendo i massimi di questa. Siccome l'involuppo dei massimi riproduce proprio il segnale a bassa frequenza che si vuole trasmettere, dalla cuffia è possibile ascoltare il segnale modulato.



A punto appare chiaro che per fare una radio a galena ci serve un componente che faccia passare la corrente a senso unico. Sappiamo che questa cosa, oggi, la fa proprio il diodo⁵. Un diodo in prima approssimazione fa quello che la valvola di un pneumatico di bicicletta fa con l'aria.

In definitiva la parte finale del nostro apparecchietto sappiamo già come è fatta.



Ci manca adesso di capire come catturare l'onda radio, cioè come costruire l'antenna e come sintonizzarci, cioè far risuonare il circuito oscillante.

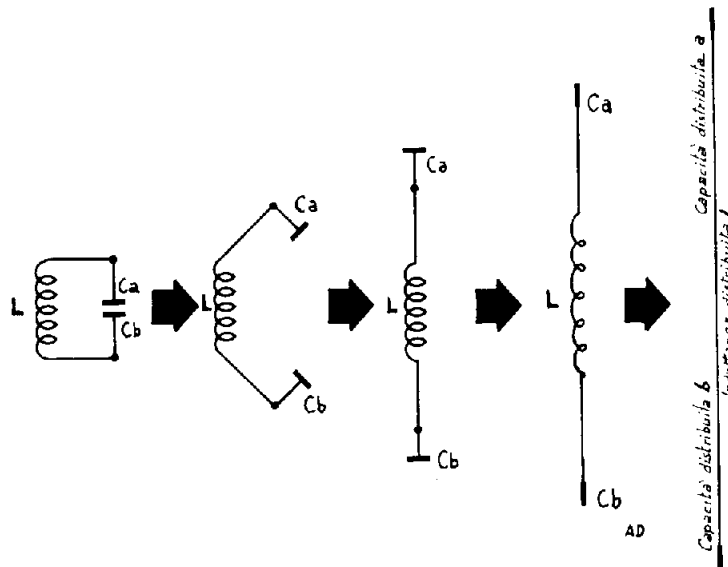
⁵ Intendiamo diodo a semiconduttore che costa poche centinaia di lire. Prima dei componenti a semiconduttore i diodi per la rivelazione erano realizzati mediante cristalli rivelatori cioè cristalli a conduttività unilaterale quali ad esempio la zincite (ossido di zinco), il carborundum (carburo di silicio, il materiale usato sulle mole per affilare), la galena (solfuro di piombo). Questi materiali messi a contatto con una punta metallica hanno la facoltà, come i moderni semiconduttori, di far passare la corrente in un solo senso. La punta metallica chiamata "baffo di gatto" doveva essere poggiata con estrema delicatezza sul cristallo. Le radio a galena d'epoca hanno tutte un meccanismo di regolazione manuale a molla per cercare il miglior punto di contatto fra baffo di gatto e cristallo.

I diodi per la rettificazione di correnti elevate erano invece realizzati mediante valvole termoioniche (da cui il nome valvola che poi è stato esteso a tutti i componenti che sfruttano l'effetto termoionico).

L'antenna

Che cos'è un'antenna e come funziona?

Un'antenna in pratica è un pezzo di metallo in cui gli elettroni vanno avanti e indietro da un capo all'altro. Molto semplicemente possiamo paragonarla a un circuito accordato formato dalla solita induttanza e capacità. Osservate la trasformazione rappresentata in figura in cui proprio il circuito risonante viene assimilato a un conduttore rettilineo isolato.



Un'antenna può essere considerata un circuito accordato composto da capacità e induttanze distribuite. A seconda delle sue dimensioni fisiche essa tende quindi ad accordarsi spontaneamente sulla frequenza di risonanza.

Le capacità distribuite sostituiscono in pratica il condensatore C (ogni armatura è qui definita C_a e C_b) mentre la lunghezza del conduttore ne rappresenta l'induttanza L : esso può considerarsi come lo "stiramento" dell'avvolgimento. Così come un circuito risonante si accorda prevalentemente su una sola frequenza, determinata dai valori delle capacità e della induttanza mediante la formula $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$, altrettanto una qualsiasi antenna risuona principalmente sulla frequenza determinata proprio dai valori di induttanza e capacità distribuite. Il calcolo è abbastanza complesso, proprio perché è difficile determinare teoricamente questi valori (tra l'altro occorre tener conto della qualità dei materiali costruttivi con cui si realizza una antenna, del tipo di isolanti adoperati, della capacità parassita che si crea tra l'antenna stessa e la terra, del diametro dei conduttori, ecc.), comunque, in linea di massima, si può affermare che qualsiasi antenna sia costruita secondo ben precisati rapporti con la lunghezza d'onda della frequenza radio da utilizzare.

Noi utilizzeremo un tipo di antenna molto semplice costituito da un lungo filo isolato alle estremità. La lunghezza dovrebbe risultare prossima alla lunghezza d'onda del segnale da ricevere e nel nostro caso, volendo ricevere radio 2 che trasmette con una frequenza di circa $8,1 \cdot 10^5$ Hz dovrebbe

essere lunga ben 370 metri infatti $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{8,1 \cdot 10^5 \text{ Hz}} = 3,7 \cdot 10^2 \text{ m}$

Noi ci accontenteremo di un filo di una ventina di metri. In definitiva applicheremo questa antenna al terminale di un induttore realizzato avvolgendo poche spire intorno ad un cilindretto isolante e conatteremo l'altro terminale a terra. Questo primo stadio dovrebbe captare onde radio e nella bobina dovrebbero crearsi correnti oscillanti.

La sintonizzazione

Per capire la sintonizzazione deve essere ben chiaro il circuito RCL serie. Esso possiede una determinata frequenza di risonanza data dalla nota formula $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$. Se facciamo scorrere nel circuito RCL una corrente oscillante di frequenza pari a quella scritta sopra esso entra, come suol dirsi, in risonanza e la corrente che ci scorre diventa massima.

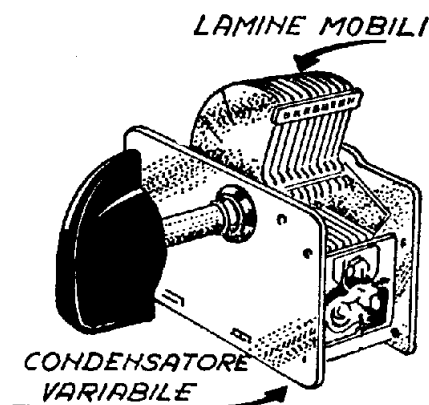
Se alla bobina connessa all'antenna affacciamo la bobina dell'RCL per induzione in essa scorrerà la corrente captata dall'antenna e se i valori di L e C saranno opportuni esso entrerà in risonanza con la frequenza della stazione emittente. Nel circuito RCL ritroveremo quindi la portante modulata che mediante il diodo demoduleremo ottenendo il segnale a frequenza udibile.

Come abbiamo visto la frequenza di risonanza dipende dal valore del condensatore e dell'induttore. Dobbiamo perciò scegliere questi valori in modo da ottenere la frequenza di Radio 2. Potremmo sceglierli per esempio $L=1,0 \mu\text{H}$ e $C=39 \text{ nF}$ che in linea di principio andrebbero bene infatti

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10^{-6} \cdot 39 \cdot 10^{-9}}} = 8,1 \cdot 10^5 \text{ Hz}.$$

In questo modo però potremmo prendere una stazione sola che non è proprio un problema perché in onde medie non ci sono molte emittenti⁶ e noi con il nostro ricevitore primordiale siamo in grado di ricevere solo quelle a qualche chilometro. Il fatto è che i componenti hanno tutti delle tolleranze rispetto ai valori dichiarati e quindi è indispensabile poter variare il valore di almeno uno dei due componenti in modo da accordare perfettamente il circuito risonante. Oltretutto l'induttore vogliamo costruircelo da noi e non è facile stimarne con precisione il valore teorico.

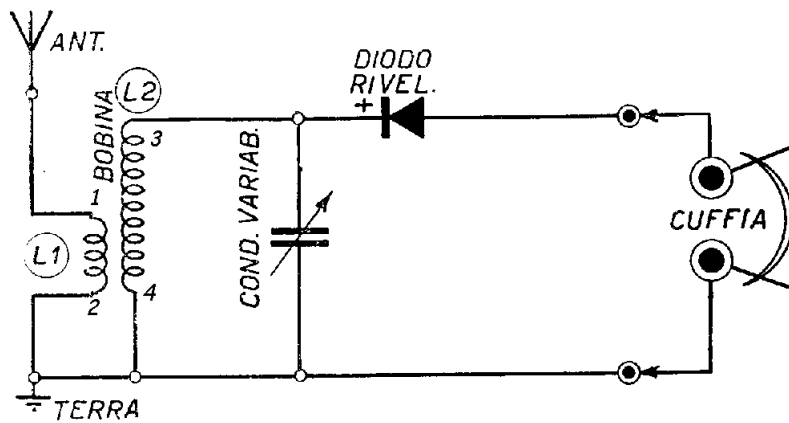
Abbiamo bisogno quindi di un condensatore variabile che un componente strutturalmente molto semplice. Invece di provare a spiegare il funzionamento vi consigliamo di prenderlo in mano e cercare da soli di capire come funziona.



il condensatore variabile.

In definitiva ecco lo schema della nostra radiolina.

⁶ La trasmissione in onde medie è vietata.



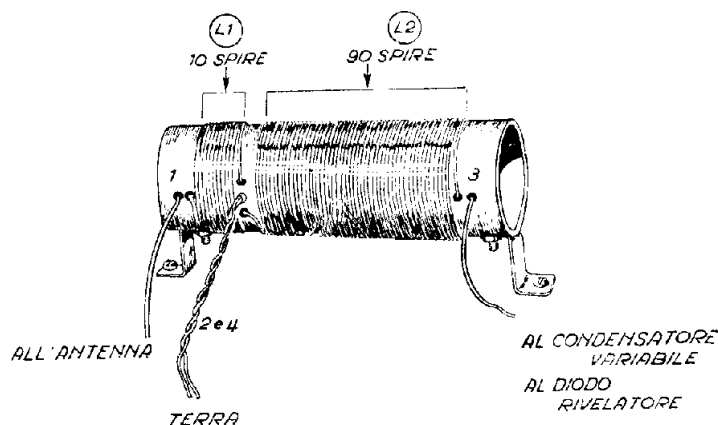
lo schema elettrico della nostra radiolina.

Realizzazione pratica, il diodo.

Diamo ora delle indicazioni su come realizzare la nostra radiolina cominciando dal diodo. Bisogna andare in un negozio di componenti elettronici e chiedere il diodo rivelatore AA118 (la prima A sta per componente al silicio, la seconda indica che un diodo rivelatore) va bene anche un altro diodo purché inizi con AA. Il componente è racchiuso in un involucro trasparente e all'interno è visibile il cosiddetto baffo di gatto.

La bobina.

La bobina è il componente più delicato da realizzare e non si può comprare già bella e fatta. In verità si potrebbe sacrificare una vecchia radiolina usando quella col nucleo di ferrite normalmente contenuta dentro. Costruirselo da soli comunque è tutta un'altra cosa. Serve del filo di rame da 5 decimi di millimetro ovviamente smaltato perché non ci deve essere contatto elettrico tra una spira e l'altra. Non credo si venda sfuso, consigliamo di sfilarlo dalla bobina di un campanello elettrico o da un trasformatore. L'importante è che la sezione sia di circa mezzo millimetro. Per il supporto il Ravalico parla di un tubo bachelizzato di 35 mm di diametro. La cosa che si avvicina di più a questo strano oggetto è il contenitore di plastica delle pellicole fotografiche da 35 mm. Per fare gli avvolgimenti bisogna fare prima due forellini come si vede nella figura. Il filo va passato dentro il primo foro e fatto uscire dal secondo; in questo modo resta fisso.



la bobina

Alla fine dell'avvolgimento vi sono tre forellini. Il primo, in alto, serve per farvi entrare il filo, dopo fatta la decima spira; quello al centro serve per farvi uscire il filo. L'altro foro in basso serve per farvi

entrare il filo per il secondo avvolgimento di 90 spire; esso esce dal foro centrale. I due fili che escono dal foro centrale sono indicati con 2 e 4 nello schema. Essi vanno tutti e due a terra e quindi sono intrecciati insieme.

L'avvolgimento L2 di 90 spire è fatto sempre con lo stesso filo da 5 decimi smaltato; esce dai due forellini di destra. Ricordatevi quando fate le saldature sul filo smaltato di scrostare o bruciare lo smalto controllando sempre che si sia realizzato effettivamente il contatto elettrico.

Il condensatore variabile

Il condensatore variabile va comprato o smontato da una vecchia radiolina. Calcoliamoci approssimativamente quanto deve essere la capacità massima. L'induttanza di un solenoide vale:

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{l} S \quad \text{dove } N \text{ è il numero di spire, } S \text{ è l'area della spira e } l \text{ è la lunghezza del solenoide.}$$

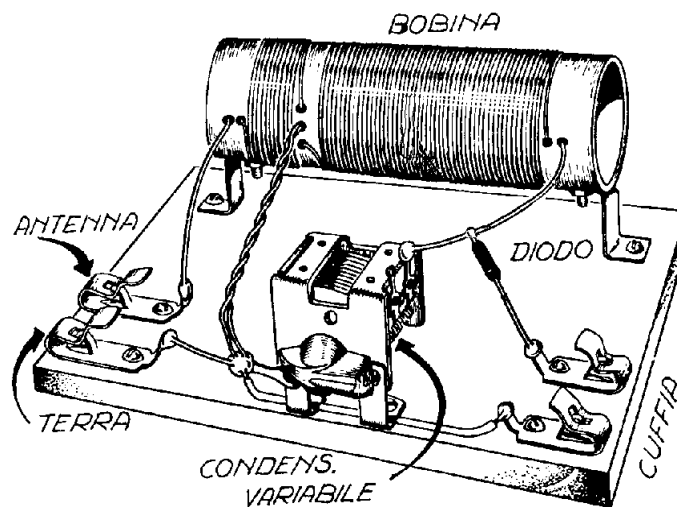
Per la nostra bobina di 90 spire abbiamo:

$$L = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{90^2}{4,5 \cdot 10^{-2}} \pi \cdot (1,5 \cdot 10^{-2})^2 = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ H}$$

Il valore di C deve essere quindi di

$$C = \frac{1}{4\pi^2 L f^2} = \frac{1}{4\pi^2 1,6 \cdot 10^{-4} (8 \cdot 10^5)^2} = 2,5 \cdot 10^{-10} \text{ F}$$

Dobbiamo comprare perciò un condensatore da almeno 250 pF. Ecco l'apparecchio montato.



L'apparecchio montato.

Bibliografia

- D. E. Ravalico - *Primo avviamento alla conoscenza della radio*, Hoepli, Milano, 1974 (XIX edizione).
- D. E. Ravalico - *L'apparecchio radio* - Hoepli, Milano, 1978 (V edizione).
- F. Soresini, A. Chiàntera - *Radio d'epoca* - Mondadori, Milano, 1995.
- R. Galletti - *il fai da te di radiotecnica*, Edizioni CD, Bologna, 1988.