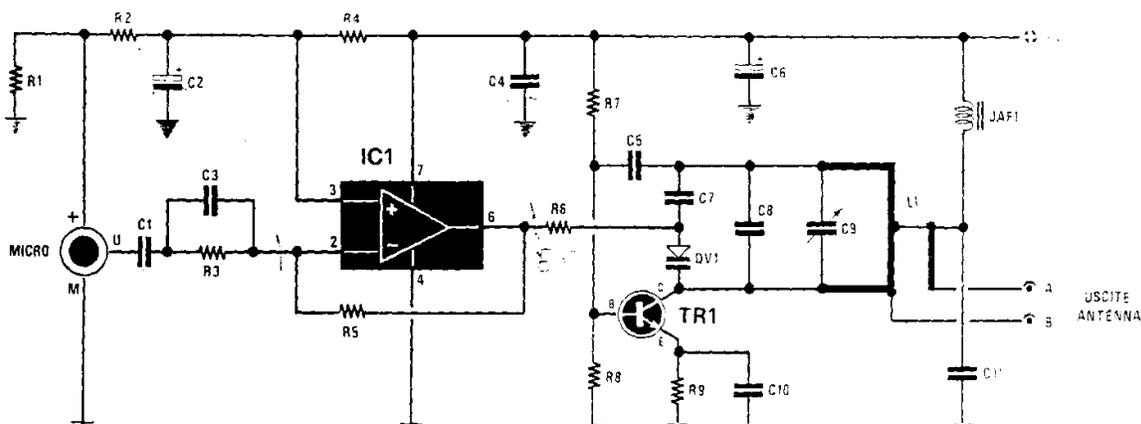


# MICROSPIA IN FM

## SCHEMA ELETTRICO



Nello schema distinguiamo i seguenti blocchi funzionali

- Un **microfono** magnetico già preamplificato e alimentato con una tensione di 1.5 V
- Una **rete di preenfasi** avente il compito di amplificare maggiormente i toni acuti rispetto ai toni bassi
- Un **amplificatore differenziale** integrato **IC1** ad alto guadagno con ingresso a FET
- Un **oscillatore** con bobina incisa direttamente sul circuito stampato e con accoppiamento all'antenna ottenuto sempre tramite una **linea su circuito stampato**, per ottenere il massimo trasferimento di energia AF

Il segnale di BF disponibile all'uscita U del microfono (provvisto di preamplificatore al suo interno) ha già un'ampiezza sufficiente per pilotare lo stadio amplificatore successivo costituito da IC1 (un amplificatore differenziale TL.081 equivalente all' LF351. Il segnale di BF viene applicato al TL.081 tramite il condensatore C1 (100.000 pF) e passando da una rete di preenfasi (costituita dal condensatore C3 di 4700 pF in parallelo alla resistenza R3 di 10 K $\Omega$ ), la quale permette di amplificare maggiormente i toni acuti rispetto ai toni bassi.

### PREENFASI E DEENFASI

Infatti, con la rete di preenfasi, i segnali a freq. più alte vengono amplificati di più di quelli a freq. Più basse; questo perché sia le apparecchiature di trasmissione che quelle di ricezione introducono un rumore di fondo (fruscio) caratterizzato da oscillazioni irregolari situate prevalentemente nella parte alta delle frequenze acustiche e che penetra nel segnale come modulazione di frequenza; per eliminare il fruscio occorrerebbe, in ricezione disporre dei filtri che taglino le freq. più alte (per es. dai 10KHz in su), ma così facendo si verrebbe a perdere la possibilità della riproduzione ad alta fedeltà. Si è pensato allora di rinforzare il segnale modulante nella parte alta delle freq. Acustiche, in modo da renderlo notevolmente più intenso del fruscio di fondo (enfasi delle freq. alte di modulazione), mediante un filtro RC passa alto. In ricezione la deenfasi provvede a una compensazione. Infatti, in ricezione i segnali a freq. Più alte risultano di notevole intensità per cui adesso è possibile disporre di un filtro passa basso in modo che i segnali a freq. più alta vengano

attenuati e riportati al loro giusto valore, ma vengano attenuate anche le oscillazioni del fruscio che, in tal modo, non è più udibile (deenfasi).

IL preamplificatore di BF ha un'elevata sensibilità. Anche se parliamo a 3-4 metri di distanza dal microfono, il segnale a BF è in grado di modulare il nostro trasmettitore, ma se si parla ad una distanza di 20-30 cm la sensibilità del microfono risulterà eccessiva e di conseguenza correremo il rischio di saturare l'amplificatore e in ricezione si avrà un segnale distorto.

Per ridurre la sensibilità del nostro microfono basta aumentare la resistenza R3 (da 10 k $\Omega$  a 22-47-100 K $\Omega$ ) in modo da ridurre il guadagno dell'amplificatore IC1, sino ad ottenere quel valore che non fa distorcere il segnale trasmesso.

## IL MODULATORE

La bobina L1, incisa direttamente sul circuito stampato, e il compensatore C9, ci permettono di far funzionare il nostro radiomicrofono in una gamma di frequenze compresa tra i 93-95 MHz e i 108 MHz. Se volessimo far lavorare il trasmettitore a frequenze più basse (da 88 a 108 MHz) sarà sufficiente sostituire il condensatore da C8 da 18 pF a 27 pF

La modulazione in FM del segnale trasmesso viene ottenuta tramite il **diode varicap** DV1 (un BB.405), il quale posto in parallelo al compensatore C9 con in serie il condensatore C7 (8,2 pF) provvederà a far variare la frequenza in più o in meno rispetto a quella centrale (o portante), proporzionalmente all'ampiezza del segnale modulante di bassa frequenza presente all'uscita dell'integrato IC1 (piedino 6). Questo segnale, infatti, pilota il diode varicap DV1 inserito nel circuito di accordo (un circuito risonante RLC) che determina in pratica la frequenza dell'oscillatore.

Al variare della tensione ai capi di esso applicata (quindi al variare dell'ampiezza del segnale modulante di BF) il varicap varia la propria capacità interna comportandosi come un condensatore variabile e di conseguenza varia la frequenza di sintonia dell'oscillatore, ottenendo così la modulazione di frequenza desiderata.

Parlando ad una distanza di 2 metri il BB.405 ci permette di ottenere una deviazione di 75 KHz in più o in meno rispetto alla frequenza centrale, limite massimo consentito per una trasmissione in FM per la quale la banda assegnata ad ogni singola stazione risulta essere di 200 KHz (75+75+50 KHz di sicurezza). Comunque più aumenta la distanza dal microfono e più si riduce la deviazione massima di frequenza, più ci si avvicina al microfono e più la deviazione di frequenza diventa talmente elevata da provocare forti distorsioni in ricezione.

Il segnale RF all'uscita del modulatore viene infine inviato all'antenna tramite la linea realizzata sul circuito stampato. Come antenna si può utilizzare 50-70 cm di filo di rame isolato in plastica. (più corta sarà l'antenna, minore sarà la portata).

L'alimentazione richiesta è di 9 V e l'assorbimento di tutto il circuito si aggira sui 15-18 mA.

# APPROFONDIMENTI

## APPROFONDIMENTI

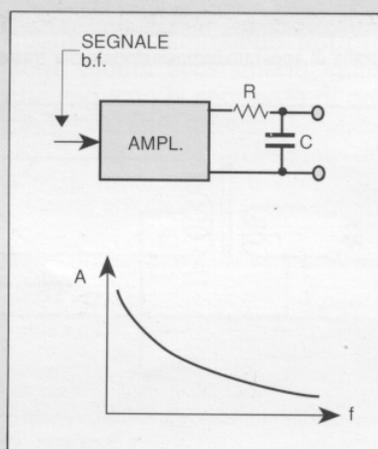
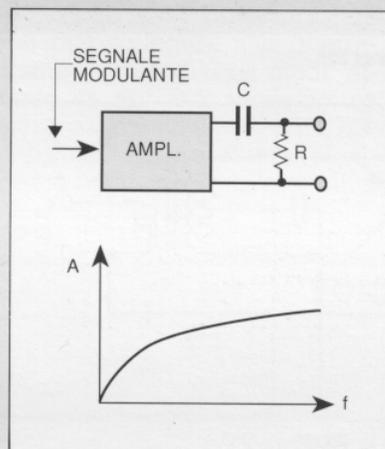
### Enfasi e deenfasi



La trasmissione FM è caratterizzata, come abbiamo visto, da una grande larghezza di banda, che consente la modulazione con tutte le frequenze della banda acustica, e assicura una riproduzione di elevata fedeltà. Purtroppo, però, sia le apparecchiature di trasmissione che quelle di ricezione introducono un certo rumore di fondo (fruscio) caratterizzato da oscillazioni irregolari situate prevalentemente nella parte alta delle frequenze acustiche: per eliminare il fruscio bisognerebbe, in ricezione, disporre dei filtri che "tagliano" le frequenze più alte (per esempio dai 10KHz in su), ma così facendo si taglierebbe anche la parte del segnale utile e si verrebbe a perdere la possibilità della riproduzione ad alta fedeltà.

Si è pensato allora di rinforzare il segnale modulante nella parte alta delle frequenze acustiche, in modo da renderlo notevolmente più intenso del fruscio di fondo (enfasi delle frequenze alte di modulazione), mediante un amplificatore con filtro RC passa alto (vedi Figura 1). In ricezione i segnali a frequenze più alte risultano di notevole intensità per cui adesso è possibile disporre di un filtro passa basso in modo che i segnali a frequenza alta vengano attenuati e riportati al loro giusto valore, ma vengano attenuate anche le oscillazioni del fruscio che, in tal modo, non è più udibile (deenfasi).

La curva di risposta del circuito di deenfasi è complementare a quella del circuito di enfasi (vedi Figura 2).



## CONFRONTO TRA MODULAZIONE AM E FM

I vantaggi della modulazione di frequenza riguardano soprattutto **l'assenza dei disturbi**. Infatti i disturbi della tecnica FM in ricezione producono una modulazione di ampiezza (fluttuazione di tensione del segnale modulato FM) che causa distorsione dopo la demodulazione.

Questi problemi tuttavia si possono eliminare impiegando uno stadio limitatore prima della demodulazione. E' possibile così eliminare i residui di ampiezza senza provocare alcun deterioramento dell'informazione in quanto essa non è contenuta nelle variazioni di ampiezza, ma è contenuta nelle variazioni di frequenza.

Per l'AM questo tipo di disturbo degrada l'informazione.

Un altro vantaggio della FM è il maggior rendimento di modulazione in quanto viene sempre trasmessa la massima ampiezza della portante, altrimenti non ottenibile in AM.

L' **alto indice di modulazione** e la grande larghezza di banda aumentano notevolmente il rapporto di qualità segnale - rumore S/N. Il miglioramento quindi della qualità di trasmissione dipende dalla larghezza di banda che in teoria può diventare infinito.

Questo consente la modulazione con **tutte le frequenze della banda audio (20 Hz - 20.000 Hz)** a differenza della AM dove la max frequenza audio trasmessa non supera i 5000 Hz.

Ottenere quindi un miglioramento, ossia un elevato valore di rapporto S/N a spese della larghezza di banda, costituisce uno svantaggio. Infatti se ad un prefissato valore della potenza di rumore corrisponde una certa banda passante sicuramente ad una banda più larga il rumore può aumentare in modo spropositato e può accadere che potenza del segnale e potenza del rumore risultino uguali.

Non si possono superare certi valori limite di S/N. Tali valori dipendono dall'indice di modulazione  $m_f$ . Esistono degli accorgimenti che migliorano il rapporto S/N come le reti di preenfasi e deenfasi. Si può dimostrare che il rapporto segnale S/N all'uscita del demodulatore  $S_o / N_o$  ed il rapporto segnale - rumore all'ingresso dello stesso  $S_i / N_i$  sono funzioni dell'indice di modulazione.

Per l'AM quindi vale:  $S_o / N_o = m^2 * S_i / N_i$ .

Per la FM quindi vale:  $S_o / N_o = 3 * m_f^2 * B_f / 2f_m$ .

Confrontando le due tecniche si ottiene  $(S_o / N_o)_{FM} = 3 * m_f^2 * (S_i / N_i)_{AM}$  oppure  $(S_o / N_o)_{FM} = 3 * (m_f / m)^2 * (S_o / N_o)_{AM}$ .

### **Svantaggi FM**

A ciascuna stazione in AM si assegna un canale di circa 10 KHz mentre in FM di 200 KHz, riducendo chiaramente il numero di stazioni trasmettenti in un range di frequenze prestabilite.

Infine per quanto riguarda i costi si può dire che i sistemi AM sono meno costosi dei sistemi FM, ma tale vantaggio va a scapito di qualità e affidabilità del sistema.

La banda effettiva per segnali modulanti non sinusoidali è data da  **$B = 2(\Delta F + F_{max})$**

- Per  $m \ll 1$  i segnali modulati vengono detti a banda stretta e  **$B = 2F_{max}$**  (come se fossero segnali in AM)
- Per  $m \gg 1$  si ha la modulazione in banda larga e  **$B = 2\Delta F$**

## **Autoverifica**

1. Se applichiamo un segnale alternato di bassa frequenza sull'ingresso di un condensatore, sulla sua uscita preleviamo un segnale

- Molto attenuato
- Amplificato
- Con la stessa ampiezza

### Risposta

Quando una induttanza ed un condensatore vengono sottoposti ad una tensione alternata si comportano come una resistenza, quindi più elevato risulta il loro valore ohmico maggiore difficoltà incontra la tensione nell'attraversarli. Questa resistenza non ha un valore ohmico fisso, quindi non possiamo misurarla con un normale tester perché il suo valore varia al variare della frequenza. Questo valore ohmico influenzato dalla frequenza viene chiamato reattanza ed indicato con le seguenti sigle:

$X_L$  se la reattanza è induttiva

$X_C$  se la reattanza è capacitiva.

Sull'uscita di un condensatore, quando all'ingresso applichiamo un segnale BF, si preleva un segnale molto attenuato perché a queste frequenze la capacità presenta una  $X_C$  (Reattanza =  $1/j\omega C$ ) molto alta.

Un condensatore presenta:

- un **alto** valore di  $X_C$  se la **frequenza è bassa**
- un **basso** valore di  $X_C$  se la **frequenza è alta**

Una induttanza presenta:

- un **basso** valore di  $X_L$  se la **frequenza è bassa**
- un **alto** valore di  $X_L$  se la **frequenza è alta**

2. Se sull'ingresso di un transistor applichiamo un condensatore da 0,1 microfarad, le note basse subiranno una maggiore attenuazione rispetto alle note acute

**Risposta**

Per trasferire un segnale di BF da una sorgente verso la base di un transistor o per trasferirlo dal suo collettore verso la base di un secondo transistor è necessario utilizzare un condensatore perché lascerà passare tutte le frequenze audio, ma non le tensioni continue presenti sulla base o sul collettore. Le frequenze audio vanno dai 20 ai 20.000 Hz. Per evitare che il condensatore attenui notevolmente il segnale di BF occorrerà scegliere un condensatore che presenti una bassa  $X_c$  per la frequenza più bassa che deve passare, cioè quella dei 20 Hz.

Con 0,1 microfarad si avrà una  $X_c$  di 63.000 ohm alla frequenza di 20 Hz e di 80 ohm alla frequenza di 20KHz.

Per cui le frequenze delle note basse subiranno una maggiore attenuazione rispetto alle frequenze note acute. Per evitare che le frequenze siano fortemente attenuate basterà scegliere un valore di capacità tale che per una frequenza di 20 Hz si abbia una  $X_c$  che risulti almeno 10 volte inferiore al valore della resistenza collegata tra la base e la massa del transistor. (Con una  $R_1$  di 10 K $\Omega$  si può scegliere una capacità di 10 microfarad)

3. Per trasferire segnali di alta frequenza (0,5 Mhz-1.000 Mhz) si usano condensatori di accoppiamento di piccola o elevata capacità ?

**Risposta**

Negli stadi amplificatori di alta frequenza, occorrono dei condensatori con delle piccole capacità. Ammesso di voler trasferire un segnale di 12 MHz sull'ingresso di un transistor amplificatore che abbia una  $R_1=47K\Omega$  si può usare una capacità di 100 pF ottenendo una  $X_c$  di 132,5  $\Omega$