



informazioni tecniche

Le presenti informazioni sono state pubblicate sul n. 9 del BOLLETTINO TECNICO D'INFORMAZIONE PHILIPS - Milano, P.za IV Novembre 3 - Ufficio D.E.P.

OC 170 TRANSISTOR AL GERMANIO PER ALTA FREQUENZA

Un importante contributo all'applicazione dei transistor nel campo delle alte frequenze è stato apportato dai nostri laboratori di ricerche. Essi sono riusciti a mettere a punto un metodo di fabbricazione, che consente di ottenere distanze ridottissime fra le giunzioni, presupposto indispensabile per la realizzazione di transistor adatti per l'impiego alle alte frequenze. Questa nuova tecnica si basa sull'applicazione simultanea dei due noti processi « per lega e per diffusione ». Il tipo OC 170, di cui già possiamo fornire campionature e la cui produzione in serie è già iniziata, rappresenta il primo esemplare fabbricato con questa nuova tecnica. Le caratteristiche più salienti dell'OC 170 sono rappresentate dalla **frequenza di taglio**, che è intorno ai 70 MHz e dalla **capacità del collettore** che ha un valore medio di 1,8 pF. Tali caratteristiche ne consentono l'impiego sia nello stadio convertitore-oscillatore per onde corte sia negli stadi di media frequenza dei ricevitori FM.

Possiamo sottolineare il fatto che il comportamento del transistor alle frequenze più elevate è tale da consentirne un ottimo impiego anche in circuiti a 6 V. Nelle pagine che seguono indichiamo i dati tecnici principali ed i circuiti di impiego tipici di questo transistor.

Possiamo già annunciare fin d'ora che un altro tipo di

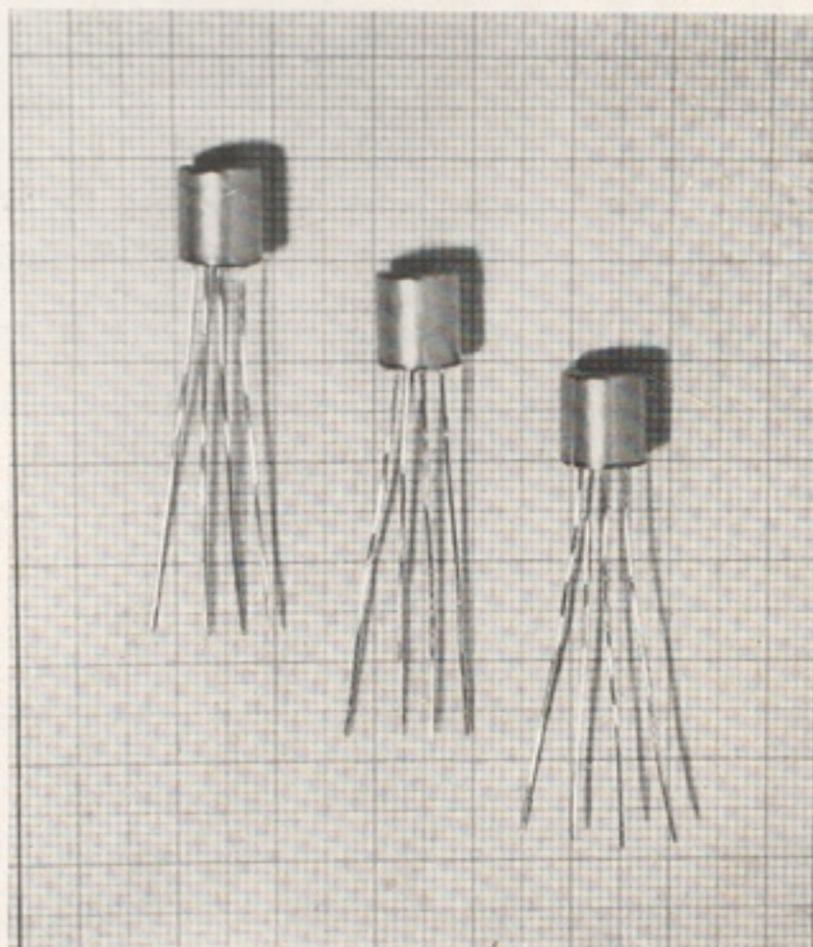


Fig. 1 - Fotografia di alcuni OC 170.

transistor, con una frequenza di taglio ancora più elevata, è in fase di avanzato sviluppo e seguirà tra breve l'OC 170.

È risaputo quanto notevoli siano le difficoltà tecniche che si incontrano nel fabbricare transistor a giunzione per lega quando si vuole oltrepassare la frequenza di taglio di 20 MHz; ciò è da ricercarsi nel fatto che è particolarmente difficile mediante il processo « per lega » rendere molto sottile lo strato della base con procedimenti che possano permettere la produzione in serie dei transistor. Il processo « per diffusione » ha un andamento lento e consente facilmente la realizzazione di strati molto sottili anche perchè può essere controllato molto accuratamente mediante opportuna scelta dei tempi e delle temperature di lavorazione.

In seguito al processo di diffusione si crea un gradiente di impurità nello strato che andrà a formare la base del transistor. Tale gradiente, provocando « l'effetto drift », servirà a migliorare la frequenza di taglio.

Inoltre il processo « per diffusione » offre la possibilità di ottenere una capacità di collettore molto piccola contemporaneamente ad una relativamente bassa resistenza di base.

Il problema infine di « legare » la giunzione dell'emettitore sopra questo sottilissimo strato ottenuto per diffusione viene risolto facendo avvenire il processo di lega contemporaneamente a quello di diffusione.

Costruzione dei transistor Philips « a lega e diffusione »

Come appare dallo schema qui sotto, la costruzione dell'OC 170 differisce completamente da quella dei transistor a lega. Il transistor viene costruito su di una particella di germanio del tipo P sulla quale vengono poste due sferette metalliche. La sferetta B contiene soltanto impurità del tipo N, mentre la sferetta E contiene impurità sia del tipo N che del tipo P.

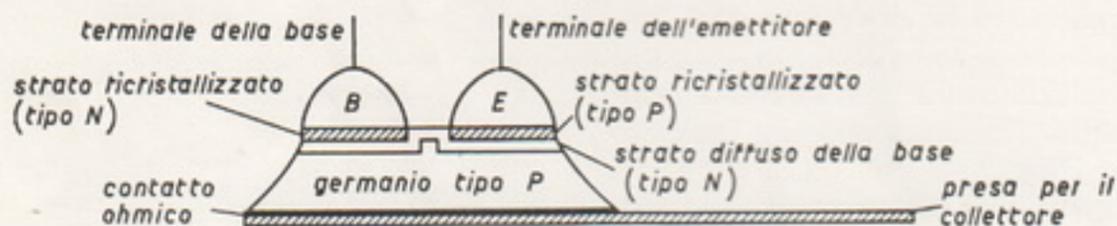


Fig. 2 - Disposizione schematica interna dell' OC 170.

Quando questo insieme viene portato ad una certa temperatura, il germanio comincerà a sciogliersi fino a formare una soluzione satura con le sferette fuse; mantenendo questa temperatura per un certo tempo si verifica il fenomeno di diffusione delle impurità contenute nelle sferette B ed E, ossia queste impurità penetrano nel germanio solido sottostante. Tuttavia l'elemento usato come impurità di tipo P nella sferetta E ha una costante di diffusione così bassa, in altre parole penetra così lentamente nel germanio solido, che la sua diffusione risulta trascurabile.

L'impurità di tipo N contenuta nelle sferette E e B ha una costante di diffusione molto più elevata. Que-

sti atomi dalle sferette fuse penetrano nel germanio solido e formano uno strato di tipo N al di sotto delle sferette stesse. Una diffusione parziale ha luogo inoltre anche per la presenza di gas nell'atmosfera del forno con il risultato che anche la superficie libera del cristallo di germanio viene ricoperta da un sottile strato del tipo N.

Dopo questa fase del processo avviene il raffreddamento dell'insieme che causa la precipitazione del germanio sotto forma di uno strato cristallizzato, come nel normale processo « a lega ».

Lo strato ricristallizzato della sferetta E contiene molti atomi di impurità del tipo P e quindi si può considerare come uno strato di germanio P. Lo strato ricristallizzato della sferetta B è naturalmente del tipo N in quanto non vi sono presenti altri tipi d'impurità; unitamente allo strato diffuso di tipo N, esso darà così luogo ad una giunzione non rettificatrice.

Dopo di che si provvede alla depurazione per attacco chimico ed al collegamento dei terminali. Si è così ottenuto un transistor del tipo P-N-P in cui la piastrina iniziale di germanio di tipo P costituisce il collettore e le sferette B ed E sono diventate rispettivamente la base e l'emettitore.

Alcune proprietà dei transistor a lega e diffusione

Elenchiamo brevemente alcune tra le più importanti caratteristiche dei transistor « a lega e diffusione »:

- Possibilità di ridurre lo spessore dello strato diffuso N della base all'ordine di pochi micron. Ciò significa che il tempo di transito delle « cavità » iniettate dall'emettitore verso il collettore può essere molto breve.
- Concentrazione delle impurità nella base non omogenea ma decrescente dall'emettitore verso il collettore con conseguente effetto « drift » che riduce ulteriormente il tempo di transito. Grazie allo stra-

to di base molto sottile e alla presenza di questo « effetto drift » la frequenza di taglio del transistor è molto elevata e, per il tipo OC 170, è 70 MHz.

- Basso valore della capacità collettore-base: 1,8 pF con $V_{CB} = -6$ V. Essa è formata principalmente dalla capacità dello strato di svuotamento « depletion layer » della giunzione base-collettore. Per un dato valore della tensione di collettore lo spessore di questo strato, e quindi la capacità, è funzione principalmente della resistività del germanio del collettore. Nel progetto di transistor a lega e a diffusione è possibile assegnare alla resistività specifica del germanio del collettore un valore elevato paragonato a

quello della resistività del collettore di un normale transistor a lega. Questo fatto, oltre alle dimensioni molto ridotte dei transistor a lega e a diffusione fa sì che la capacità del collettore risulti molto bassa.

● **Bassa resistenza di base.** Praticamente tutti i parametri di un transistor (trasconduttanza, fattore di reazione, ammettenza d'ingresso e di uscita ecc. . . .) dipendono in maggior o minor misura dalla resistenza di base la quale deve avere un valore molto basso. Siccome la concentrazione delle impurità nello strato della base di un transistor a lega ed a diffusione è alta in prossimità della giunzione dell'emettitore, ne consegue che, malgrado tale strato sia molto sottile, la resistenza di base è bassa. Esistono vari modi per definire e misurare la resistenza di base. La cosiddetta resistenza di base di reazione dell'OC 170, misurata alla frequenza di 3 MHz, è approssimativamente 40 Ω.

DATI TECNICI DELL'OC 170

Dati d'ingombro

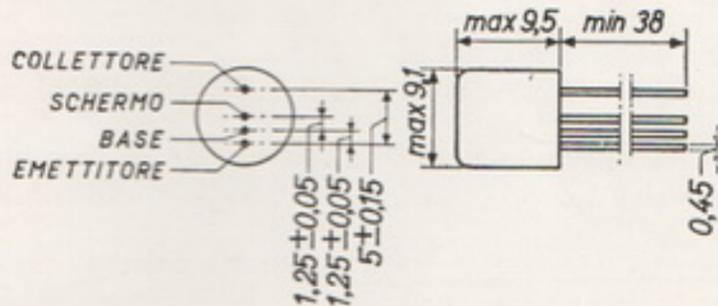


Fig. 3 - Dimensioni in mm dell'OC 170.

Dati termici

Aumento della temperatura alla giunzione, (transistor in aria libera da 0-55 °C) $K = \text{max. } 0,5 \text{ } ^\circ\text{C/mW}$

Valori massimi assoluti

Collettore

tensione riferita alla base	
continua	$-V_{CB} = \text{max. } 20 \text{ V}$
di cresta	$-V_{CBM} = \text{max. } 20 \text{ V}$
corrente	
continua	$-I_C = \text{max. } 10 \text{ mA}$
di cresta	$-I_{CM} = \text{max. } 10 \text{ mA}$
dissipazione alla $T_{amb} = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$	$PC = \text{max. } 60 \text{ mW}$

Emettitore

tensione riferita alla base	
continua	$-V_{EB} = \text{max. } 0,5 \text{ V}$
di cresta	$-V_{EBM} = \text{max. } 0,5 \text{ V}$
Corrente	
continua	$I_E = \text{max. } 10 \text{ mA}$
di cresta	$I_{EM} = \text{max. } 10 \text{ mA}$

Temperatura

alla giunzione $T_J = \text{max. } 75 \text{ } ^\circ\text{C}$

d'immagazzinamento $T_s = \begin{cases} \text{min. } -55 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \text{max. } +75 \text{ } ^\circ\text{C} \end{cases}$

Dati caratteristici alla temperatura ambiente di 25 °C

Circuito con base a massa

Corrente di collettore, misurata con $-V_{CB} = 6 \text{ V}; I_E = 0 \text{ V.}$ $-I_{CBO} = 2 \text{ } \mu\text{A}$

Tensione di rottura del collettore (tensione collettore/base con $-I_C = 50 \text{ } \mu\text{A}$; emettitore aperto) $-V_{CB} = \text{min. } 20 \text{ V}$

Tensione di rottura dell'emettitore (tensione emettitore/base con $-I_E = 50 \text{ } \mu\text{A}$; collettore aperto) $-V_{EB} = \text{min. } 0,5 \text{ V}$

Frequenza di taglio del coefficiente di amplificazione di corrente, misurata con $-V_{CB} = 6 \text{ V}; I_E = 1 \text{ mA}$
 $f_{ab} = \begin{matrix} \text{media } 70 \text{ MHz} \\ \text{min. } 40 \text{ MHz} \end{matrix}$

Circuito con emettitore a massa

con $-V_{CE} = 6 \text{ V.}; I_E = 1 \text{ mA}$

corrente di base $-I_B = 20 \text{ } \mu\text{A}$
 tensione di base $-V_{BE} = 0,3 \text{ V}$

Fattore di amplificazione di corrente, uscita in corto circuito, misurato con $-V_{CE} = 6 \text{ V.}; I_E = 1 \text{ mA}; f = 1 \text{ kHz}$ $h_{re} = 80$

Cifra di fruscio, misurata con

- a) $-V_{CE} = 6 \text{ V.}; I_E = 1 \text{ mA}; R_S = 500 \text{ } \Omega; f = 1000 \text{ Hz}$ $F = 25 \text{ dB}$
- b) $-V_{CE} = 6 \text{ V.}; I_E = 1 \text{ mA}; R_S = 200 \text{ } \Omega; f = 0,45 \text{ MHz}$ $F = 4 \text{ dB}$
- c) $-V_{CE} = 6 \text{ V.}; I_E = 1 \text{ mA}; R_S = 150 \text{ } \Omega; f = 10,7 \text{ MHz}$ $F = 5 \text{ dB}$

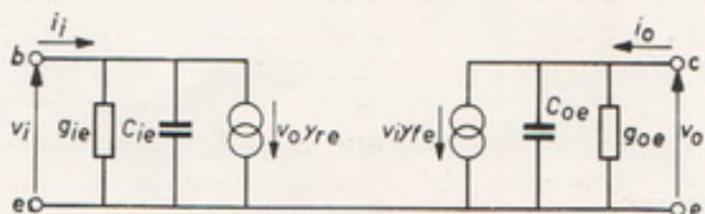


Fig. 4 - Circuito equivalente del transistor.

Parametri per segnali deboli del circuito equivalente di fig. 4

- a) Misurati con $-V_{CE} = 6 \text{ V.}; I_E = 1 \text{ mA}; f = 0,45 \text{ MHz}$

conduttanza d'ingresso	$g_{ie} = 0,5 \text{ mA/V}$
capacità d'ingresso	$C_{ie} = 90 \text{ pF}$
conduttanza di reazione	$-g_{re} = 0,1 \text{ } \mu\text{A/V}$
capacità di reazione	$-C_{re} = 1,8 \text{ pF}$
ammettenza di trasferimento (valore assoluto)	$ Y_{fe} = 36 \text{ mA/V}$
conduttanza d'uscita	$g_{oe} = 1 \text{ } \mu\text{A/V}$
capacità d'uscita	$C_{oe} = 5 \text{ pF}$
massimo guadagno in potenza alla $f = 0,45 \text{ MHz}$ con circuito neutralizzato	$G_a = 57 \text{ dB}^{(1)}$

b) Misurati con $-V_{CE} = 6 \text{ V.}$
 $I_E = 1 \text{ mA.}$ $f = 10,7 \text{ MHz}$

conduttanza d'ingresso	$g_{ie} = 3 \text{ mA/V}$
capacità d'ingresso	$C_{ie} = 65 \text{ pF}$
conduttanza di reazione	$-g_{re} = 20 \text{ } \mu\text{A/V}$
capacità di reazione	$-C_{re} = 1,6 \text{ pF}$
ammettenza di trasferimento (valore assoluto)	$ Y_{fe} = 30 \text{ mA/V}$
angolo di fase dell'ammettenza di trasferimento	$\phi_{fe} = -30^\circ$
conduttanza d'uscita	$g_{oe} = 60 \text{ } \mu\text{A/V}$
capacità d'uscita	$C_{oe} = 4,5 \text{ pF}$
massimo guadagno in potenza alla frequenza di $10,7 \text{ MHz}$ con circuito neutralizzato	$G_a = 31 \text{ dB}^{(1)}$

FUNZIONAMENTO TIPICO COME CONVERTITORE AUTOOSCILLANTE PER ONDE CORTE NELLA BANDA DA 6 MHz A 16 MHz (19 m - 50 m)

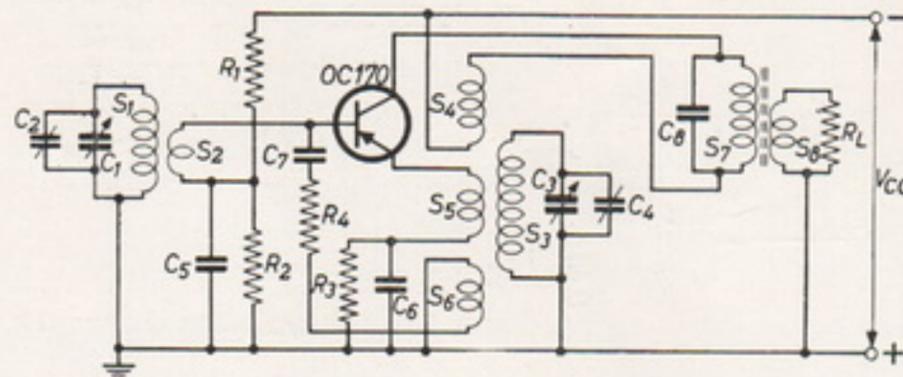


Fig. 5 - Schema elettrico del convertitore auto-oscillante.

Componenti

$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$	$C_1 = C_3 = 35 - 280 \text{ pF}$:	variabile
$R_2 = 1,8 \text{ k}\Omega$	$C_2 = C_4 = 2 - 8 \text{ pF}$:	trimmer
$R_3 = 1,2 \text{ k}\Omega$	$C_5 = C_6 = 2,2 \text{ kpF}$:	ceramico
$R_4 = 56 \text{ } \Omega$	$C_7 = 39 \text{ pF}$:	ceramico
$R_L = 1600 \text{ } \Omega$	$C_8 = 220 \text{ pF}$:	ceramico

Il terminale dello schermo dell'OC 170 è collegato a terra.

Tensione continua collettore/emettitore	$-V_{CE} = 7,8 \text{ V}$
corrente continua dell'emettitore	$I_E = 1 \text{ mA}$
Tensione dell'oscillatore (emettitore/massa)	
alla frequenza di 6 MHz	$V_{osc} = 0,13 \text{ V}$
alla frequenza di 16 MHz	$V_{osc} = 0,23 \text{ V}$
Guadagno di conversione ⁽²⁾	
alla frequenza di 6 MHz (appross.)	$G_c = 25 \text{ dB}$
alla frequenza di 16 MHz (appross.)	$G_c = 20 \text{ dB}$

Bobine di antenna (costruzione vedi fig. 6).

$S_1 = 23$ spire, C_{ii} smaltato $0,8 \phi$ avvolto su supporto con diametro $\phi = 10 \text{ mm}$.
 Induttanza $2,5 \text{ } \mu\text{H}$.

Q (senza carico): 110.

$S_2 = 3$ spire C_{ii} smaltato $0,25 \phi$, avvolto sopra S_1 .

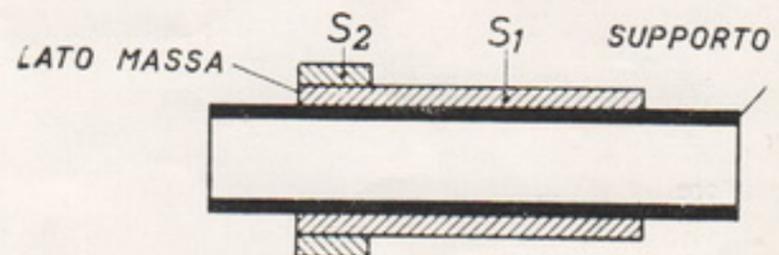


Fig. 6 - Bobina di antenna.

Bobina dell'oscillatore (costruzione vedi fig. 7).

$S_3 = 21$ spire C_{ii} smaltato $0,8 \phi$, avvolto su supporto con diametro $\phi = 10 \text{ mm}$.

Induttanza: $2,15 \text{ } \mu\text{H}$.

Q (senza carico): 100 alla frequenza di 6 MHz
 100 alla frequenza di 15 MHz .

(1) Il guadagno in potenza massimo viene definito da

$$G_a = \frac{|Y_{fe}|^2}{4 g_{ie} g_{oe}}$$

(2) Il guadagno di conversione viene definito dal rapporto tra la potenza fornita ad una resistenza di carico di $1,6 \text{ k}\Omega$ collegata ai terminali d'uscita del filtro di m.f. e la potenza disponibile ai capi del circuito d'antenna.

- $S_1 = 6$ spire C_{11} smaltato $0,25 \phi$, avvolto su S_3 , lato massa.
 $S_5 = 2$ spire C_{11} smaltato $0,25 \phi$, avvolto su S_3 , lato massa.
 $S_{11} = 6$ spire, C_{11} smaltato $0,25 \phi$.

Trasformatore di m.f.

- $S_7 = 0,55$ mH.
 Q (senza carico) = 160.
 Rapporto di trasformazione $S_7/S_8 = 11,6/1$.

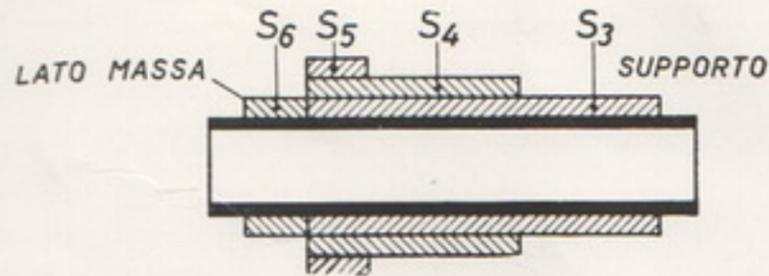


Fig. 7 - Bobina dell'oscillatore.

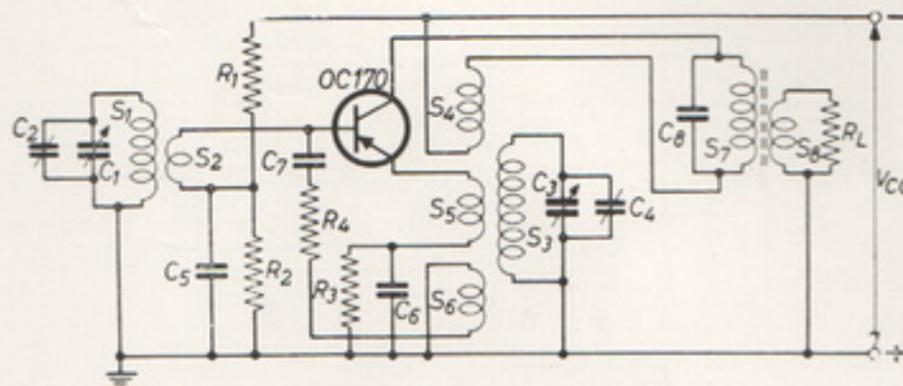
FUNZIONAMENTO TIPICO COME CONVERTITORE AUTOOSCILLANTE NELLA BANDA DA 15 MHz A 25 MHz (12 - 20 m)


Fig. 8 - Schema elettrico del convertitore auto-oscillante.

Componenti

$R_1 = 10$ k Ω	$C_1 = C_3 = 55 - 180$ pF:	variabile
$R_2 = 1,8$ k Ω	$C_2 = C_4 = 3 - 25$ pF:	trimmer
$R_3 = 1,2$ k Ω	$C_5 = 2,2$ kpF	: ceramico
$R_4 = 47$ Ω	$C_6 = C_8 = 220$ pF	: ceramico
$R_L = 1600$ Ω	$C_7 = 47$ pF	: ceramico

Lo schermo dell'OC 170 è collegato a massa.

Tensione continua collettore/emettitore	$-V_{CE} = 7,8$ V
corrente continua dell'emettitore	$I_E = 1$ mA
Tensione dell'oscillatore (emettitore/massa) alla frequenza di 15 MHz (appross.)	$V_{osc} = 0,3$ V
alla frequenza di 25 MHz (appross.)	$V_{osc} = 0,2$ V
Guadagno di conversione ⁽¹⁾ alla frequenza di 15 MHz	$G_c = 10$ dB
alla frequenza di 25 MHz	$G_c = 8$ dB

Bobine di antenna (costruzione vedi fig. 6).

- $S_1 = 8$ spire C_{11} smaltato $0,8 \phi$, avvolto su supporto con diametro $\phi = 10$ mm.
 Induttanza: $0,64 \mu$ H.
 Q (senza carico): 105 alla frequenza di 15 MHz
 125 alla frequenza di 25 MHz.
 $S_2 = 1$ spira C_{11} smaltato $0,25 \phi$, avvolto su S_1 .

Bobine dell'oscillatore (costruzione vedi fig. 7).

- $S_3 = 7,5$ spire C_{11} smaltato $0,8 \phi$, avvolto su di un supporto con diametro $\phi = 10$ mm.
 Induttanza: $0,58 \mu$ H.
 $S_4 = 4$ spire C_{11} smaltato $0,25 \phi$.
 $S_5 = 1$ spira C_{11} smaltato $0,25 \phi$.
 $S_{11} = 2$ spire C_{11} smaltato $0,25 \phi$.

Trasformatore di m.f.

- $S_7 = 0,55$ mH.
 Q (senza carico): 160.
 Rapporto di trasformazione $S_7/S_8 = 11,6/1$.

DATI CARATTERISTICI COME AMPLIFICATORE DI M.F. ALLA FREQUENZA DI 10,7 MHz

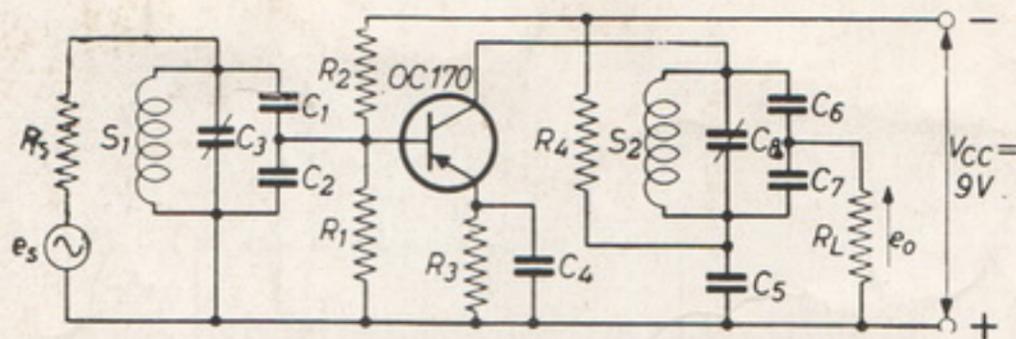


Fig. 9 - Schema elettrico di uno stadio di un amplificatore di m.f. composto di altri 4 stadi identici funzionanti alla frequenza di 10,7 MHz.

Componenti

$R_1 = 5,6 \text{ k}\Omega$	$C_1 = C_6 = 82 \text{ pF}$	$S_1 = S_2 = 2,47 \mu\text{H}$
$R_2 = 22 \text{ k}\Omega$	$C_2 = C_7 = 470 \text{ pF}$	$Q \text{ (senza carico)} = 100$
$R_3 = 1,5 \text{ k}\Omega$	$C_3 = C_8 = 25 \text{ pF}$	$Q \text{ (con carico)} = 35$
$R_4 = 1,5 \text{ k}\Omega$	$C_4 = 2,2 \text{ kpF}$	
$R_5 = 5,6 \text{ k}\Omega$	$C_5 = 2,2 \text{ kpF}$	
$R_L = 100 \Omega$		

Lo schermo dell' OC 170 è collegato a massa.

La figura 9 dà lo schema elettrico di uno stadio di amplificatore di m.f. composto di altri 4 stadi identici, funzionanti alla frequenza di 10,7 MHz.

Il carico dello stadio è 100 Ω (nell'amplificatore completo è dato dal valore della resistenza d'ingresso dello stadio successivo); la resistenza della sorgente è 5,6 k Ω (valore della resistenza di uscita dello stadio precedente).

Guadagno in potenza

Rapporto tra la potenza fornita alla resistenza di carico di 100 Ω e quella fornita ai terminali d'ingresso del transistor.

$$G = 22 \text{ dB} \text{ } ^{3)}$$

(3) Il guadagno, misurato nel circuito di fig. 9 e definito come

$$\frac{e_o^2 / R_L}{e_s^2 / R_s} \text{ , è } 18,2 \text{ dB.}$$

In esso però sono incluse le perdite dei due circuiti accordati (3,8 dB ciascuno).

PHILIPS

reparto elettronica