

Volfango Furgani

PRODOTTO BANDA-GUADAGNO

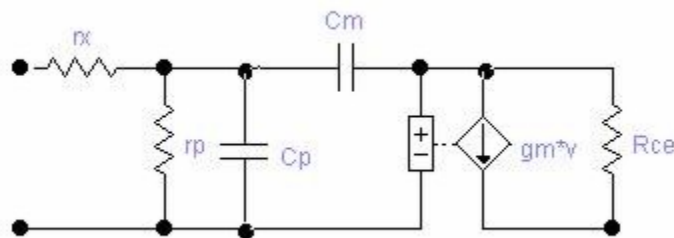
8 June 2003

Domanda:

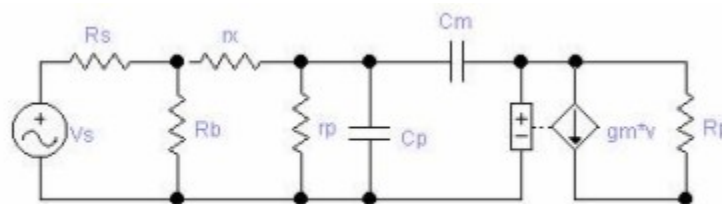
Salve sono uno studente di Ingegneria Informatica. Vi scrivo perchè io ed altri miei amici abbiamo bisogno di un aiuto. Il prof., se così si può chiamare, di elettronica in un esame ci ha dato come esercizio di dimostrare che il prodotto banda-guadagno in un BJT ad emettitore comune sia costante utilizzando Miller. Non avendo trovato riscontro vi chiediamo gentilmente di aiutarci. Grazie e ciao!

Risponde Volfango Furgani

La dimostrazione richiesta si può sviluppare calcolando il guadagno e la frequenza di taglio superiore effettuati con il circuito equivalente del bjt secondo Giacoletto che riporto con simboli non consueti, ma per me disponibili. Ricordo che l'utilità del circuito menzionato sta nell'indipendenza dei suoi parametri dalla frequenza.



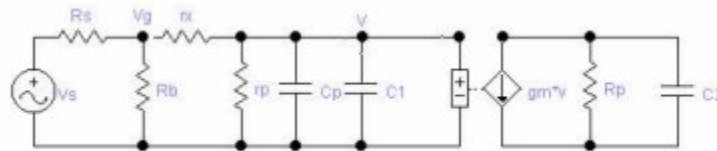
Nel testo che segue i simboli m e p usati per capacità e resistenze sono sostituiti da quelli usuali μ e π . Il circuito equivalente dinamico dell'emettitore comune si completa con il generatore di segnali V_s , la resistenza di polarizzazione R_b ed il parallelo R_p fra il carico dell'amplificatore e la resistenza di uscita del r_{ce} del bjt.



Il calcolo del guadagno A_v si effettua a capacità C_μ e C_π aperte. La tensione di uscita ai capi di R_p vale, a parte il segno, $v_2 = g_m v R_p$, dove v è la tensione ai capi di r_π . V_2 è inferiore a V_s per le cadute su R_s ed r_x . L'influenza di quest'ultima, che vale di solito poche decine di Ω , spesso si trascura. Indicando con R_g il parallelo fra R_b con la serie di r_π ed r_x si ottiene la tensione V_g ai capi di R_g come $V_g = V_s [R_g / (R_s + R_g)]$ ed infine la tensione v come $V_g [r_\pi / (r_\pi + r_x)]$.

Ricapitolando $v_2 = -g_m v R_p = -g_m R_p V_g [r_\pi / (r_\pi + r_x)] = -g_m R_p [r_\pi / (r_\pi + r_x)] V_s [R_g / (R_s + R_g)]$. Il guadagno $A_v = v_2 / v_s$ vale quindi $-g_m R_p [r_\pi / (r_\pi + r_x)] [R_g / (R_s + R_g)]$. Ricordo che i partitori fra parentesi quadre tengono conto delle cadute su R_s ed r_x .

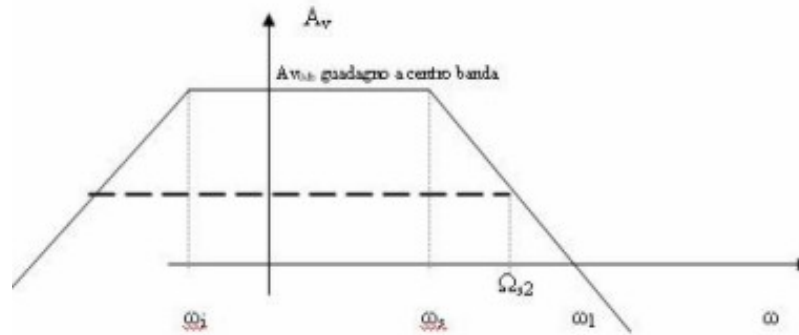
La frequenza di taglio ha da essere calcolata, secondo i dettami del vostro prof, con il teorema di Miller applicato alla capacità C_μ che accoppia il circuito di ingresso con quello di uscita e costituisce un elemento di reazione negativa.



Questo teorema ci insegna che l'elemento di reazione, in questo caso C_μ , viene spezzato in due impedenze poste in parallelo all'ingresso ed all'uscita. Tali elementi si calcolano conoscendo il rapporto fra le due tensioni in ingresso ed in uscita di C_μ cioè v e v_2 . Questo rapporto vale semplicemente $v_2 / v = -g_m R_p$. Le capacità che così si ottengono sono $C_1 = C_\mu (1 + g_m R_p)$ e $C_2 = C_\mu (1 + 1 / g_m R_p)$ che non differisce, dato l'elevato valore di $g_m R_p$, di molto da C_μ . La semplificazione che di solito si fa è quella di trascurare C_2 perché molte decine di volte più piccola di $C_{eq} = C_1 + C_\pi$.

La frequenza di taglio è l'inverso della costante di tempo ricavata come prodotto di C_{eq} per la resistenza R_{eq} vista da tale capacità con i generatori di tensione indipendenti in corto. R_{eq} risulta calcolabile dal circuito d'ingresso come $R_{eq} = r_\pi // (r_x + R_b // R_s)$. La frequenza di taglio cercata vale $\omega_s = 1 / (R_{eq} * C_{eq})$. Il prodotto guadagno larghezza di banda vale quindi, a parte il segno, $g_m R_p / C_{eq} R_{eq}$. Analizzando la formula vediamo che, scelto il bjt ed il punto di riposo, cioè per un certo transistor e per una certa corrente I_c , il prodotto è costante e risulta un importante parametro per l'amplificatore fissati sia R_s che R_p .

Una prova diversa si può dare per via geometrica dal diagramma di Bode del modulo del guadagno in funzione della frequenza che riporto in figura. Da notare che l'approssimazione suggerita da Miller comporta che il guadagno alle alte frequenze è dotato di un solo polo (dominante). Ne



Trascuriamo il valore della frequenza di taglio inferiore rispetto alla larghezza di banda come è sempre lecito fare. Ricordo che le scale sono logaritmiche e supponiamo l'unità di misura per le ascisse e le ordinate (lunghezza di una decade) sia la stessa. In tal modo la pendenza dell'asintoto obliquo è di 45° ed il triangolo a destra nella figura è isoscele. Con queste premesse posso scrivere: $\log(\omega_1) = \log(\omega_s) + A_{v0db}$. Passando dai logaritmi ai numeri $\omega_1 = \omega_s * A_v$. In soldini, la botte dà il vino che ha misurato da ω_1 . Se voglio allargare la banda fino ad Ω_{s2} debbo, in modo inversamente proporzionale, abbassare il guadagno fino alla linea tratteggiata in grassetto. Se questi limiti non mi bastano debbo scegliere un bjt con prodotto guadagno larghezza di banda maggiore che costerà di più. Spero che queste argomentazioni convincano il vostro prof, altrimenti non pensatemi troppo. Auguri.