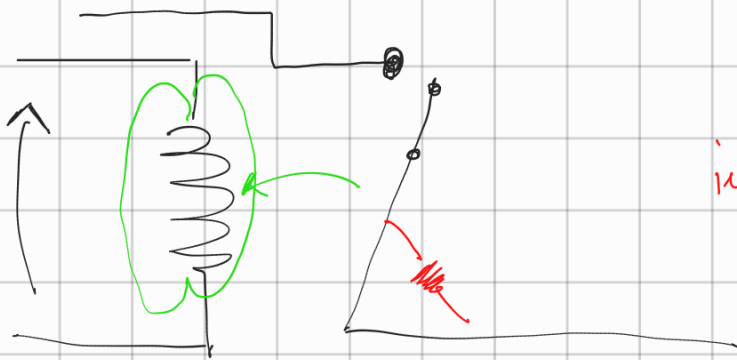


Relè, circuito magnetico



interazione di tipo magnetico

Per fare un interruttore elettronico, mos o BJT

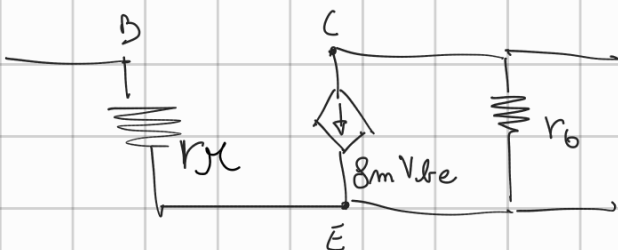
Per indurre un campo magnetico, deve essere grossi
Relè a tirò qualche ampere, mentre con mos e
BJT, milliampere

Lezione

15

farò relè BJT con
e controllo con
cambia il modello
a piccoli segnali.

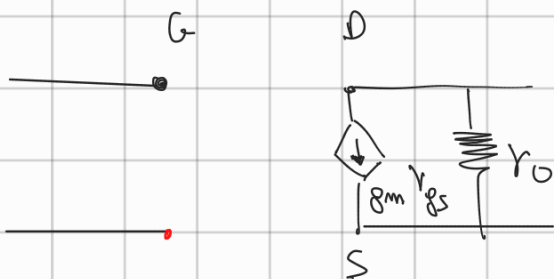
Modello piccoli segnali BJT



Modello di uso per amplificatore
piccoli segnali

di un segnale è importante • Ampiezza: 1) vincoli di linearizzazione
sul punto di lavoro

Modello MOS picc. seguel.

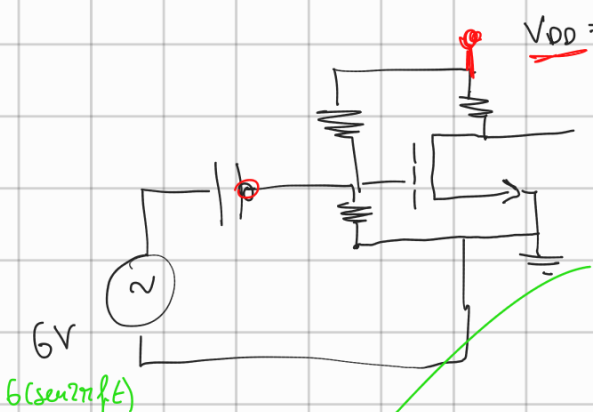


L) trasig non pu' essere
piu' grande d'un certo
valore

2) Se dimento il seguente circuitino, vincolo ulteriore

2° vincolo sull'uscita. Vincolo sulla DINAMICA IN USCITA!

$$g_m = 10$$



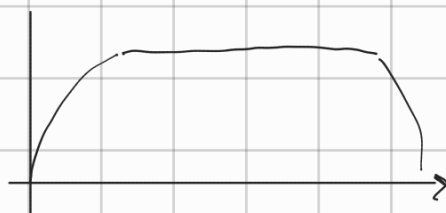
$V_{DD} = 10$, STO SATURANDO LO STADIO, $V_{DD} = 10$,
non posso avere $V_{OUT} > V_{DD}$

$$g_m = 10$$

$$V_{OUT} \approx -60 \text{ (la 2πft)} V$$

Sull'oscilloscopio vedo

Se voglio guadagnare 10
ho perso un vincolo
sull'ingresso



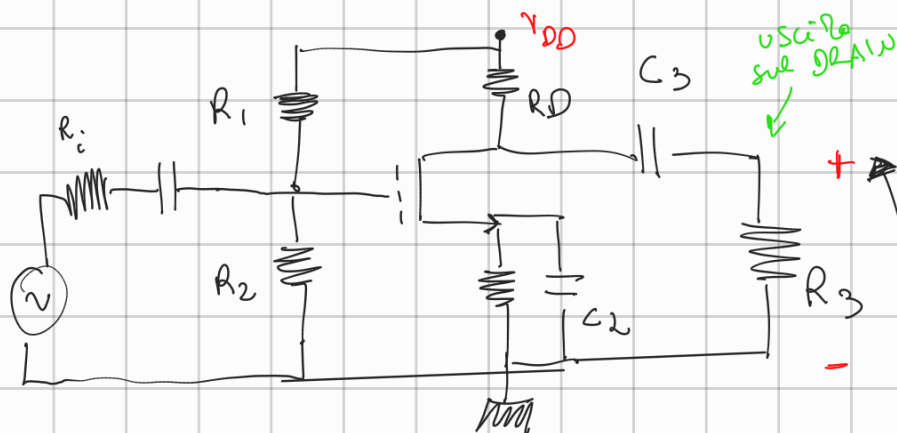
compresso in continua
è legato a quella in
alternata, impone vincoli.

• uno dei vincoli anche in frequenza

VINCOLI IN FREQUENZA

(diff MOS, BJT, impedire
in piccoli segnali, g_m no,
g_m in BJT)

⇒ MOS, config. COMMON SOURCE

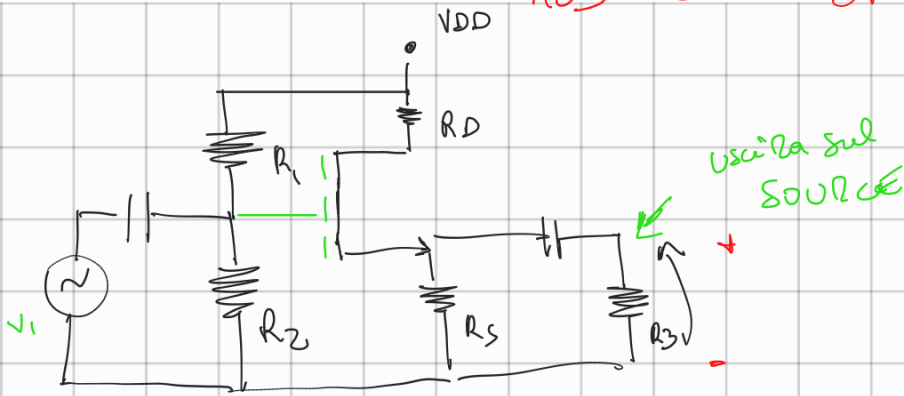


• SOURCE a Common
Per meglio ingranare
e uscita

la config. tra MOS e BJT è la stessa se cambio i dispositivi,
invece di source come, anche emettitore comune

MOS CONFIG DRAIN

uscita presa sul drain, non su source



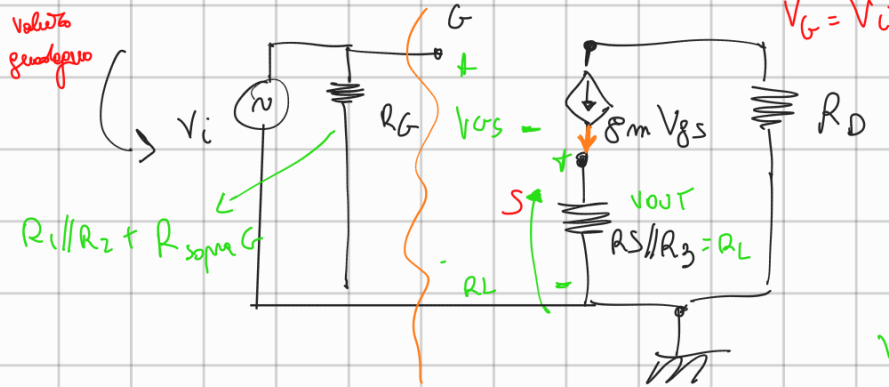
GUADAGNO

$$V_{OUT} = g_m V_{GS} \cdot R_L$$

$$V_S = + g_m V_{GS} \cdot R_L = V_{OUT}$$

$$V_{GS} = V_i - g_m V_{GS} R_L$$

$$V_G - V_S$$



$$V_{GS} = \frac{V_i}{1 + g_m R_L}$$

$$\Rightarrow V_{OUT} = g_m V_{GS} R_L = \frac{g_m R_L}{1 + g_m R_L} V_i$$

Cambiando il mio po di prelievo cambia il prelievo

Guadagno = $\frac{V_{OUT}}{V_i} = \frac{+ g_m R_L}{1 + g_m R_L} \approx 1$, è un inseguimento di Tensione



è un buffer, mi dà la tensione sposta di 180°, NO, FORCO 0°, non è sposta, QUOCANE

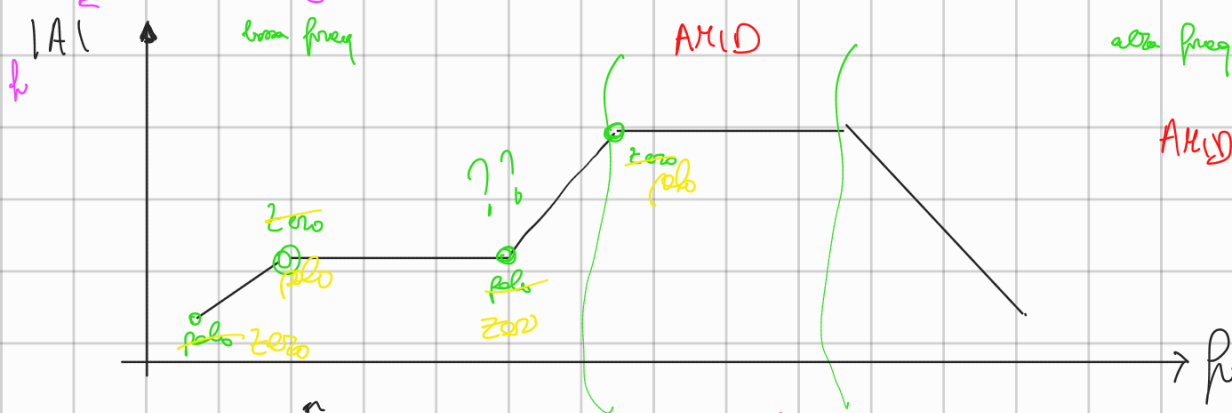
Cambiando prelievo uscita, cambia significato dell'oggetto

comportamento in frequenza dei miei circuiti / Amp

Se cambio frequenza segnale, es. laboratorio f = 10 kHz, ma dovremo dimensionare Ct per vedere qualcosa in uscita.

Comportamento in Frequenza

modulo guadagno in freq. del mio Amplificatore



$AMID = \text{prodotto di Centro Banda}$

freq. taglio inferiore
freq. di taglio, dove perdo -3dB rispetto al max del modulo in media freq.

Approssimo poli

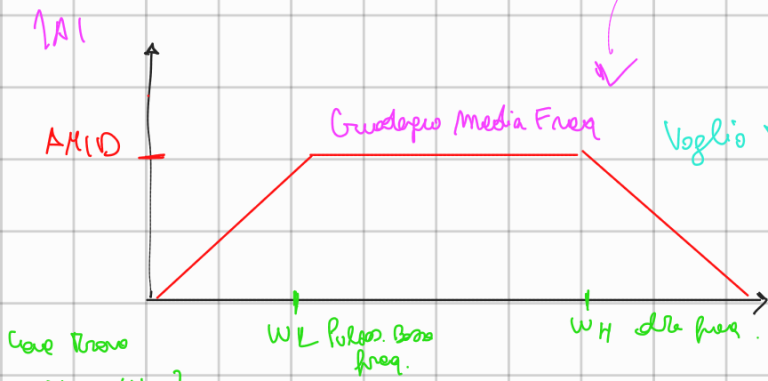
freq. taglio superiore

• poli e zeri attaccati, diventano cancelli. Spero siano lontani tra loro
o un po' guasto di Centro Banda

Approssimas. a poli dominanti

prodotto centro freq.

Voglio trovare $|A|$ media freq, ω_L e ω_H



Come trovare ω_L e ω_H ?

Mi scrivo il mio sistema

$$A_o(s) = \frac{N(s)}{D(s)} = A_{mid} F_L(s) \cdot F_H(s)$$

Prodotto di Centro Banda

Prodotto di 2 filtri

appross. poli

Forme dei filtri

$L = \text{Bassa freq.}$

$s = j\omega$

$$F_L(s) = \frac{(s + \omega_{z_1}^L)(s + \omega_{z_2}^L) \dots (s + \omega_{z_m}^L)}{(s + \omega_{p_1}^L)(s + \omega_{p_2}^L) \dots (s + \omega_{p_n}^L)}$$

→ trascurabile quando ω è in alta freq

$$F_H(s) = \frac{\left(1 + \frac{s}{\omega_{z_1}^H}\right) \left(1 + \frac{s}{\omega_{z_2}^H}\right) \dots \left(1 + \frac{s}{\omega_{z_m}^H}\right)}{1 + \left(\frac{s}{\omega_{p_1}^H}\right) \left(1 + \frac{s}{\omega_{p_2}^H}\right) \dots \left(1 + \frac{s}{\omega_{p_n}^H}\right)}$$

→ trascurabile quando ω è in bassa freq

$H = \text{alta freq.}$

Voglio che in $s = j\omega$ se sono in regime sinus.

$$F_H(\omega) = 1$$

$\omega \rightarrow 0$

bassa freq

$$F_L(\omega) = 1$$

$\omega \rightarrow \infty$

$$A_H = A_{HID} F_H(s)$$

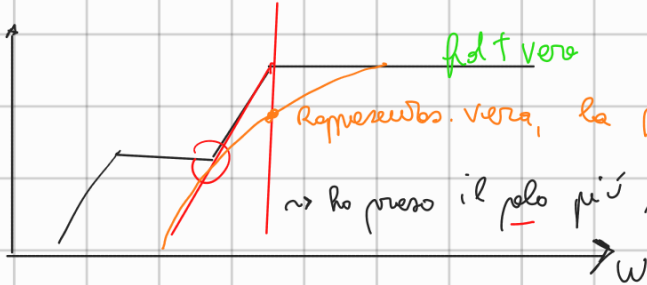
guadagno ad alta freq

$$A_L(s) = A_{HID} F_L(s)$$

guadagno in bassa freq

risposta più semplice

Se ho poli o zeri dominanti; si semplifica la Fdt, l' mi interessa ω più lontana dallo zero. **Faccio rimanere solo Poli dominanti**



-3dB
Rappres. vera, la potenza si dimezza, la Tensione diventa $\frac{1}{\sqrt{2}}$
 $\rightarrow$ ho preso il polo più lontano dallo zero

approssimo Fdt cancellando tutti poli e zeri Brutto quelli dominanti

Con questa approssimazione.

$$F_L(s) = \frac{s}{s + \omega_{p2}}$$

Se non conosco polo dominante, lo approssimo

$$\text{Considero Sys} \Rightarrow \frac{(s + \omega_{z1}^L)(s + \omega_{z2}^L)}{(s + \omega_{p1}^L)(s + \omega_{p2}^L)}$$

con 2 poli e 2 zeri a bassa freq

guadagno unitario vero in 2 out

sarà così, ma voglio approssimare

sto cercando

$$\omega_L \approx \omega_{p2}$$

↑
polo dominante in bassa freq

trovo ω_L

trovo prima del polo, la lascia crescere

$$A_L(s) = A_{HID} \cdot F_L(s) \quad s = j\omega$$

sto cercando $\omega_L \approx \omega_{p2}$ polo dominante in bassa freq

sostit. s con $j\omega$ ecc.

$$|A_L(\omega_{p2})| = \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{\frac{(\omega_L^2 + \omega_{z1}^2)(\omega_L^2 + \omega_{z2}^2)}{(\omega_L^2 + \omega_{p1}^2)(\omega_L^2 + \omega_{p2}^2)}}$$

$s = j\omega$ "1/2" "1/2"

avrei un abbassamento di -3dB al modulo reale

POTENZA SI DIMEZZA

la tensione diventa $\frac{1}{\sqrt{2}}$

$$\omega_L > \omega_{z1}^L / \omega_{p1}^L$$

faccio i doppi prodotti polo dominante, freq di taglio

$\omega_L^4 \dots$ RACCOLGO ω_L^4

$$\Rightarrow \frac{1}{2} = 1 + \frac{(\omega_{z1}^2 + \omega_{z2}^2)}{\omega_L^2} + \frac{\omega_{z1}^2 \omega_{z2}^2}{\omega_L^4}$$

modulo in evidenza $\omega_L^4 \rightarrow \omega_L^2$

ω_L spostato a dx

Facciamo MCM

$$1 + \frac{(\omega_{p1}^2 + \omega_{p2}^2)}{\omega_L^2} + \frac{\omega_{p1}^2 \omega_{p2}^2}{\omega_L^4}$$

$$\omega_L^4 + \omega_L^2 \omega_{z2}^2 + \omega_{z1}^2 \omega_{z2}^2 + \omega_{z1}^2 \omega_{z2}^2$$

$$\frac{\omega_L^2 + \omega_{z1}^2 + \omega_{z2}^2}{\omega_L^2 + \omega_{p1}^2 + \omega_{p2}^2} = \frac{1}{b} \Rightarrow \omega_L^2 + \omega_{p1}^2 + \omega_{p2}^2 = \frac{\omega_L^2 + \omega_{z1}^2 + \omega_{z2}^2}{b}$$

$$-\omega_L^2 = \sqrt{2\omega_{z1}^2 + \omega_{z2}^2 - \omega_{p1}^2 - \omega_{p2}^2}$$

$$\omega_L \cong \sqrt{\omega_{p1}^2 + \omega_{p2}^2 - 2\omega_{z1}^2 - 2\omega_{z2}^2}$$

e rifaccio con come
multiplo P

ripeto di solito

suppono che ω_L fosse nello
spazio a DX, nella
sua direzione alla stessa ω

, supponendo che $\omega_L \gg \omega_i$

Sia l'input a tutto le altre
 ω a BASSA FREQ

$$\Rightarrow \omega_L \cong \sqrt{\sum \omega_{p_i}^2 - 2 \sum \omega_{z_i}^2}$$

Stesso ragionamento
con ω_H

$$\Rightarrow \omega_H \cong \frac{1}{\sqrt{\sum \frac{1}{\omega_{p_i}^2} - 2 \sum \frac{1}{\omega_{z_i}^2}}}$$

ω_L

Somma tutti poli - 2

Somma seri al quadrato su
tutte le freq. L

Sono ω_L in bassa freq

$\rightarrow \omega_H$ in alta freq. i 2 termini
in bassa e alta freq. sono

$\Rightarrow$ per verificare che sia vero.

• Calcolo funzione di Trasferimento
es. ora siamo in bassa freq. es. Ho 3 capacità $\Rightarrow$
ho 3 seri e 3 poli, facile vedere dove sono gli seri,
aumenta modulo di 20dB/dec

La Fdt lega uscita e ingresso. Dato un qualunque ingresso, l'ing. alla uscita è
in C, $\omega = 0$, $\frac{1}{\omega C}$, c'è un C, la uscita
e ingresso, dato un qualsiasi ingresso.
uno zero sarà legato al primo C.

$$\forall V_{in}, V_{out} = 0$$

$\omega = 0$ è uno zero.

Se ω è uno zero, la mia Fdt = zero

altri zero quando modulo costante di tempo non fa scendere corrente
in V_{out} (!)

Zero, uscita fa zero.

Zero in $\frac{1}{R_1 C_2}$

2 seri in zero, uno

ho già in questo Fdt, le

$$\omega_{z1} = 0, \omega_{z2} = 0, \omega_{z3} = \frac{1}{R_2 C_2}$$

$\leftarrow$ quando non scende
corrente

per Fdt

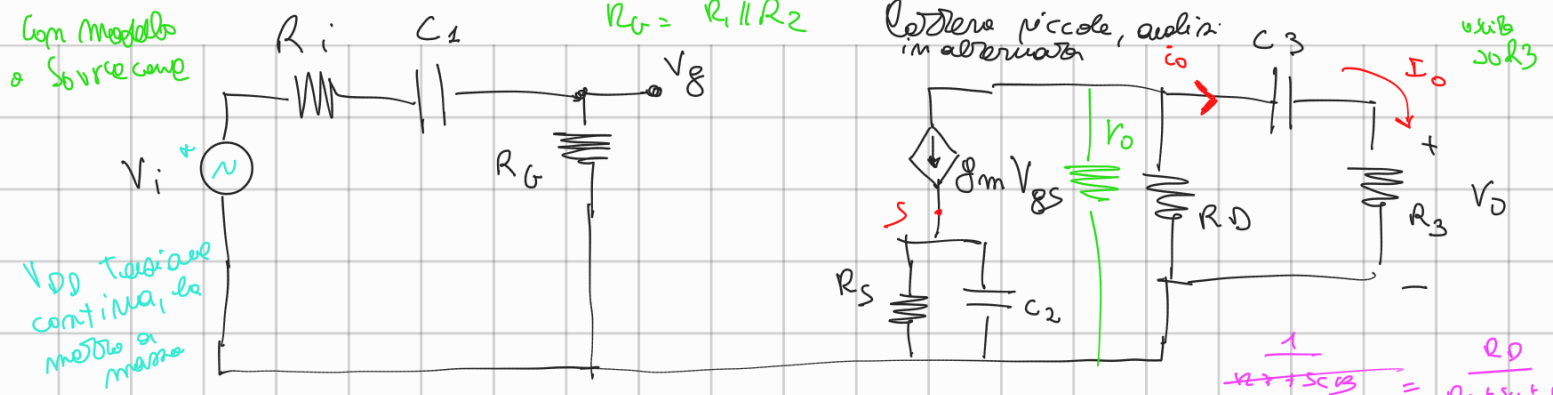
Modello circuitale a bassa freq

quali in alta

ANALISI CIRCUITO

BASSA FREQ, METTO MODELLO

$$r_o = \frac{1}{\lambda I_{os}}, \text{ vol. Testino}$$



Per i poli devo fare la fdt

V_o = se ho carico in parallelo, tendenzialmente sparisce, $100k\Omega$, carico

100 Ω ...
connette parallelizza, lavoro

$$I_o(s) = -g_m V_{gs} \cdot \frac{R_o}{R_o + R_3 + \frac{1}{sC_3}} \Rightarrow$$



$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

$$= I_o \cdot R_3$$

$$\Rightarrow V_o = -g_m V_{gs} (R_3 \parallel R_o) \frac{s}{s + \frac{1}{C_3(R_3 + R_o)}}$$

ho messo in evidenza $\frac{R_o R_3}{R_o + R_3}$

se sostituisco V_i ho la FDT

filippini in ingresso con la capacità, meno per evitare di leggere un segnale quando polarizzato

$$W_L \approx \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i C_i}$$

$$W_H \approx \frac{1}{\sum_{i=1}^n R_i C_i}$$

METODO RAPIDO delle COSTANTI DI TEMPO per i poli
Sp. loc.

$$V_{gs} = \frac{V_i \cdot R_G}{R_G + R_s + \frac{1}{sC_1}}$$

$$\text{dove } F_{dt} = \frac{s \cdot R_G}{s + \frac{1}{C_1(R_G + R_s)}}$$

zero in zero dovuto a C_1

anche quella ha un zero in zero

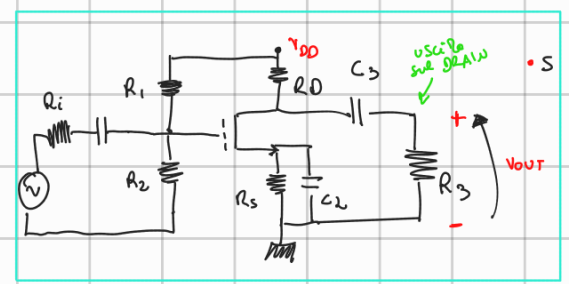
$$g_m(V_g - V_s) - G_s V_s - sC_2 V_s = 0$$

$$g_m V_{gs} = g_m (V_g - V_s) \Rightarrow (g_m V_g - g_m V_s) - (G_s \cdot V_s) - (sC_2 V_s) = 0$$

$$\Rightarrow V_{gs} = \frac{(G_s + sC_2) V_s}{g_m}$$

$$g_m \cdot V_g - g_m V_s = G_s V_s + sC_2 \cdot V_s$$

$$V_s = \frac{g_m V_g}{g_m + G_s + sC_2}$$



ora \$V_g\$ e \$V_s\$

$$V_{gs} = V_g \left(\frac{1 - \frac{g_m}{g_m + C_s + S C_2}}{1} \right) \Leftarrow \left\{ V_g - \frac{g_m V_g}{g_m + C_s + S C_2} \right.$$

\$V_g\$ la ho

$$V_s = \frac{g_m V_{gs}}{C_s + S C_2} \Rightarrow V_{gs} = \frac{V_s (C_s + S C_2)}{g_m}$$

$$V_o = \frac{-g_m (R_3 \parallel R_D) S}{S + \frac{1}{C_3 (R_3 + R_D)}} \cdot \underbrace{\left[1 - \frac{g_m}{g_m + C_s + S C_2} \right]}_{V_{gs}} \cdot \frac{R_G}{C_G + R_i + \frac{1}{S C_1}} \cdot V_i$$

per ritrovare la forma...

facciamo min comune multiplo ecc.
Sia il nostro bra...

Ho 2 seri, in sero, un sero che

\$V_o = \$

$$-g_m R_3 \parallel R_D \cdot S^2 \left(S + \frac{1}{R_3 C_2} \right) \cdot \frac{R_G}{R_G + R_i} \cdot \frac{1}{\left(S + \frac{1}{C_3 (R_D + R_3)} \right)}$$

altro polo

FDT

devo fare la FDT per trovare i
poli, devo che
non trova \$w_L\$

• Proviamo \$w_L\$ per avere idee sui poli

Qui

$$w_{p1} = \frac{1}{C_1 (R_i + R_G)}$$

$$w_{p2} = \frac{1}{C_2 \left(\frac{1}{g_m} \parallel R_s \right)}$$

$$w_{p3} = \frac{1}{C_3 (R_D + R_3)}$$

per fare poli, o trova fdt
o Metodo costante tempo

METODO delle Costanti di tempo

• Applico metodo delle costanti di tempo per trovare \$\tau\$

• Apro (c.a) la capacità di cui mi interessa
la costante di tempo, e combacchio
le altre capacità. sostituendo al C. un gu \$V_x\$ e trovo \$i_x\$
\$R_x = \frac{V_x}{i_x}\$

$$\Rightarrow \frac{1}{C_1(R_1)} = \omega_{p1}$$

Buono $\Sigma \frac{1}{R_{ic}}$
 resistenza di
 vedo da C_1 quando
 qvo da C_1 e c.c.
 le altre capacita
 e generatori tenlo

$$R_1 = R_E + R_G \parallel R_{ic}$$

resistenza
 di ingresso
 vista dal
 gate, $r = \beta$ molto
 non per conto al gate

$$\Rightarrow R_1 = R_1 + R_G$$

$\Rightarrow$

$$\omega_{p1} = \frac{1}{C_1(R_1 + R_G)}$$

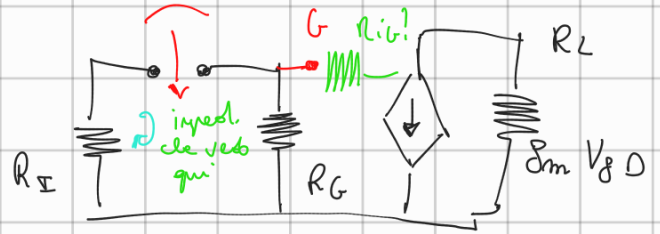
buono
 approssimazione

es: per ω_{p3} ...

ω_L , buona approssim. del polo dominante

Resistenza che vedo da C_1 con buona
 le altre

$$R_{ic} \quad C_1 \quad \parallel_{Hio} V_x = i_x(R_E + R_G)$$



da C_1 quale resistenza vedo?

R_E resistenza ingresso del generatore
 c.c. le capacita influenzano, o

c.c. i generatori indip. di Tensione