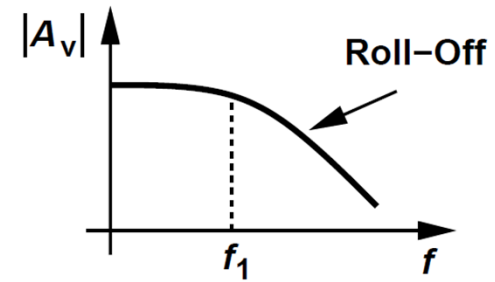
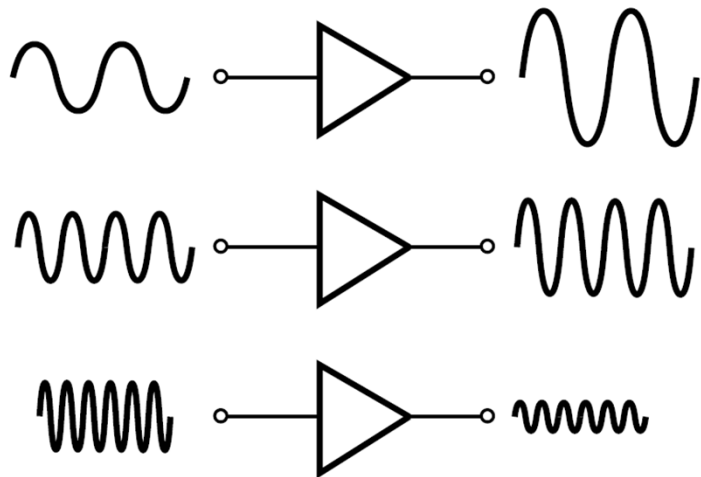


3 Frekvencijski odziv

Uvod

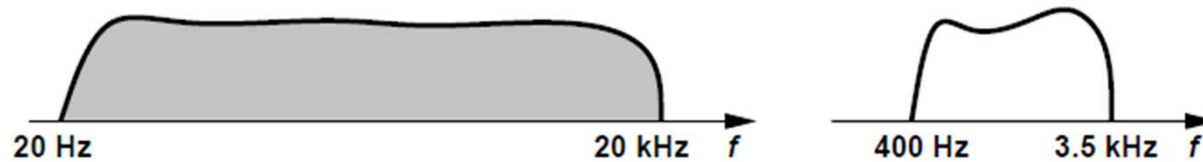
Šta podrazumevamo pod „frekvencijskim odzivom“?



Uvod

Zašto je frekvencijski odziv važan?

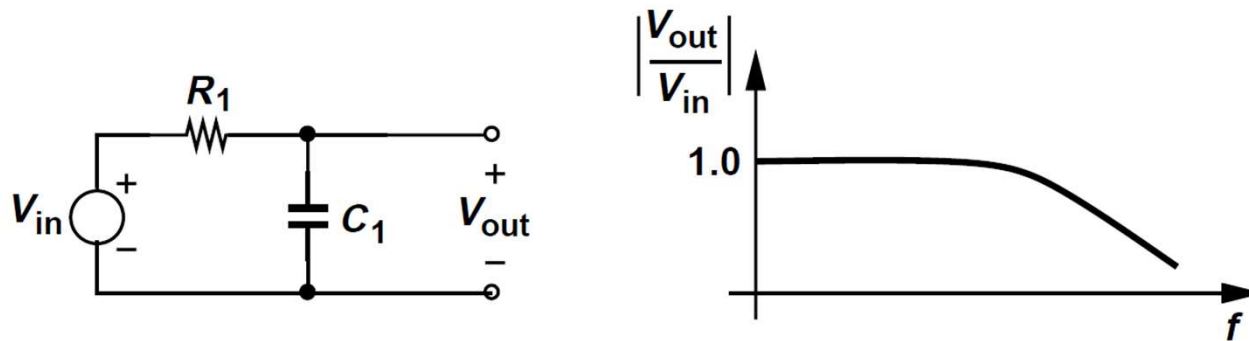
- zašto ljudski glas preko telefona zvuči drugačije nego uživo?



- zašto kada snimimo svoj glas i slušamo ga, on zvuči drugačije nego kada ga slušamo dok govorimo?

Uvod

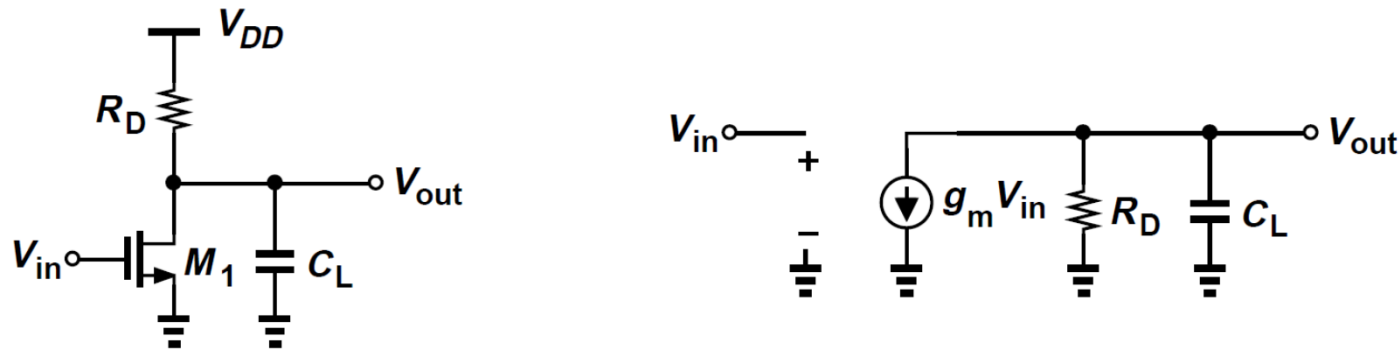
Šta uzrokuje da se pojačanje smanji sa frekvencijom?



Na niskim frekvencijama je kondenzator skoro prekid, pa je struja kroz otpornik bliska nuli, pa je ulazni napon jednak izlaznom.

Kako frekvencija raste, impedansa C_1 pada i napon na V_{out} pada.

Uvod



Na niskim frekvencijama struja iz tranzistora M_1 protiče kroz R_D jer je impedansa C_L , $1/sC_L$ velika.

Na visokim frekvencijama, C_L preuzima deo struje i vodi je na masu, tako da je manji napon na izlazu.

Na osnovu ekvivalentnog kola (desno), napon na izlazu je: $V_{out} = -g_m V_{in} (R_D \parallel \frac{1}{C_L s})$

Kako frekvencija raste, paralelna impedansa pada, pa se smanjuje i amplituda izlaznog napona.

Veza između prenosne funkcije i frekvencijskog odziva

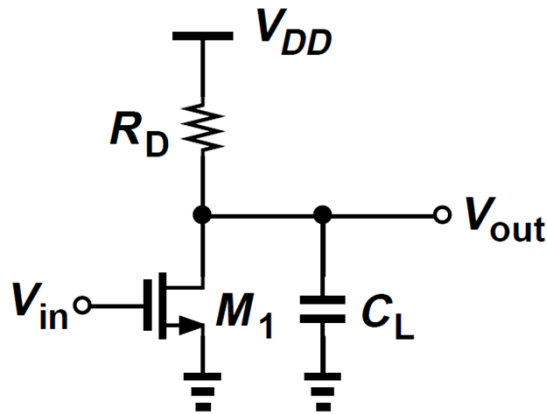
Prenosna funkcija kola se može napisati kao:

$$H(s) = A_0 \frac{\left(1 + \frac{s}{\omega_{z1}}\right) \left(1 + \frac{s}{\omega_{z2}}\right)}{\left(1 + \frac{s}{\omega_{p1}}\right) \left(1 + \frac{s}{\omega_{p2}}\right)}$$

A_0 je pojačanje na niskim frekvencijama jer $H(s) \rightarrow A_0$ kada $s \rightarrow 0$
 ω_{zj} su nule, a ω_{pj} su polovi prenosne funkcije

Veza između prenosne funkcije i frekvencijskog odziva - primer

Određiti prenosnu funkciju i frekvencijski odziv kola sa slike:



$$H(s) = \frac{V_{out}}{V_{in}}(s) = -g_m \left(R_D \parallel \frac{1}{C_L s} \right) = \frac{-g_m R_D}{R_D C_L s + 1}$$

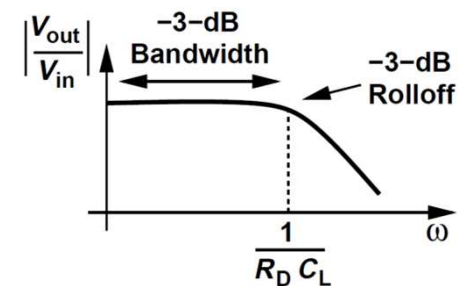
$$s = j\omega \quad \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right| = \frac{g_m R_D}{\sqrt{R_D^2 C_L^2 \omega^2 + 1}}$$

Na niskim frekvencijama pojačanje je $g_m R_D$

za $\omega = \frac{1}{R_D C_L}$ pojačanje postaje $\left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right| = \frac{g_m R_D}{\sqrt{2}}$

kako je $20 \log \sqrt{2} \approx 3 \text{ dB}$, kažemo da je

-3dB širina opsega jednaka $\frac{1}{R_D C_L}$



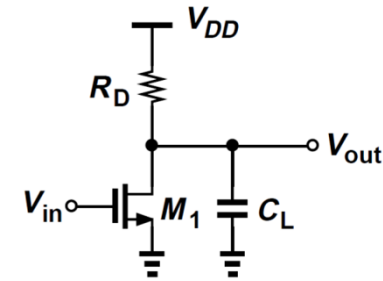
Bodeova pravila

Za brzo dobijanje karakteristike $|H(j\omega)|$ iz $H(s)$ koristimo Bodeova pravila (aproksimacije).

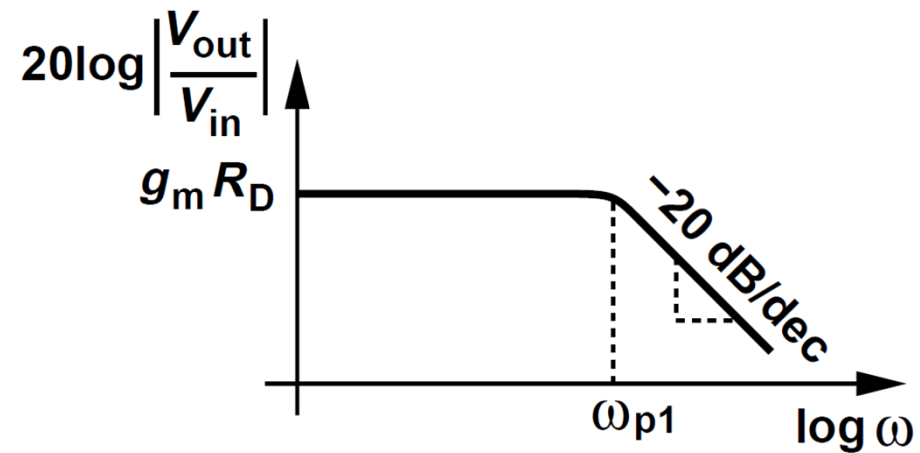
- Kada ω prođe kroz frekvenciju pola, nagib $|H(j\omega)|$ opada 20dB/dec (nagib od 20dB/dec zapravo znači da se H promeni 10 puta kada frekvencija poraste 10 puta).
- Kada ω prodje kroz frekvenciju nule, nagib $|H(j\omega)|$ se povećava 20dB/dec.

Bodeova pravila - primer

Nacrtati Bodeov dijagram $|H(j\omega)|$ za kolo sa slike.

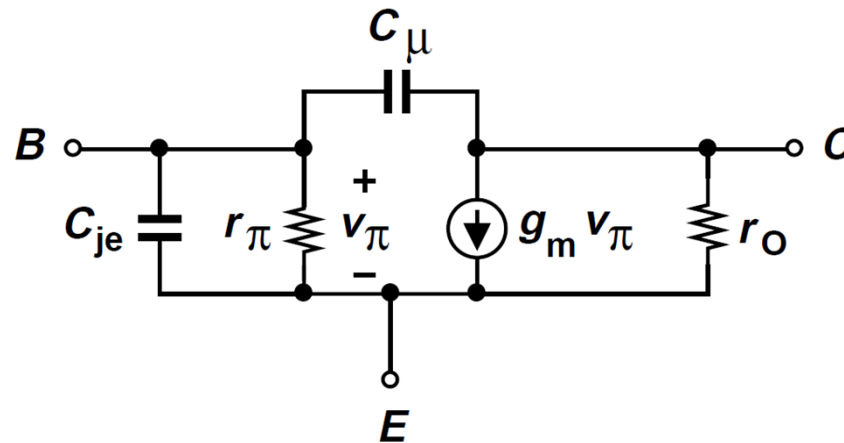


Frekvencija pola je: $|\omega_{p1}| = \frac{1}{R_D C_L}$



Model bipolarnog tranzistora za visoke frekvencije

Bipolarni tranzistor se sastoji od dva p-n spoja. Osiromašena oblast povezana sa tim spojevima se ispoljava kao kapacitivnost između baze i emitora, označena sa C_{je} , i kapacitivnost između baze i kolektora, označena kao C_{μ} . Ove kapacitivnosti se zbog toga uključuju u model tranzistora za male signale.



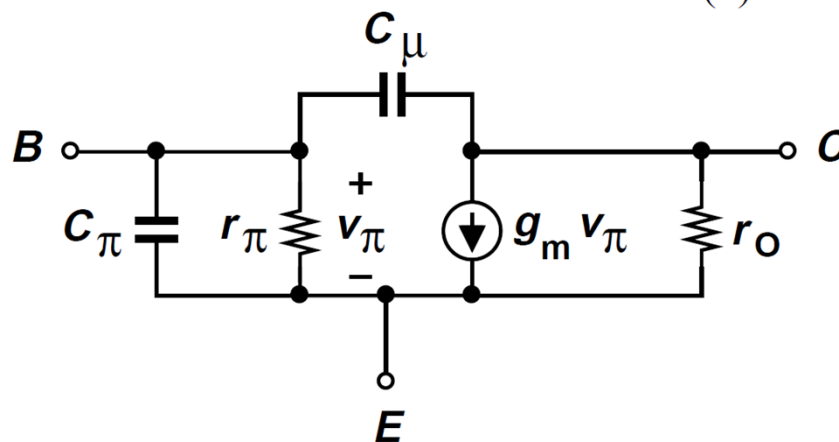
Model bipolarnog tranzistora za visoke frekvencije

Spoj između baze i emitora ispoljava još jedan efekat koji mora biti uzet u obzir.

Naime, ako se tranzistor iznenada uključi, on ne počinje da radi ispravno dok do baze ne dođe dovoljan broj nosilaca koji se akumulira.

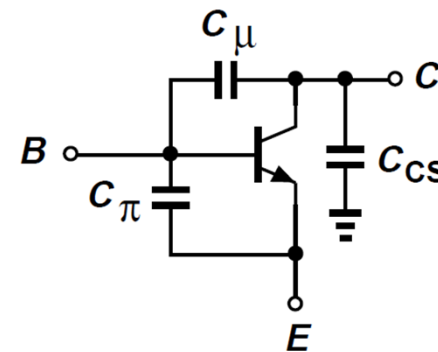
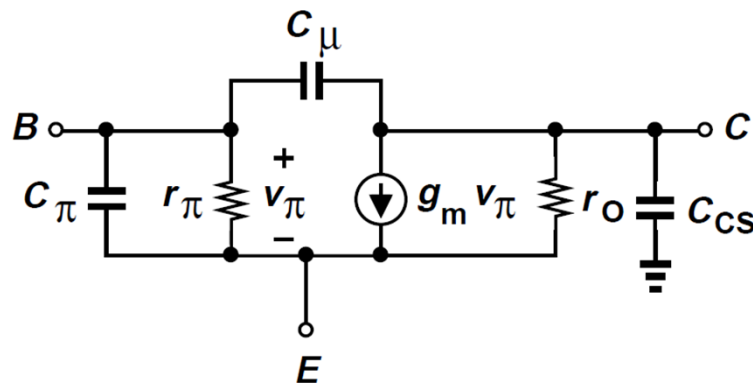
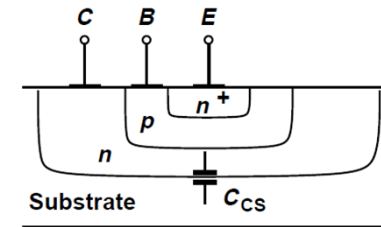
Slično, kada se tranzistor iznenada isključi, nosioci naelektrisanja smešteni u bazi moraju da budu uklonjeni iz kolektorske struje.

Ove pojave su slične punjenju i pražnjenju kondenzatora. Ovaj efekat se modeluje kao kapacitivnost C_b , koja u paraleli sa C_{je} daje C_π .



Model bipolarnog tranzistora za visoke frekvencije

U integrisanim kolima, bipolarni tranzistor se fabrikuje iznad uzemljenog supstrata. Spoj između kolektora i supstrata je inverzno polarisan, tako da postoji i kapacitivnost C_{CS} .



U modernim integrisanim kolima C_{je} , C_{μ} i C_{CS} su reda femtofarada.

Model MOSFET tranzistora za visoke frekvencije

- kapacitivnost između gejta i sorsa, C_{GS}
- kapacitivnost između gejta i drejna, C_{GD}
- kapacitivnosti između sorsa i balka, C_{SB} i drejna i balka, C_{DB} .

