

AMPLİFİKATOR FREKANS REZPONSU

Desibel; bu terimin temelinde logaritmik temelle ilişkili olan güç ve ordo (ses) seviyeleri mevcuttur. Örneğin; güç seviyesi $4W$ 'dan $16W$ 'a kadar artıyorsa bu durum ses seviyesinin de 4 kat artması anlamına gelmez. Sesin seviyesi logaritmik olarak artar. Yani yukarıdaki örnek için ses seviyesi ($4^2=16$) şeklinde artacaktır ve şöyle gösterilir;

$$\log_4 16 = 2$$

Bell, P_1 ve P_2 güç seviyeleri ile ilişkili olarak şu şekilde tanımlanmıştır;

$$G = \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \text{ bell}$$

Bell, çok büyük bir ölçme birimi olduğu için pratikte desibell (dB) ifadesi kullanılır; desibel oranı iki güç seviyesi arasındaki büyüklük farkının bir ölçüsüdür.

$$10 \text{ dB} = 1 \text{ bell}$$

$$G_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \text{ dB}$$

Belirli bir çıkış gücü için (P_2) bir referans güç seviyesi alınır (P_1). Bu standart seviye $1mW$ dir ve bu güç seviyesi ile ilişkili direnç 600Ω 'dur (transmisyon hatlarının karakteristik empedans değeri). Bu referans seviyesinden dolayı dB sembolü dBm olarak gösterilir.

$$G_{\text{dBm}} = 10 \log_{10} \frac{P_2}{1mW} \text{ dBm}$$

$$G_{dB} = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} = 10 \log_{10} \frac{V_2^2/R}{V_1^2/R}$$

$$G_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 = 20 \log_{10} \frac{V_2}{V_1}$$

Örneğin kaskat bağlı bir sistemin için kazanç;

$$|A_{dT}| = |A_{d1}| \cdot |A_{d2}| \cdot |A_{d3}| \cdot \dots \cdot |A_{dn}| \text{ ise,}$$

$$G_{dB} = 20 \log_{10} |A_{dT}| = 20 \log_{10} |A_{d1}| + 20 \log_{10} |A_{d2}| + \dots \text{ dB}$$

$$G_{dB} = G_{dB1} + G_{dB2} + G_{dB3} + \dots + G_{dBn} \text{ olur.}$$

Voltaj Kazancı V_o/V_i	dB seviyesi
0,5	-6
0,707	-3
1	0
2	6
10	20
100	40
1000	60

$$a = b^x, x = \log_b a$$

$$\text{Genel logaritma; } x = \log_{10} a$$

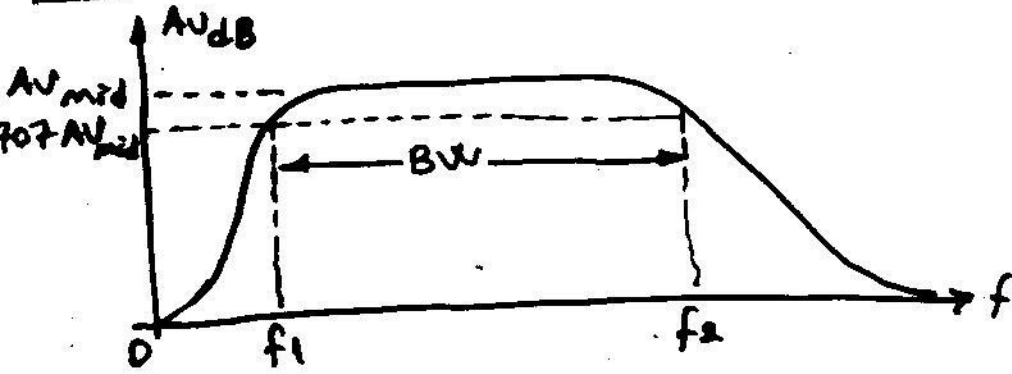
$$\text{Doğal logaritma; } y = \log_e a$$

Örn: 40W'lık çıkış gücüne sahip bir yükseltecin çıkışına 10Ω'lık bir yük bağlanmıştır. a) Güç kazancı 25dB ise tam çıkış gücü için giriş gücü ne olmalıdır?
b) Voltaj kazancı 40dB ise tam çıkış gücü için giriş voltajı nedir?

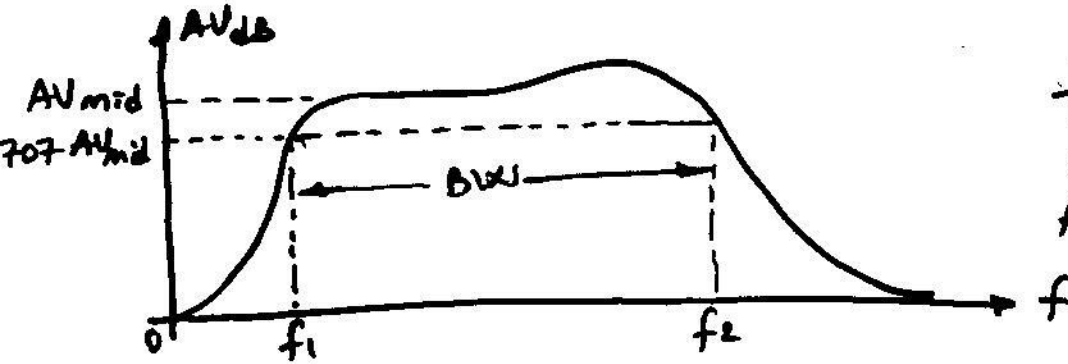
Örn: Bir yükseltecin 1000 V'luk giriş için giriş gücü 10000 W'dır. Çıkış empedansı 20Ω iken çıkış gücü 500W olduğuna göre;
a) Desibel olarak güç kazancını,
b) " " voltaj kazancını bulunuz.

Genel Frekans Durumunun İncelenmesi:

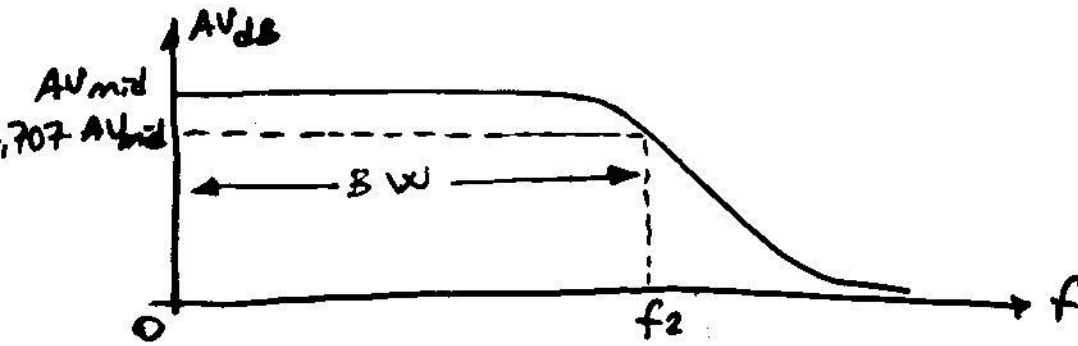
Tek yada çok katlı amplifikatörlerin responseunda uygulanan sinyalin frekansı belirli bir etkiye sahiptir. Orta frekans değerleri için bu etki önemsizken, düşük ve yüksek frekanslarda devrenin kapasitif elemanları kazanç etkiler.



RC kablojlı
amp. frekans
response



Transformator
kablojlı amp.
frekans response

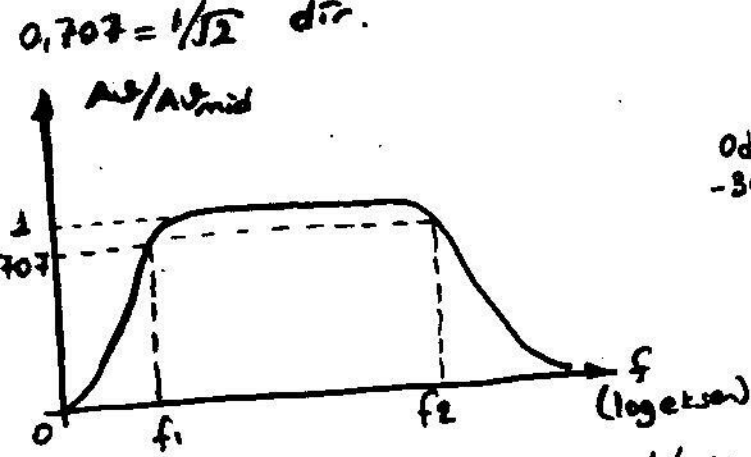


Direkt kablojlı
amp. frekans
response

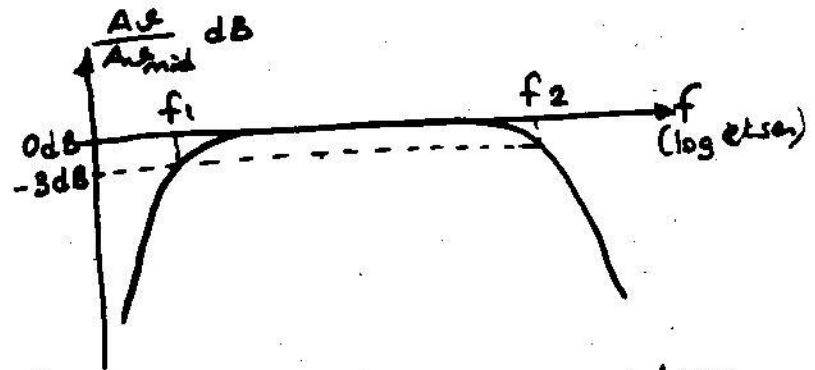
Devrelerde üç tip kabloj kullanılır. RC kablojlı devrelerde kazanç düşmesi düşük frekanslarda devredeki harici kondansatörler sebebiyle, yüksek frekanslarda ise dahili kapasitanslar sebebiyle olur.

Transformator kablojlı devrelerde düşmenin nedeni primer ve sekonder sargıları arasındaki dağılmış kapasitanslar ve RC kablojı için açıklanan sebeplerden dolayıdır.

Logaritmik çizim için eğri normalize edilebilir.
 Bu durumda kazanç her bir frekans için orta band kazançna bölünür. Yarigös noktalarında elde edilen seviye $0,707 = 1/\sqrt{2}$ dir.



Frekansa göre normalize edilmiş kazanç eğrisi

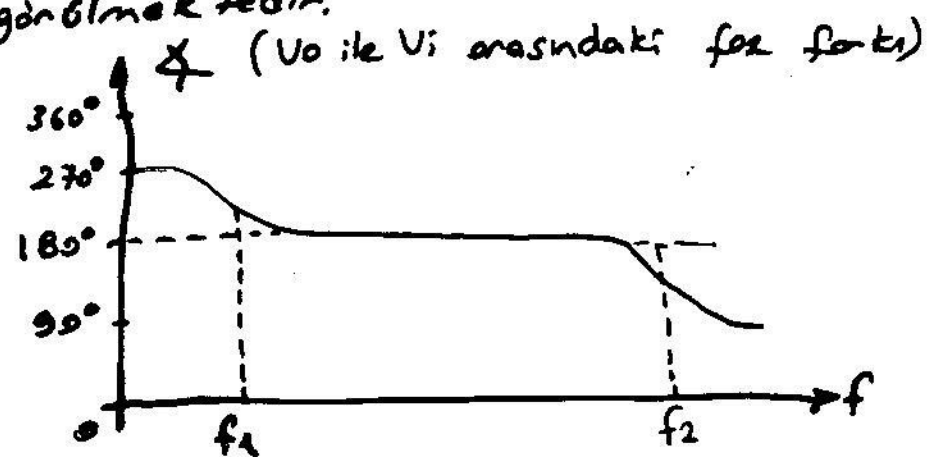


Frekansa göre normalize edilmiş kazancın desibel olarak gösterimi

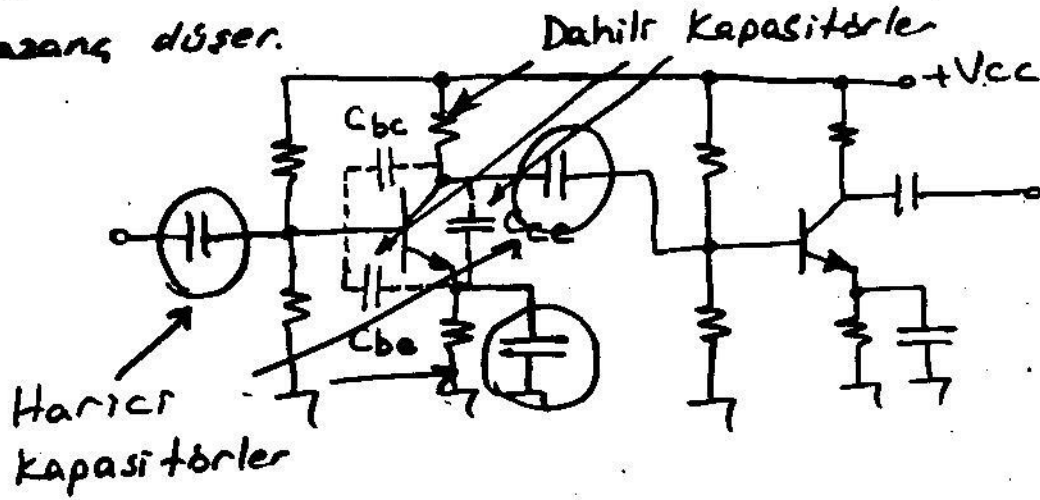
$$\left| \frac{A_g}{A_{gmid}} \right|_{dB} = 20 \log_{10} \frac{A_g}{A_{gmid}}$$

Orta band frekanslarında; $A_g = A_{gmid}$ $20 \log 1 = 0dB$
 Kesin frekanslarında; $A_g = 0,707 A_{gmid}$ $20 \log 1/\sqrt{2} = -3dB$

Amplifikatörlerin kapasitans etkileri giriş ve çıkış sinyalleri arasında faz kaymasına sebep olur. Örneğin ortak emiterli yada ortak source'lu bir amplifikatörde orta band frekanslarında var olan 180° 'lik faz farkı, alçak frekanslarda 180° 'nin üzerine çıkar, yüksek frekanslarda da 180° 'nin altına iner. Aşağıda RC kütüğü ortak emiterli bir amplifikatörün faz eğrisi görülmektedir.



Direkt kablojlı amplifikatör için alçak frekansta kazanç düşmesine sebep olacak kabloj kapasitörleri olmadığından bu frekanslarda kazançta düşme yoktur. Yüksek frekanslarda ise dahili kapasitörler sebebiyle kazanç düşer.



Amplifikatörlerde en yüksek kazanç değeri ortaband seviyesinde elde edilir ve A_{mid} olarak adlandırılır.

Yüksek kazancın sınırları ($0,707 \cdot A_{mid}$) seviyesindeki kazançlarla sabitlenirler. f_1 ve f_2 'ye karşılık gelen bu frekanslara köşe, kesim, band, kırılma yada yarıgüs (HP) frekansları denir.

Yarıgüs noktası $0,707$ oranı ile bulunur. Çünkü bu seviyede çıkış gücü ortaband çıkış gücünün yarısına eşittir.

$$V_o = 0,707 V_i \rightarrow \text{Çıkış gerilimi girenin } \%70,7 \text{ si kadardır.}$$

$$P_{o_{mid}} = \frac{|V_o|^2}{R_o} = \frac{|A_{mid} \cdot V_i|^2}{R_o} \quad \left| A_{mid} = \frac{V_o}{V_i} \right|$$

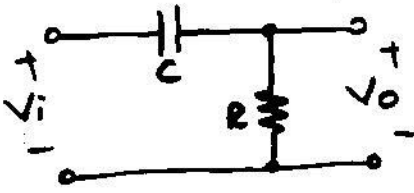
Yarıgüs noktasında; $V_o = 0,707 V_i$ 'dir.

$$P_{o_{HPF}} = \frac{|0,707 A_{mid} \cdot V_i|^2}{R_o} = 0,5 \frac{|A_{mid} \cdot V_i|^2}{R_o}$$

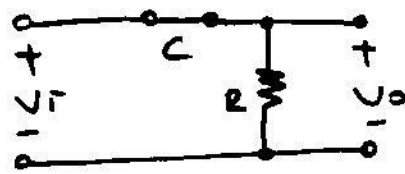
$$\{ P_{o_{HPF}} = 0,5 P_{o_{mid}} \} \text{ olur}$$

Devrenin band genişliği $BW = f_2 - f_1$ 'dir. Yani amplifikatör bu frekans aralığında istendik şekilde

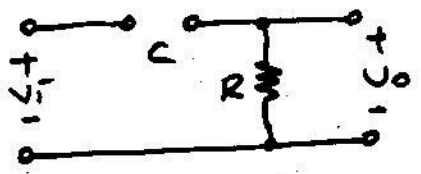
ALÇAK FREKANS ANALİZLERİ



$$X_c = \frac{1}{2\pi f c}$$



$$f \gg 1 \Rightarrow X_c \approx 0$$



$$f \approx 0 \Rightarrow X_c = \infty$$

$$V_o = \frac{R \cdot V_i}{R + jX_c} = \frac{R \cdot V_i}{\sqrt{R^2 + X_c^2}}$$

$$X_c = R \text{ ise } \Rightarrow V_o = \frac{R \cdot V_i}{\sqrt{R^2 + R^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_i$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707 \quad \boxed{X_c = R}$$

Yarigüs noktası

Yarigüs noktasında meydana gelen bu durumda,

$$X_c = \frac{1}{2\pi f_1 c} = R \Rightarrow \boxed{f_1 = \frac{1}{2\pi RC}}$$

Alçak frekans
kesim frekansı
yada
alt kesim frekansı

Logaritmik bakımdan;

$$G_v = 20 \log_{10} A_v = 20 \log_{10} \frac{1}{\sqrt{2}} = -3 \text{ dB}$$

Yarigüs noktası

$$G_v = 20 \log_{10} 1 = 0 \text{ dB}$$

orta band

Kazanç eşitliği f_1 frekansı kullanılarak ifade edilirse

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R}{R - jX_c} = \frac{1}{1 - j(X_c/R)} = \frac{1}{1 - j(1/\omega CR)}$$

$$\boxed{A_v = \frac{1}{1 - j(1/2\pi f RC)}}$$

$$f_1 = \frac{1}{2\pi RC} \quad \text{old. göre}$$

$$\boxed{A_v = \frac{1}{1 - j(f_1/f)}}$$

Bu kazancın büyüklüğü ve fazı;

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{\sqrt{1 + (f_1/f)^2}} \quad \left| \tan^{-1} (f_1/f) \right| \text{ olur.}$$

Burada $f_1 = f$ ise $A_v = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707 \rightarrow -3 \text{ dB}$

Logaritmik formda dB kazancı;

$$A_{v_{dB}} = 20 \log_{10} \frac{1}{\sqrt{1 + (f_1/f)^2}} = -\frac{1}{2} 20 \log_{10} \left[1 + \left(\frac{f_1}{f} \right)^2 \right]$$

$$\left\{ A_{v_{dB}} = -10 \log_{10} \left[1 + \left(\frac{f_1}{f} \right)^2 \right] \right\}$$

$f \ll f_1$ yada $(f_1/f)^2 \gg 1$ ise;

$$A_{v_{dB}} = -10 \log_{10} \left(\frac{f_1}{f} \right)^2 = -20 \log_{10} \left(\frac{f_1}{f} \right) \quad \left| \begin{array}{l} \text{olun} \\ f \ll f_1 \end{array} \right.$$

$f \ll f_1$ durumunu birmesmeden bu esrtligi kullarak işlem yaparsak;

$$f = f_1 \rightarrow \frac{f_1}{f} = 1 \quad \text{ve} \quad -20 \log_{10} 1 = 0 \text{ dB}$$

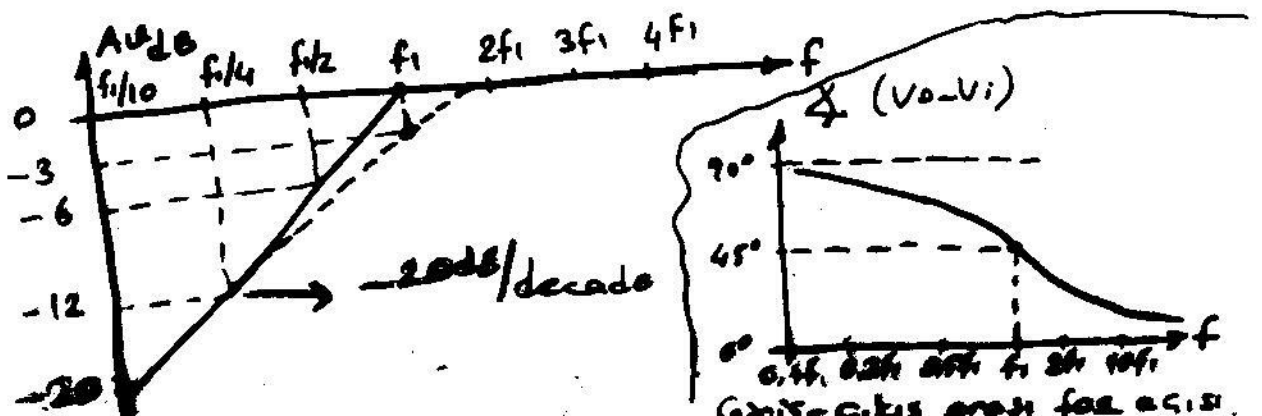
$$f = \frac{1}{2} f_1 \rightarrow \frac{f_1}{f} = 2 \quad \text{ve} \quad -20 \log_{10} 2 = -6 \text{ dB}$$

$$f = \frac{1}{4} f_1 \rightarrow \frac{f_1}{f} = 4 \quad \text{ve} \quad -20 \log_{10} 4 = -12 \text{ dB}$$

$$f = \frac{1}{10} f_1 \rightarrow \frac{f_1}{f} = 10 \quad \text{ve} \quad -20 \log_{10} 10 = -20 \text{ dB}$$

$$f = \frac{1}{100} f_1 \rightarrow \frac{f_1}{f} = 100 \quad \text{ve} \quad -20 \log_{10} 100 = -40 \text{ dB}$$

Yani frekansın her 10 kat azalışında kazanç 20 dB düşer.



Girişle çıkış arasındaki faz açısı;

$$\boxed{Q = \tan^{-1} \frac{f_1}{f}}$$

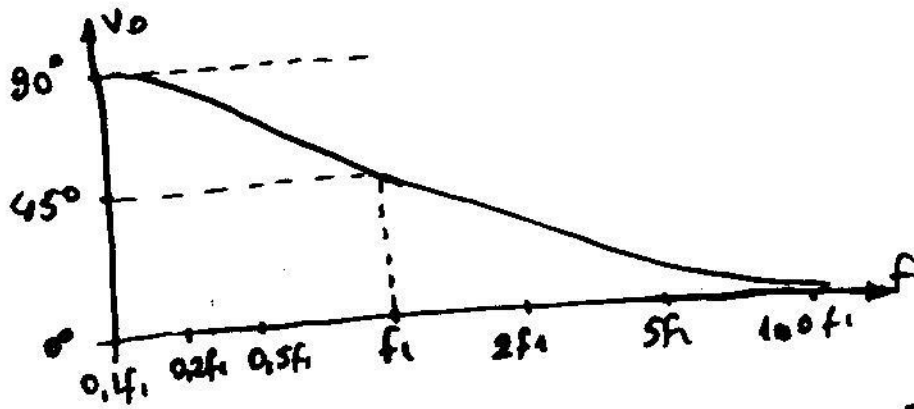
$$f \ll f_1 \text{ için } Q = \tan^{-1} \frac{f_1}{f} \Rightarrow 90^\circ$$

$$f_1 = 100f \text{ ise } \Rightarrow Q = 89,4^\circ$$

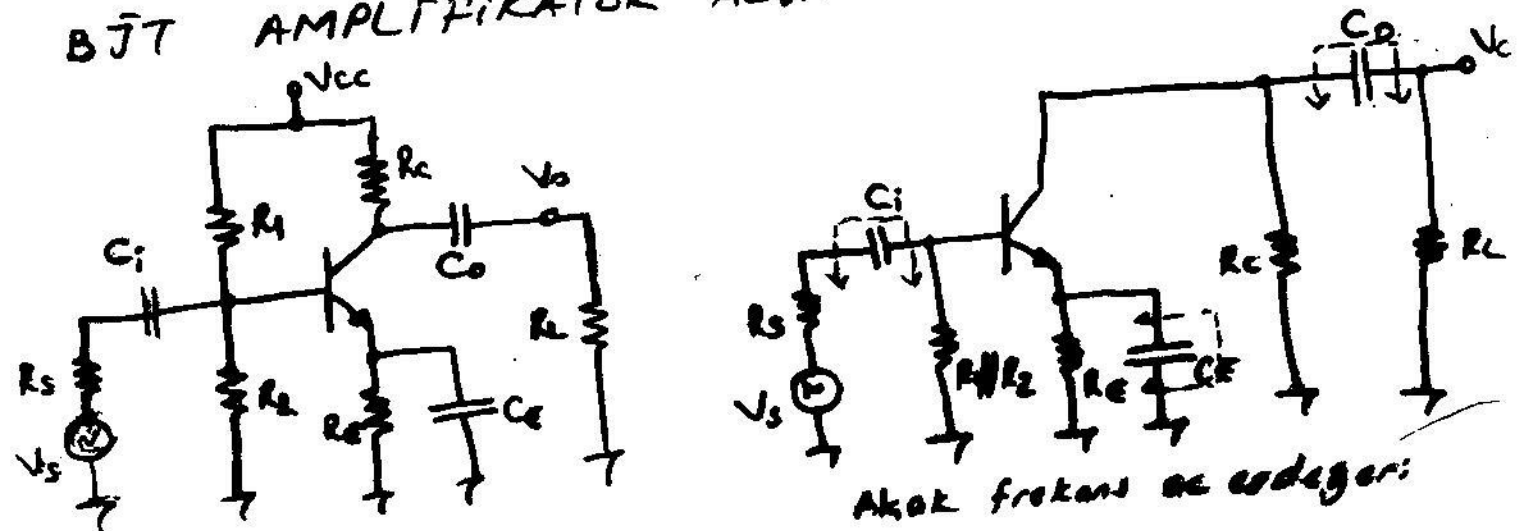
$$f_1 = f \text{ ise } \Rightarrow Q = 45^\circ$$

$$f \gg f_1 \text{ için } Q = \tan^{-1} \frac{f_1}{f} \Rightarrow 0^\circ$$

$$f = 100f_1 \text{ ise } \Rightarrow Q = 0,573^\circ$$



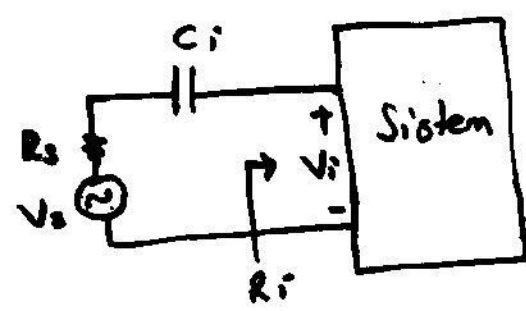
BJT AMPLİFİKATÖR ALÇAK FREKANS RESPONSU



Akık frekans ac değeri

Giriş RC devresi;

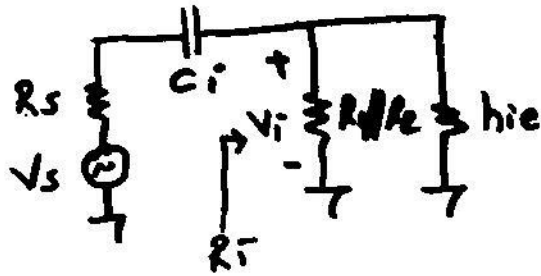
C_i, C_o ve C_E alçak frekansta kazancın düşmesine sebep dururlar. RC analizleri için yaklaşık değerler bulunması (R) gereklidir. Giriş RC devresinde C_i transistörle kaynak arasındadır.



Giriş RC bağlantısında kondansatörün gördüğü eşdeğer direnç $R_s + R_i$ 'dir. Dolayısıyla giriş RC devresinin kesim frekansı;

$$Z = \sqrt{(R_s + R_i)^2 + X_{Ci}^2}$$

$$V_{i, mid} = \frac{V_s \cdot R_i}{R_s + R_i}$$



$$X_{Ci} = R_s + R_i$$

$$f_{Ci} = \frac{1}{2\pi (R_s + R_i) \cdot C_i}$$

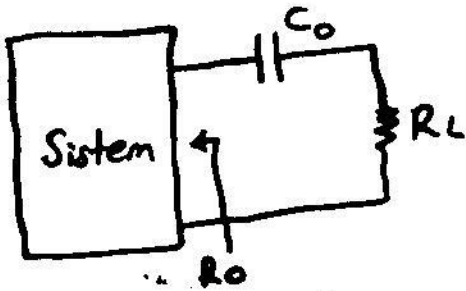
$$R_i = R_1 // R_2 // h_{ie}$$

Alçak frekansa V_i ;

$$V_i = \frac{R_i \cdot V_s}{\sqrt{(R_s + R_i)^2 + X_{Ci}^2}}$$

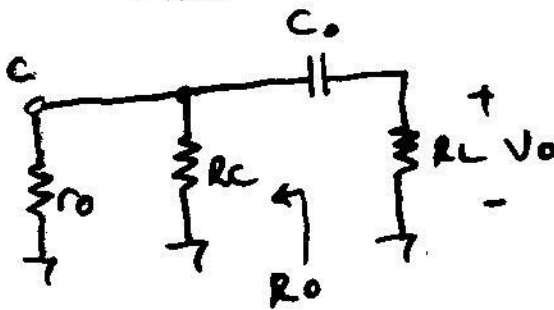
Çıkış RC Devresi;

C_o nedeniyle oluşan alçak kesim frekansı;



$$f_{Co} = \frac{1}{2\pi (R_o + R_L) C_o}$$

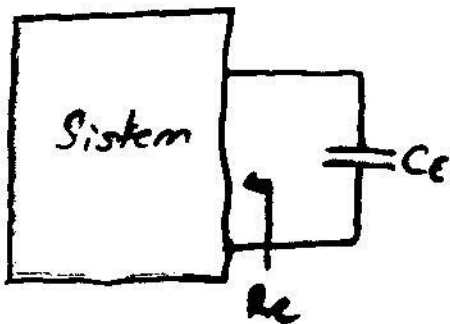
Toplam seri direnç $R_o + R_L$ 'dir.



$$r_o = \frac{1}{h_{oe}} \text{ ihmal edilmezse;}$$

$$R_o = r_o // R_c \text{ 'dir}$$

Emiter RC Devresi;

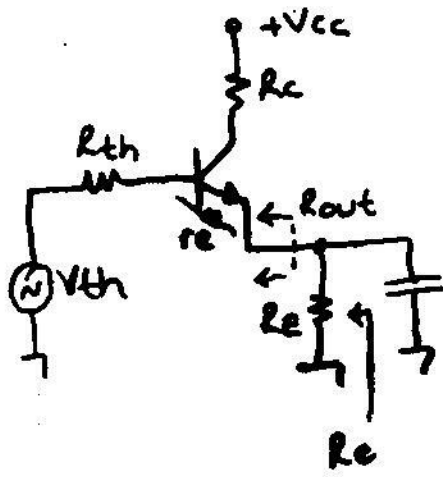


Kazanç üzerindeki etkisi (C_e) çok büyüktür. AC akımın R_E üzerindeki dc voltajı etkilemesi istenmediğinde buna C_e kopyalama kondansatörü bağlanır. Bu kazançları düşürmezler. R_E devredekilerden büyükse, C_e bağlarsa kazanç maksimum olur.

CE nedeniyle oluşan kesim frekansı;

$$f_{CE} = \frac{1}{2\pi R_e C_E}$$

R_e 'nin bulunması;



$$R_{out} = r_e + \frac{R_{th}}{\beta} = \frac{h_{ie} + R_{th}}{h_{fe}}$$

$$R_{th} = R_s \parallel R_1 \parallel R_2$$

$$R_e = R_{out} \parallel R_E = \left(r_e + \frac{R_{th}}{\beta} \right) \parallel R_E$$

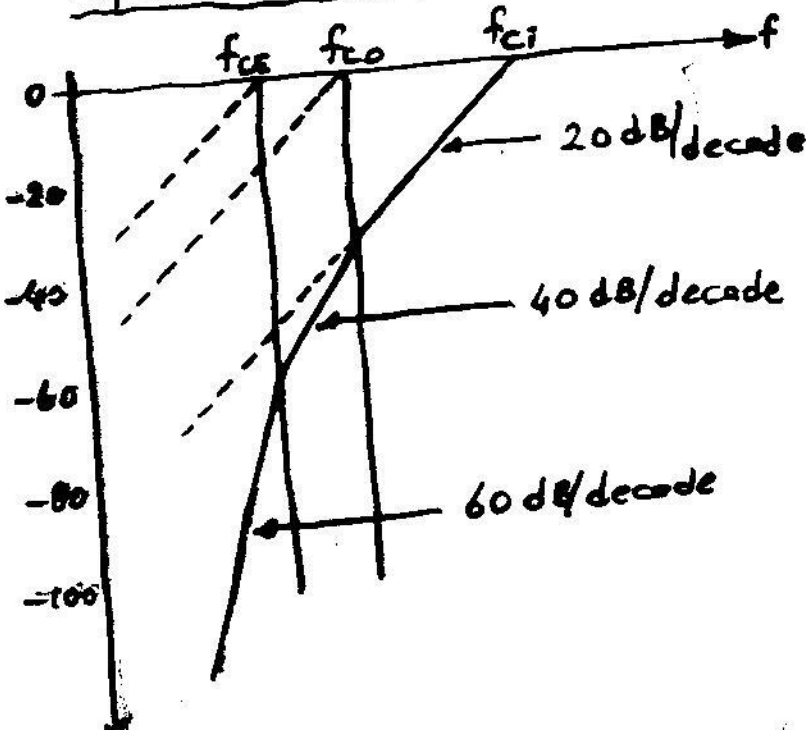
R_E 'nin kazanca etkisi;

$$A_{vE} = - \frac{h_{fe} R_C}{h_{ie}} \quad (\text{CE kadeve } R_E \text{ etkisi})$$

$$A_v = - \frac{h_{fe} R_C}{h_{ie} + h_{fe} R_E} = - \frac{R_C}{r_e + R_E}$$

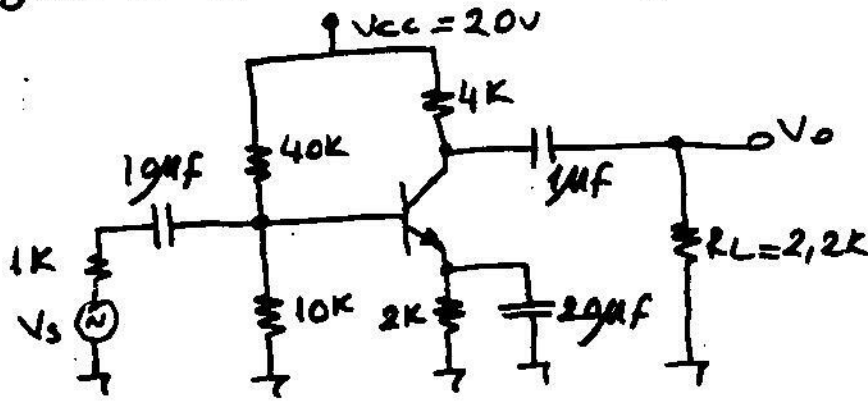
*NOT: Her bir kondansatörün devreye olan etkisi incelenirken diğerlerinin orta frekanslarda olduğu gibi kısadan kabul edilir.

Toplam Alçak Frekans Responsu;



Her üç RC devresi için bir kesim frekansı vardır. Bunların eşit olması gerekmez. Alçak frekansta değeri büyük olan frekans devresi dominant (başın) alt kesim frekansıdır. Yani amplifikatörün kazanç düşmesinin başladığı frekanstır. Her bir RC devresi 20dB/decade'ye kadar düşmeye sebep olur.

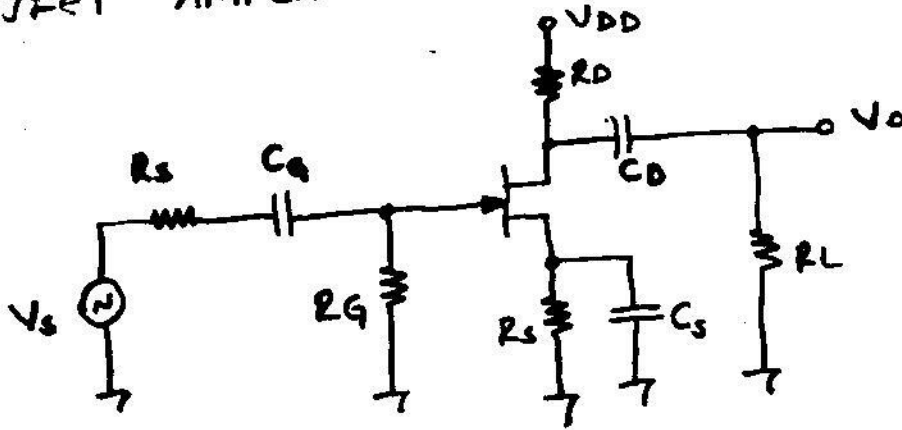
Öm: Aşağıdaki devrenin alt kesim frekansını bulup, bode diyagramını (frekans respons eğrisini) çiziniz. $A_{V_{mid}} = ?$



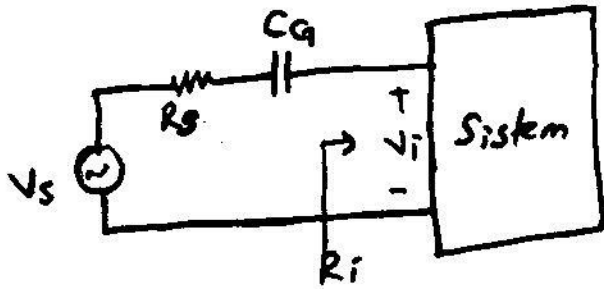
$$h_{fe} = 100$$

$$r_o = \infty$$

JFET AMPLİFİKATÖR ALÇAK FREKANS RESPANSU



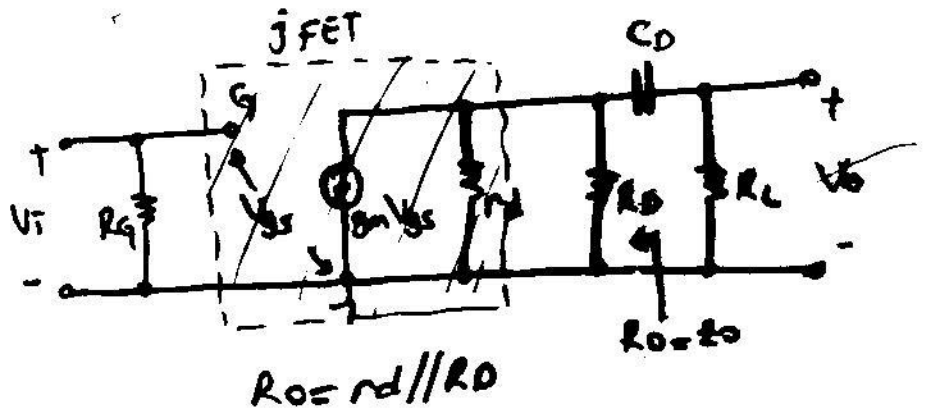
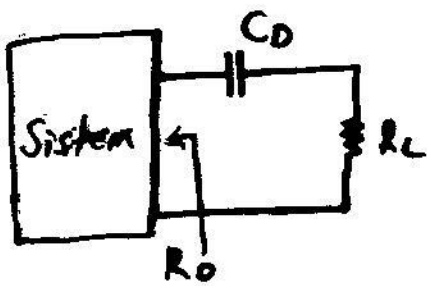
Giris RC Devresi;



$$f_{CG} = \frac{1}{2\pi (R_s + R_i) C_g}$$

$$R_i = R_g$$

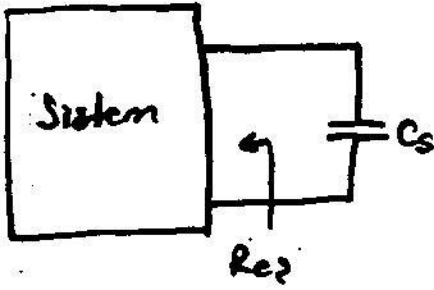
Çıkış RC Devresi;



$$R_o = r_d \parallel R_D$$

$$f_{CD} = \frac{1}{2\pi (R_o + R_L) C_D}$$

Source RC Devresi

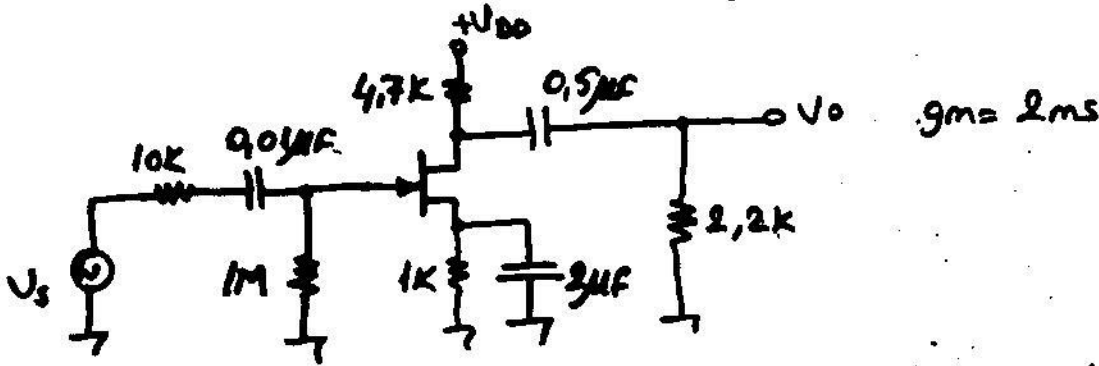


$$f_{cs} = \frac{1}{2\pi R_{es} C_s}$$

$$R_{es} = \frac{R_s}{1 + R_s(1 + g_m r_d)(r_d + R_D // R_L)}$$

$$r_d = \infty \text{ ise } R_{es} = R_s // \frac{1}{g_m}$$

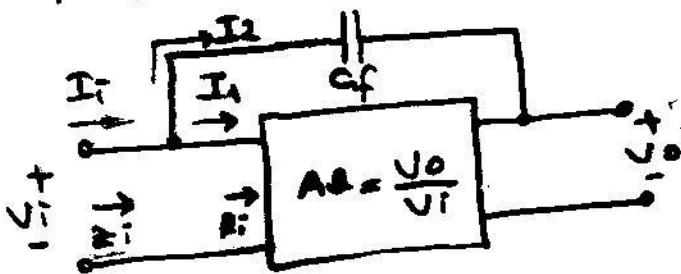
Örn:



- a) Devrenin alt kesim frekansını bulunuz ve bode diyagramını çiziniz. b) Devrenin ortaband kazancını bulunuz.

MİLLER ETKİSİ KAPASİTANSI

Gerinici amplifikatörler için ($-A_v$ 'ye sahip olan) giriş ve çıkış kapasitansı, devre elemanının elektrodları arası kapasitans ve devre kazancı ile artar. Bu kapasitans C_f geri besleme kapasitansı olarak tanımlanır.



$$I_i = I_1 + I_2$$

$$I_i = \frac{V_i}{R_i}, I_1 = \frac{V_i}{R_i}$$

$$I_2 = \frac{V_i - V_o}{X_{cf}} = \frac{V_i - A_v V_i}{X_{cf}}$$

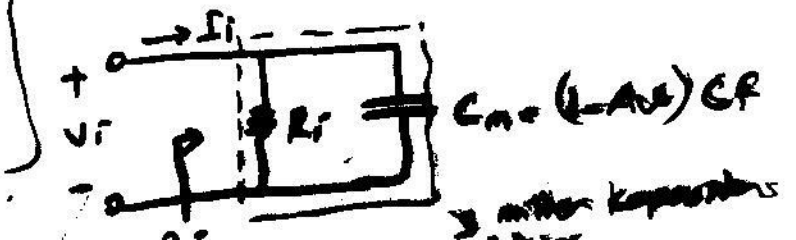
$$I_2 = \frac{(1 - A_v) V_i}{X_{cf}}$$

$$\frac{V_i}{R_i} = \frac{V_i}{R_i} + \frac{(1 - A_v) V_i}{X_{cf}}$$

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_i} + \frac{1}{X_{cf}(1 - A_v)}$$

$$X_{cm} = \frac{X_{cf}}{1 - A_v} = \frac{1}{\frac{1}{R_i}(1 - A_v) C_f}$$

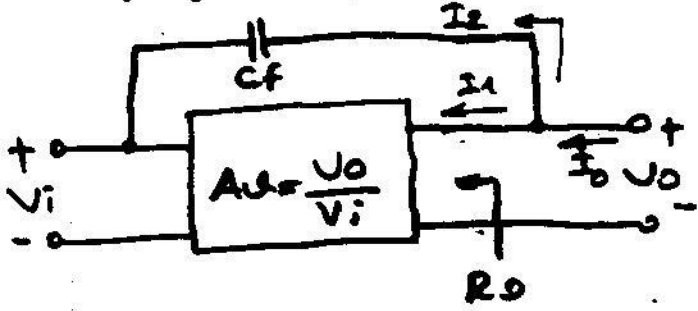
$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_i} + \frac{1}{X_{cm}}$$



Miller etkisi giriş kapasitesi; $\boxed{C_{Mi} = (1 - A_v) C_f}$

Bu ifadeye göre; her gerinici amplifikatör için giriş kapasitesi, yükseltilmiş kazançına dayalı miller etkisi kapasitesi ve aktif devre elemanının (transistör) giriş ve çıkış terminalleri arasında mevcut olan elektrodan arası kapasitesiyle artar.

Çıkıştaki miller etkisine bakarsak;



$$I_o = I_1 + I_2$$

$$I_1 = \frac{V_o}{R_o} \quad I_2 = \frac{V_o - V_i}{X_{Cf}}$$

$R_o \gg$ old I_1 ihmal edilirse

$$I_o \approx I_2 = \frac{V_o - V_i}{X_{Cf}} \text{ olur.}$$

$$I_o = \frac{V_o - V_o/A_v}{X_{Cf}}$$

$$I_o = \frac{V_o (1 - 1/A_v)}{X_{Cf}}$$

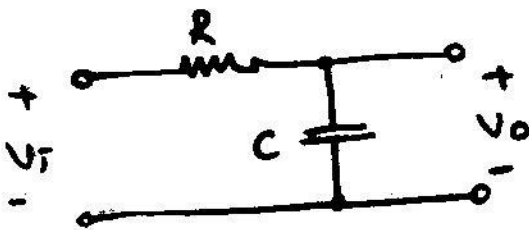
$$\frac{I_o}{V_o} = \frac{1 - (1/A_v)}{X_{Cf}}$$

$$\frac{V_o}{I_o} = \frac{X_{Cf}}{1 - (1/A_v)} = \frac{1}{\omega C_f (1 - 1/A_v)}$$

$$\frac{V_o}{I_o} = \frac{1}{\omega C_{Mo}}$$

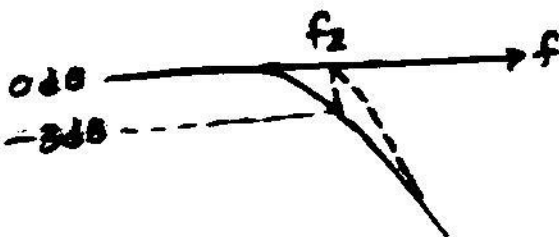
Miller etkisi çıkış kapasitesi; $\boxed{C_{Mo} = (1 - \frac{1}{A_v}) \cdot C_f}$

BJT AMPLİFİKATÖR YÜKSEK FREKANS RESP.



Yüksek frekans responseunda

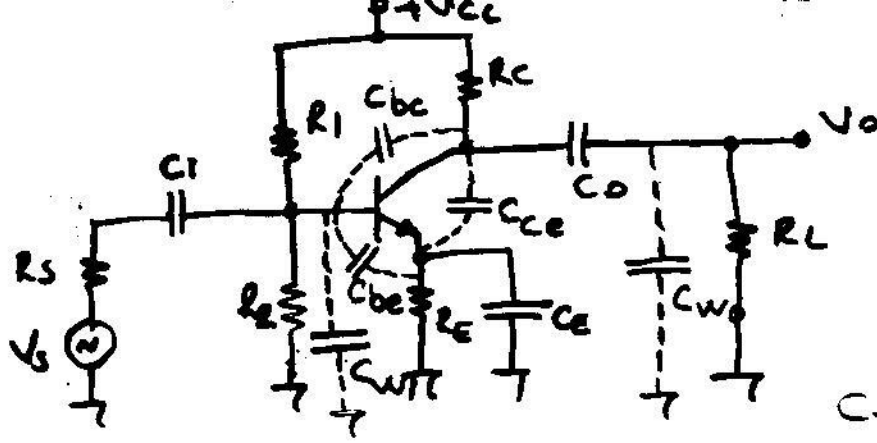
-3 dB noktasında devre kapasitansı ve hfe faktörleri mevcuttur.



$f_2 \rightarrow$ üst kesim frekansı

$$A_v = \frac{1}{1 + j(f/f_2)} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{f}{f_2})^2}} \angle \theta$$

Kazanc. ifadesi f_2 'nin yanında

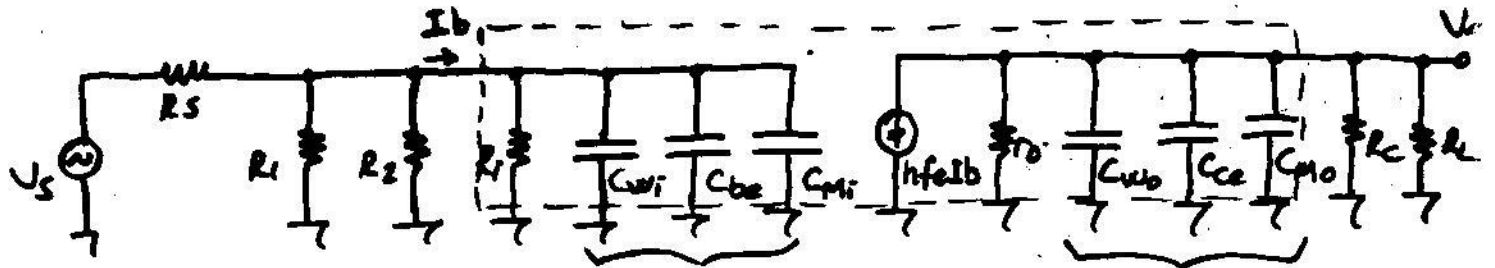


C_{bc} girişle çıkış arasındaki kapasiteler olduğu için bunun giriş ve çıkışa olan etkisi C_{mi} ve C_{mo} olarak ifade edilir.

$C_{wi} \rightarrow$ tel (bağlantı) kapasiteleri

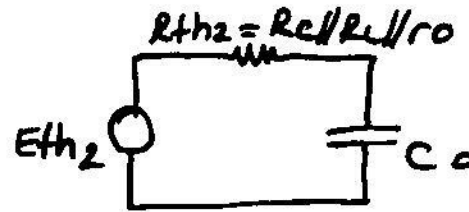
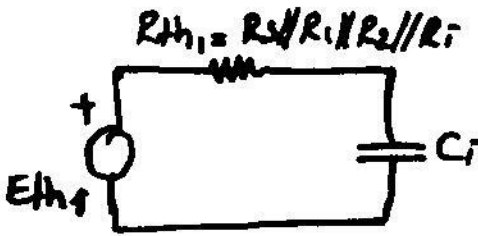
$C_{wo} \rightarrow$ geçiş kapasiteleri

C_i kapasitansı; C_{wi} , C_{be} ve miller kapasitansı C_{mi} 'yi içerir. C_o ise; C_{wo} , C_{ce} ve miller kapasitansı C_{mo} 'ı içerir. Özel uygulamalar dışında C_{ce} dikkate alınmaz.



$$C_i = C_{wi} + C_{be} + C_{mi}$$

$$C_o = C_{wo} + C_{ce} + C_{mo}$$



Giriş Devresi kesim frekansı;

$$f_{H1} = \frac{1}{2\pi R_{th1} \cdot C_i}$$

Çıkış Devresi kesim frekansı;

$$f_{H0} = \frac{1}{2\pi R_{th2} \cdot C_o}$$

$$R_{th1} = R_s // R_1 // R_2 // R_i$$

$$R_{th2} = R_c // R_L // r_o$$

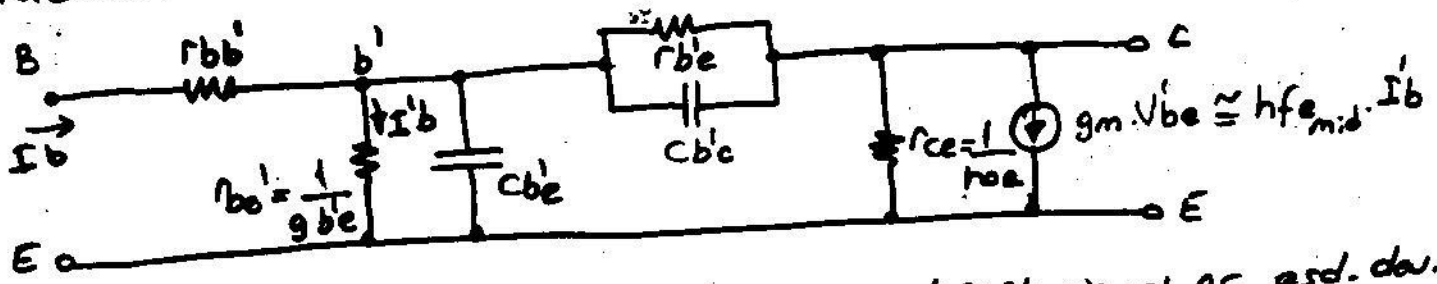
$$C_i = C_{wi} + C_{be} + C_{mi} \quad \downarrow \quad (1 - A_v) C_{bc}$$

$$C_o = C_{wo} + C_{ce} + C_{mo} \quad \downarrow \quad \left(1 - \frac{1}{A_v}\right) C_{bc}$$

h_{fe} (β)'daki değişme frekansla birlikte h_{fe} 'de değişir;

$$h_{fe} = \frac{h_{fe_{mid}}}{1 + j(f/f_\beta)}$$

f_β burada, yüksek frekans bölgesinde transistörün en iyi şekilde temsil etmek için uygulanan "hybrid π " yada "Giacoletto" modelindeki parametreler vasıtasıyla bulunur.



Giacoletto yüksek frekans transistör küçük sinyal ac eşd. dev.

$r_{bb'}$ = Beyz değne noktası + beyz hacmi + beyz yayılma direnci

r_{be} , r_{ce} ve r_{bc} dirençleri devre elemanı aktif bölgede çalışırken terminal uçları arasında geçen dirençlerdir. Aynı durum C_{bc} ve C_{be} içinde geçerlidir.

Bu parametreler açısından;

$$f_\beta \text{ (yada } f_{hfe}) = \frac{g_{be}}{2\pi(C_{be} + C_{bc})}$$

h_{fe} , $g_m = h_{fe_{mid}} \cdot g_{be}$ eşitliği sebebiyle g_{be} ile ilişki

lidir;

$$f_\beta = \frac{1}{h_{fe_{mid}}} \cdot \frac{g_m}{2\pi(C_{be} + C_{bc})}$$

re modeli açısından;

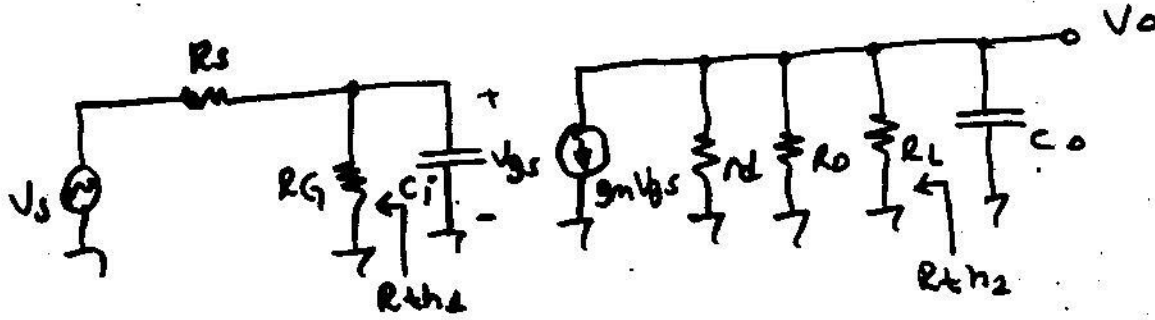
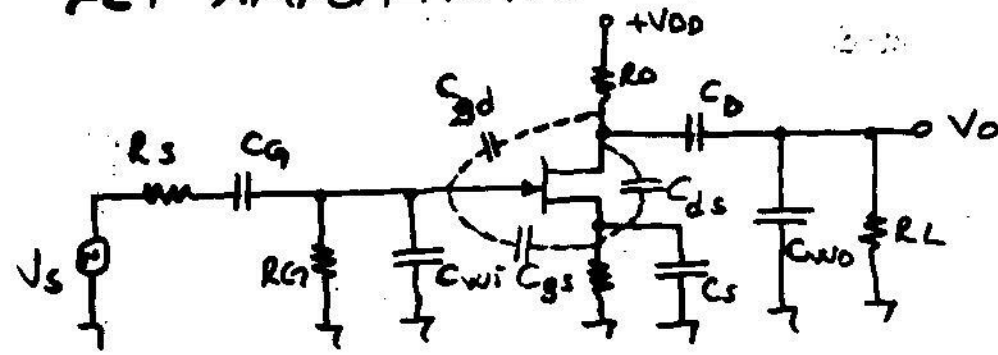
$$f_\beta \approx \frac{1}{2\pi \beta_{mid} \cdot r_e (C_{be} + C_{bc})}$$

Kazanç - bant genişliği çarpımı ise f_T 'dir.

$$f_T \approx \frac{1}{2\pi r_e (C_{be} + C_{bc})}$$

$$f_T = f_\beta \cdot \beta_{mid}$$

FET AMPLİFİKATÖR YÜKSEK FREKANSI RESPONSU

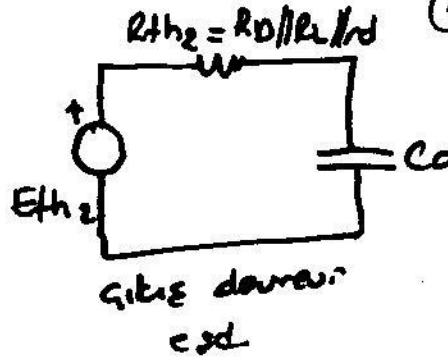
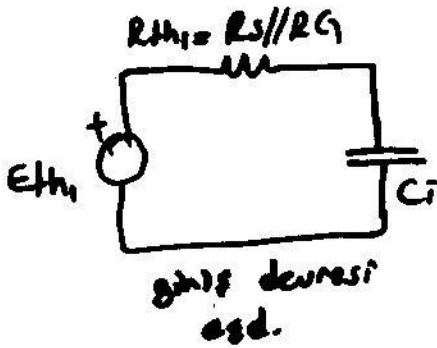


$$f_{H1} = \frac{1}{2\pi R_{th1} \cdot C_i}$$

$$R_{th1} = R_s // R_G$$

$$C_i = C_{wi} + C_{gs} + C_{mi}$$

$$C_{mi} = (1 - A_v) C_{gd}$$



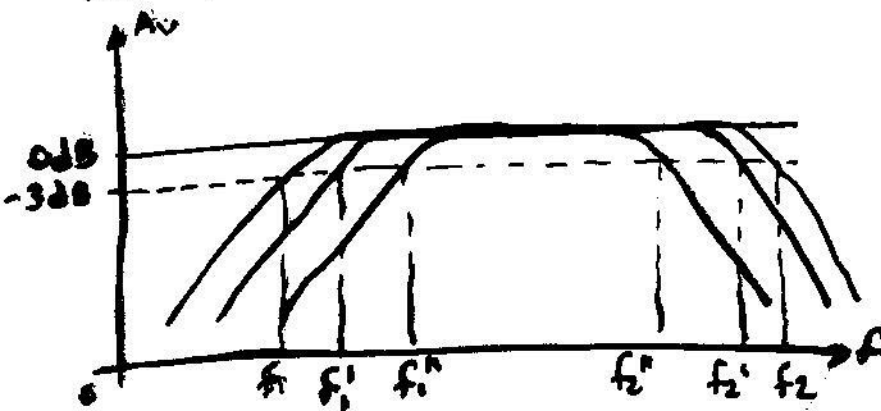
$$f_{H2} = \frac{1}{2\pi R_{th2} \cdot C_o}$$

$$R_{th2} = R_D // R_L // R_{ds}$$

$$C_o = C_{wo} + C_{ds} + C_{mo}$$

$$C_{mo} = \left(1 - \frac{1}{A_v}\right) C_{gd}$$

GÖK KATLI FREKANSI ETKİSİ

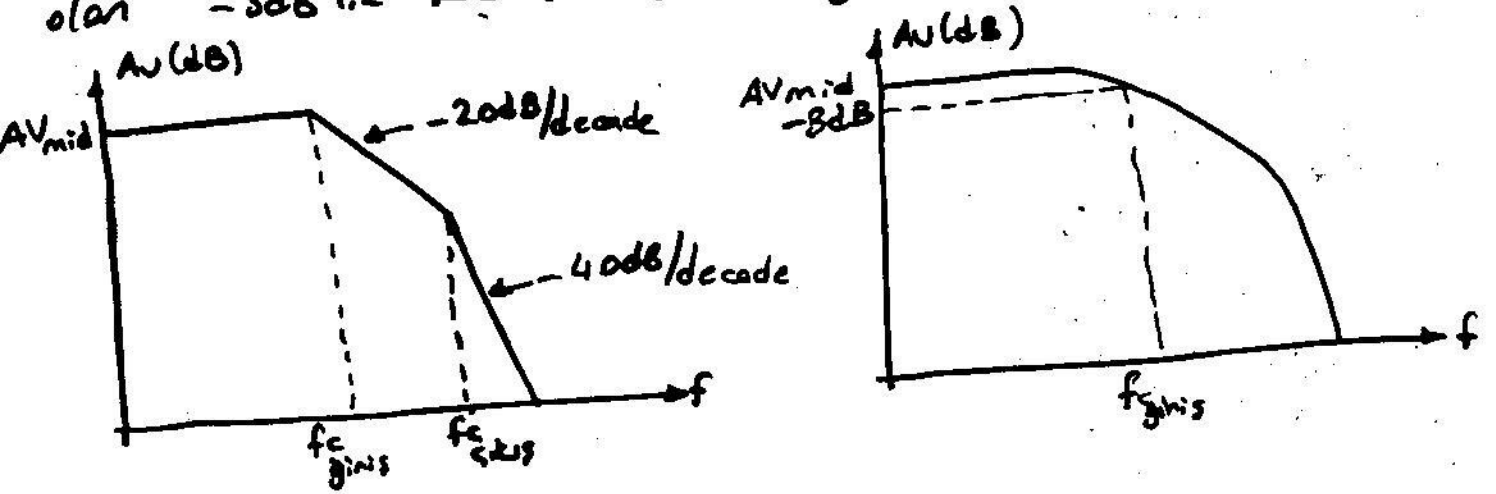


$$A_{v_{ow}} = A_{v1ow} \cdot A_{v2ow} \cdot \dots$$

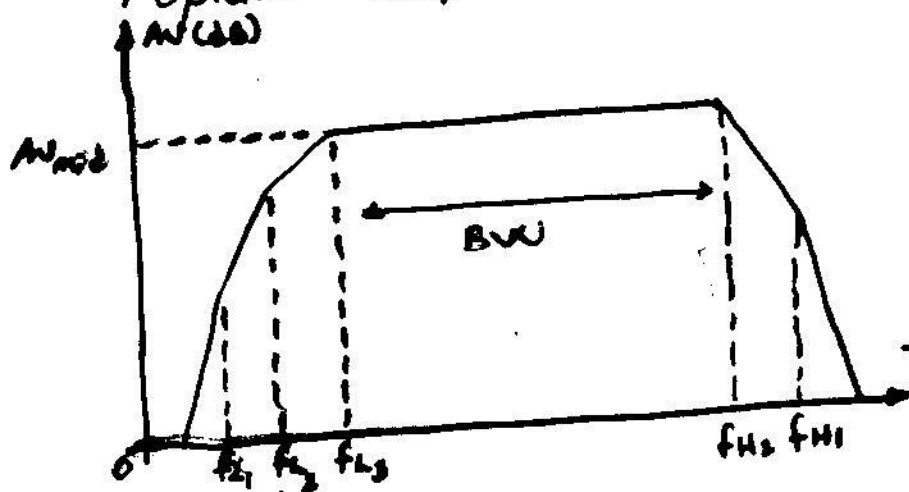
Kat sayısı arttıkça kazanç artar ancak bant genişliği azalır.

Toplam Yüksek Frekans Responsu;

Yüksek frekansta, bulunan iki kesim frekansından düşük değerde olan baskın (dominant) dir. Aşağıda ideal ve gerçek olmak üzere iki bode diyagramı vardır. Burada $f_{c_{giris}}$ ve $f_{c_{küs}}$ 'ın hangisinin daha küçük olduğu bilinmemektedir. İlk kırılma (kesim) frekansından itibaren kazanç -20dB/decade lik bir eğimle düşer, ikinci kırılma (kesim) frekansından itibaren kazanç -40dB/decade 'lik bir eğimle düşer. Gerçek bode diyagramında ise kesim frekanslarında var olan -3dB lik kazanç düşmesi görülmektedir.

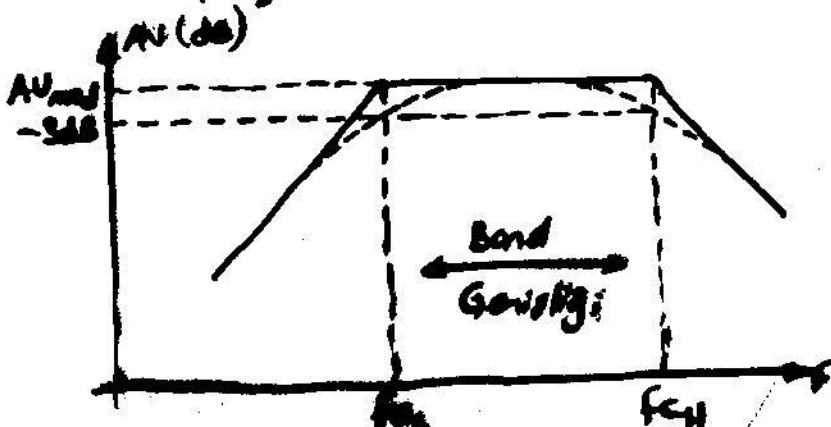


Toplam Amplifikatör Responsu;



Alçak frekansta; bulunan kesim frekansından büyük olanı, yüksek frekansta da, bulunan iki kesim frekansından küçük olanı etkendir.

$$\rightarrow BW = f_{H2} - f_{L3}$$

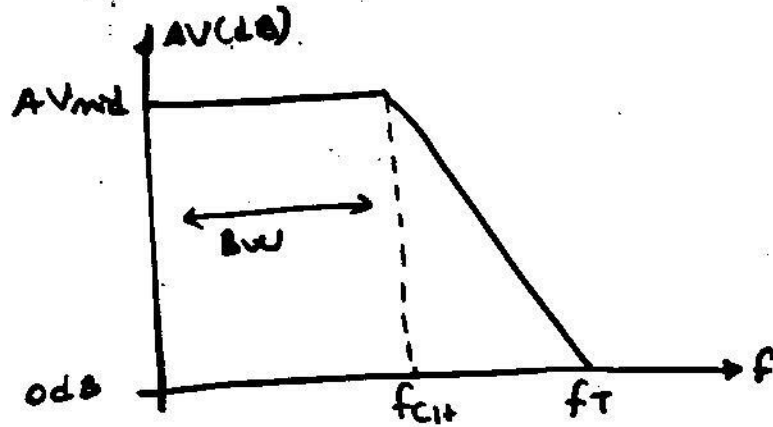


$$BW = f_{CH} - f_{CL}$$

$$BW = f_H - f_L$$

$f_{CH} \gg f_{CL}$ olugunu kabul ederek

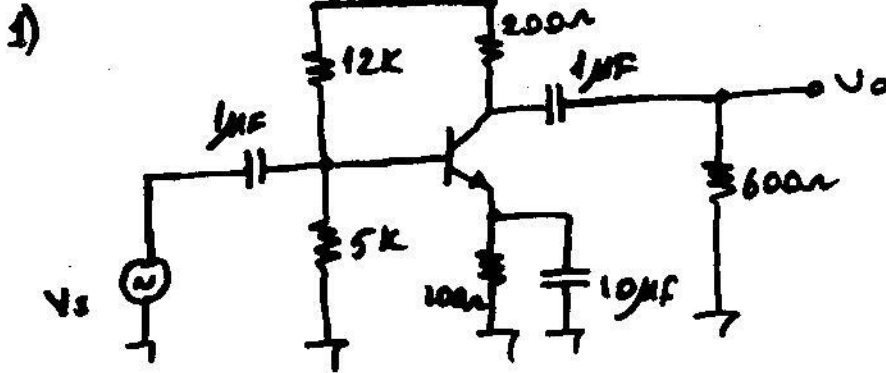
$BW = f_{CH} - f_{CL} \approx f_{CH}$ olacaktır.



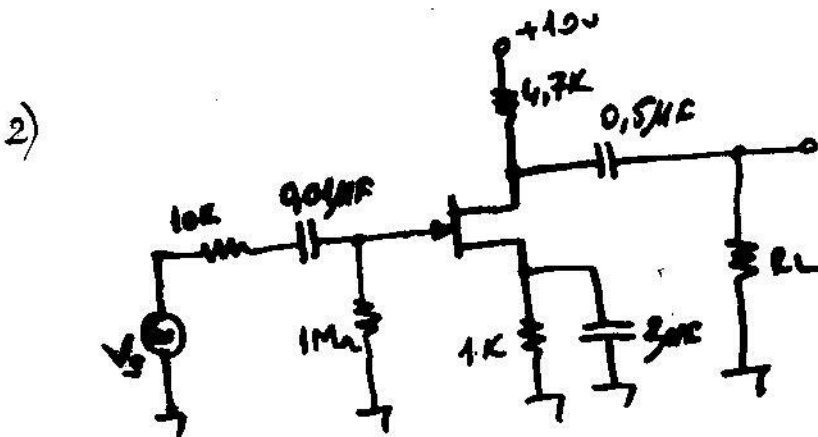
$$f_T = A_{V_{mid}} \cdot BW$$

$$f_T = A_{V_{mid}} \cdot f_{CH}$$

Örn: Aşağıdaki devrelerin toplam amplifikasyon frekans response'nu bulunuz ve bode diagramlarını çiziniz.



$$\begin{aligned} h_{FE} &= 125 & r_o &= \infty \\ C_{be} &= 25 \text{ pF} & C_{wi} &= 6 \text{ pF} \\ C_{bc} &= 10 \text{ pF} & C_{wo} &= 8 \text{ pF} \\ C_{ce} &= 1 \text{ pF} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} g_m &= 2 \text{ mS} \\ C_{gd} &= 2 \text{ pF} \\ C_{gs} &= 4 \text{ pF} \\ C_{ds} &= 0.5 \text{ pF} \\ C_{wi} &= 5 \text{ pF} \\ C_{wo} &= 6 \text{ pF} \end{aligned}$$