DEĞİŞKEN FREKANSLI DEVRELER

ÖĞRENME HEDEFLERİ

Değişken Frekans Cevabı Analizi
Frekansın fonksiyonu olarak devre performansı.
Transfer fonksiyonu

Sinüsoidal Frekans Analizi
Bode çizimleri (frekans cevabı verilerini görüntüleme)

Rezonans Devreleri
Rezonans olgusu ve karakterizasyonu

Ölçekleme
Empedans ve frekans ölçeklendirme

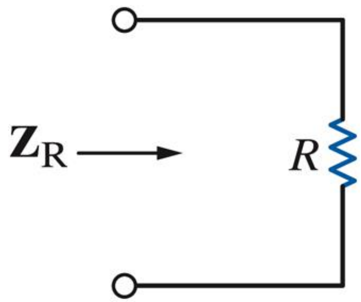
Filitre Devreleri
Frekans seçici özelliklere sahip devreler:
alçak geçiren, yüksek geçiren, bant geçiren

DEĞİŞKEN FREKANS-CEVAP ANALİZİ

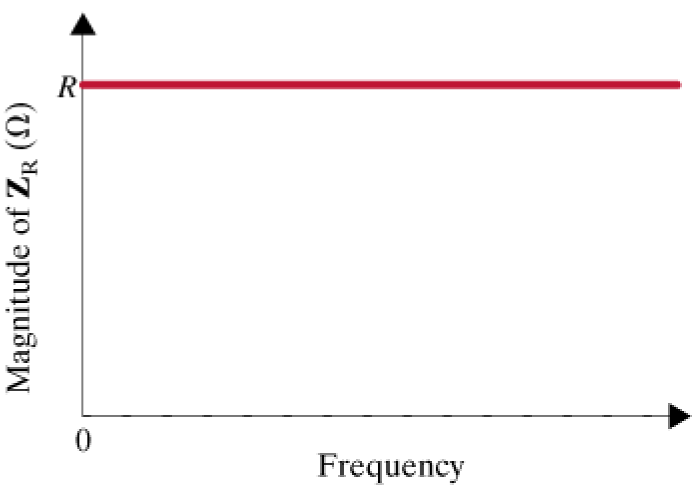
AA kalıcı durum analizinde, frekansın sabit olduğu varsayılır (ör., 50 Hz). Burada frekansı bir değişken olarak ele alıyor ve performansın frekansla nasıl değiştiğini inceliyoruz.

Temel elemanların empedansındaki değişim

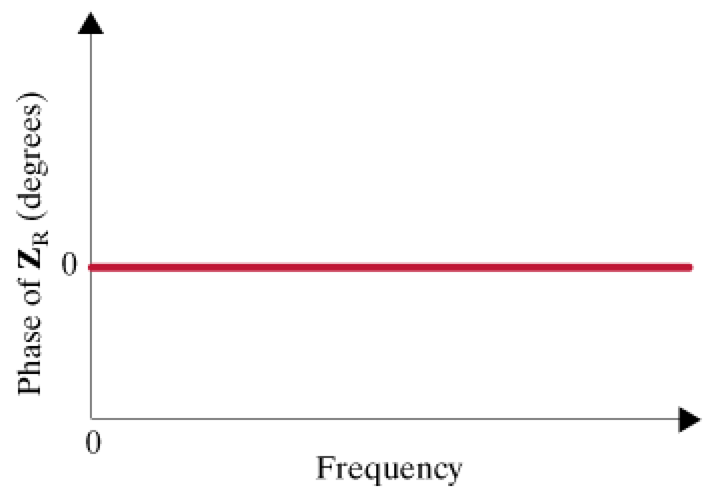
Direnç



$$\mathbf{Z}_R = R = R\angle 0^\circ$$



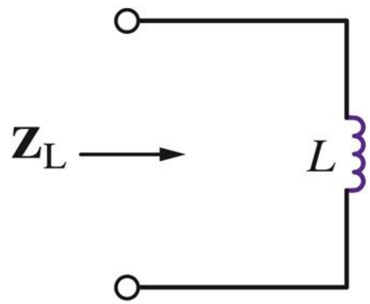
(b)



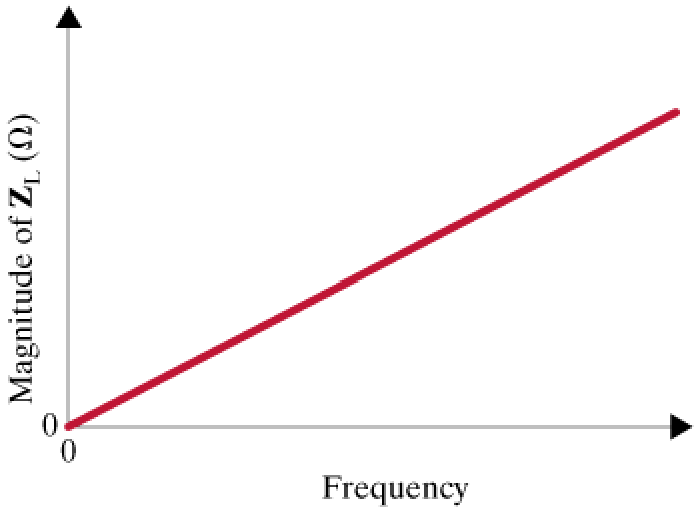
(c)

DEĞİŞKEN FREKANS-CEVAP ANALİZİ

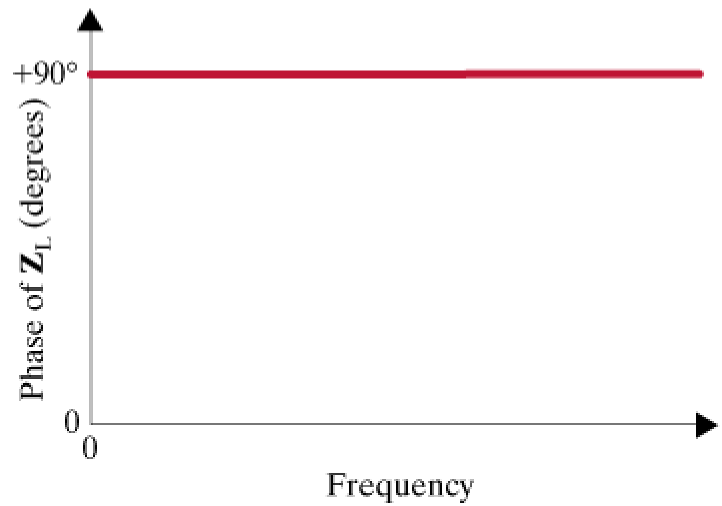
İndüktör



$$\boldsymbol{Z_L} = \boldsymbol{j}\omega\boldsymbol{L} = \omega\boldsymbol{L}\angle 90°$$



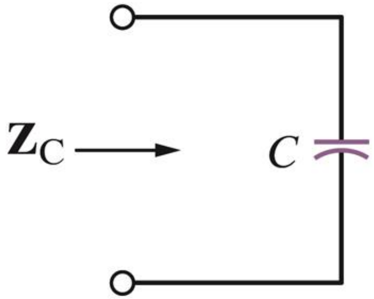
(b)



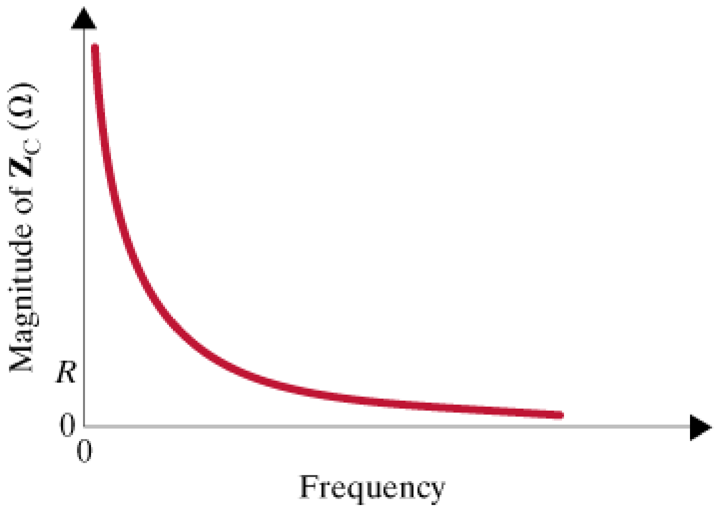
(c)

DEĞİŞKEN FREKANS-CEVAP ANALİZİ

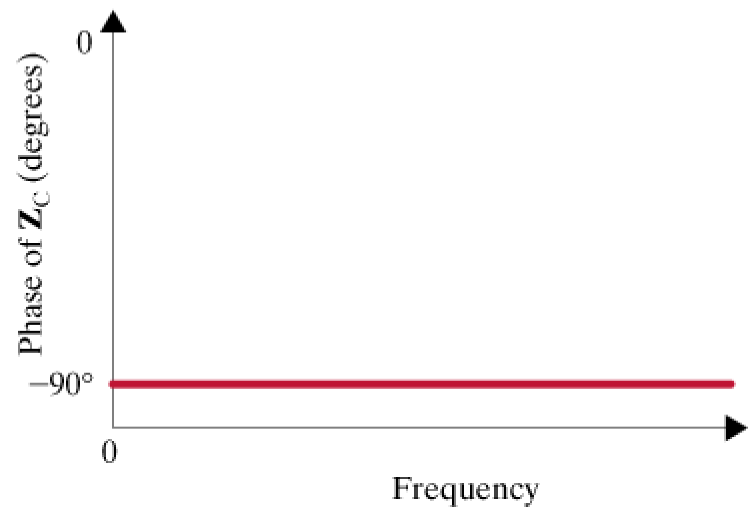
Kapasitör



$$\mathbf{Z}_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{\omega C}\underline{/-90^\circ}$$

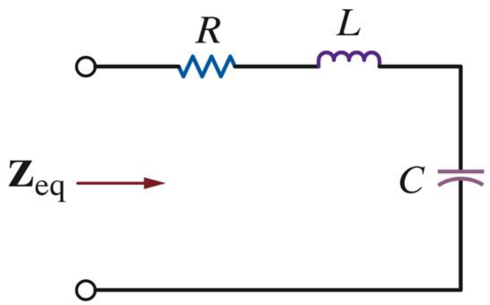


(b)



(c)

Seri RLC devresinin frekans bağımlı davranışı



$$Z_{eq} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = \frac{(j\omega)^2 LC + j\omega RC + 1}{j\omega C} \times \frac{-\boldsymbol{j}}{-\boldsymbol{j}} = \frac{\omega \boldsymbol{RC} + \boldsymbol{j}(\omega^2 \boldsymbol{LC} - 1)}{\omega \boldsymbol{C}}$$

Empedansın genliği ve açısı:

$$|Z_{eq}| = \frac{\sqrt{(\omega RC)^2 + (\omega^2 LC - 1)^2}}{\omega C}$$

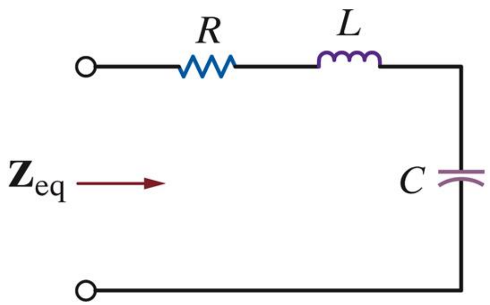
$$\angle \boldsymbol{Z}_{eq} = \tan^{-1}\left(\frac{\omega^2 \boldsymbol{LC} - 1}{\omega \boldsymbol{RC}}\right)$$

$$Z_{eq} = \frac{(j\omega)^2 LC + j\omega RC + 1}{j\omega C}$$

"gösterimde sadelestirme" $j\omega \approx s$

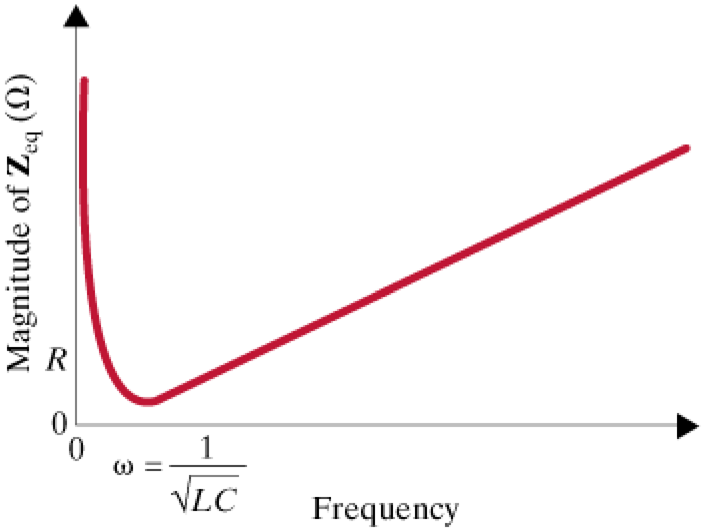
$$Z_{eq}(s) = \frac{s^2 LC + sRC + 1}{sC}$$

Seri RLC devresinin frekans bağımlı davranışı (devam)

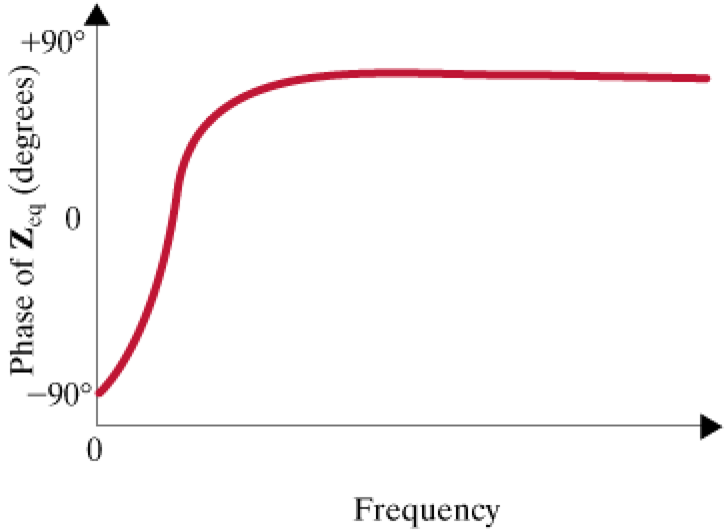


$$| Z_{eq} | = \frac{\sqrt{(\omega RC)^2 + (\omega^2 LC - 1)^2}}{\omega C}$$

$$\angle \boldsymbol{Z_{eq}} = \tan^{-1}\left(\frac{\omega^2 \boldsymbol{LC} - 1}{\omega \boldsymbol{RC}} \right)$$



(b)



(c)

Seri RLC devresinin frekans bağımlı davranışı (devam)

Temel elemanlar için basitleştirilmiş gösterim

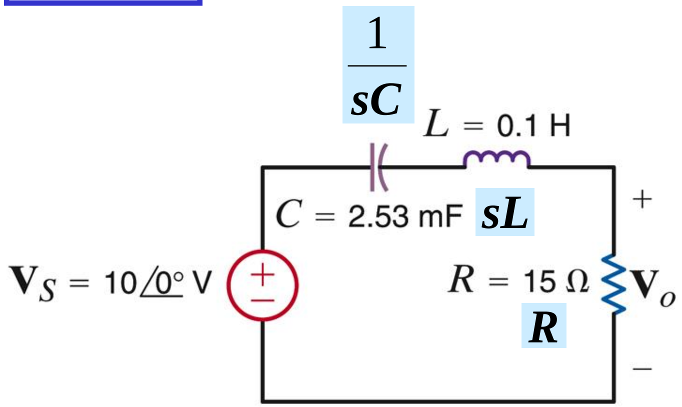
$$\mathbf{Z_R}(s) = R, \ \ \mathbf{Z_L}(s) = sL, \ \ \mathbf{Z_C}(s) = \frac{1}{sC}$$

Görülen tüm durumlar ve incelenecek tüm durumlar için, empedans formu

$$Z(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \ldots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \ldots + a_1 s + a_0}$$

Ayrıca, devre elemanları (R,L,C, bağımlı kaynaklar) gerçek ise, o zaman herhangi bir gerilim veya akımın ifadesi de s düzleminde rasyonel bir fonksiyon olacaktır.

ÖRNEK



$$V_o(s) = \frac{R}{R + sL + 1/sC} V_S = \frac{sRC}{s^2LC + sRC + 1} V_S$$

$$s \approx j\omega$$

$$V_o = \frac{j\omega RC}{(j\omega)^2 LC + j\omega RC + 1} V_S$$

$$V_o = \frac{j\omega(15 \times 2.53 \times 10^{-3})}{(j\omega)^2 (0.1 \times 2.53 \times 10^{-3}) + j\omega(15 \times 2.53 \times 10^{-3}) + 1} 10\angle 0^\circ$$

MATLAB frekans cevabı karakteristiklerini hesaplamak için etkin bir şekilde kullanılabilir.

GENLİK VE FAZ BİLGİLERİNİ HESAPLAMAK İÇİN MATLAB KULLANIMI

$$V_o(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \ldots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \ldots + a_1 s + a_0}$$

$>> num = [b_m, b_{m-1}, \ldots, b_1, b_0];$

$>> den = [a_n, a_{n-1}, \ldots, a_1, a_0];$

$>> \; freqs(num, den)$

Frekansın fonksiyonu olarak genlik ve fazı görüntülemek için gerekli MATLAB komutları.

NOT: virgül yerine (,), dizide sayıları ayırmak için boşluk kullanabilirsiniz.

ÖRNEK

$$\boldsymbol{V_o} = \frac{\overbrace{\boldsymbol{j}\omega(15\times 2.53\times 10^{-3})}^{b_1}}{\underbrace{(\boldsymbol{j}\omega)^2(0.1\times 2.53\times 10^{-3})}_{a_2} + \underbrace{\boldsymbol{j}\omega(15\times 2.53\times 10^{-3})}_{a_1} + \underbrace{1}_{a_0}}$$

$$V_o = \frac{s(15\times 2.53\times 10^{-3})}{s^2(0.1\times 2.53\times 10^{-3}) + s(15\times 2.53\times 10^{-3}) + 1}$$

```
» num=[15*2.53*1e-3,0];
» den=[0.1*2.53*1e-3,15*2.53*1e-3,1];
» freqs(num,den)
```

Eksik katsayılar sıfır olarak girilmelidir.

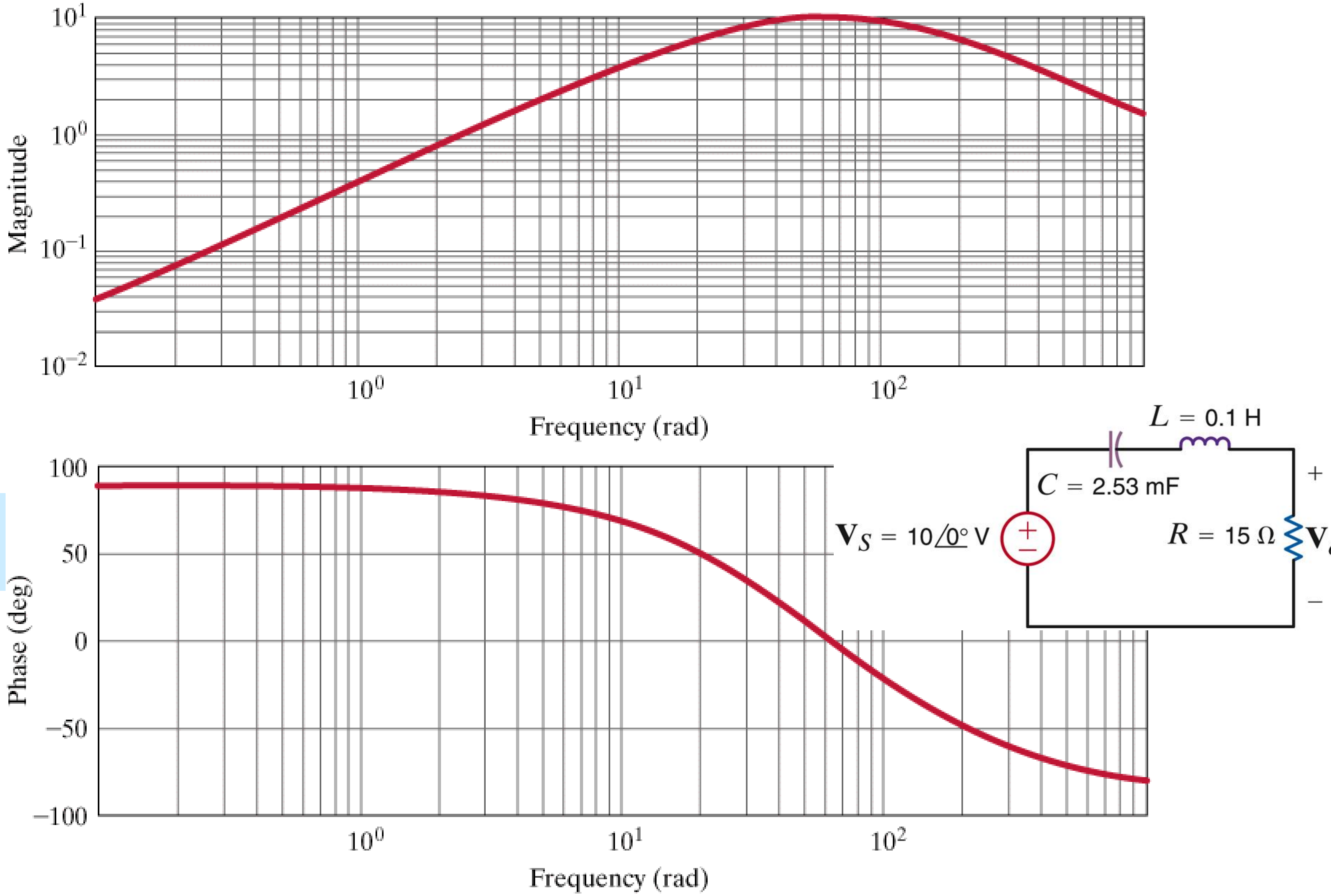
```
» num=[15*2.53*1e-3 0];
» den=[0.1*2.53*1e-3 15*2.53*1e-3 1];
» freqs(num,den)
```

Bu dizi de çalışacaktır. Başka yerlere boşluk koymamaya dikkat etmelisiniz.

MATLAB TARAFINDAN ÜRETİLEN GRAFİK ÇIKTISI

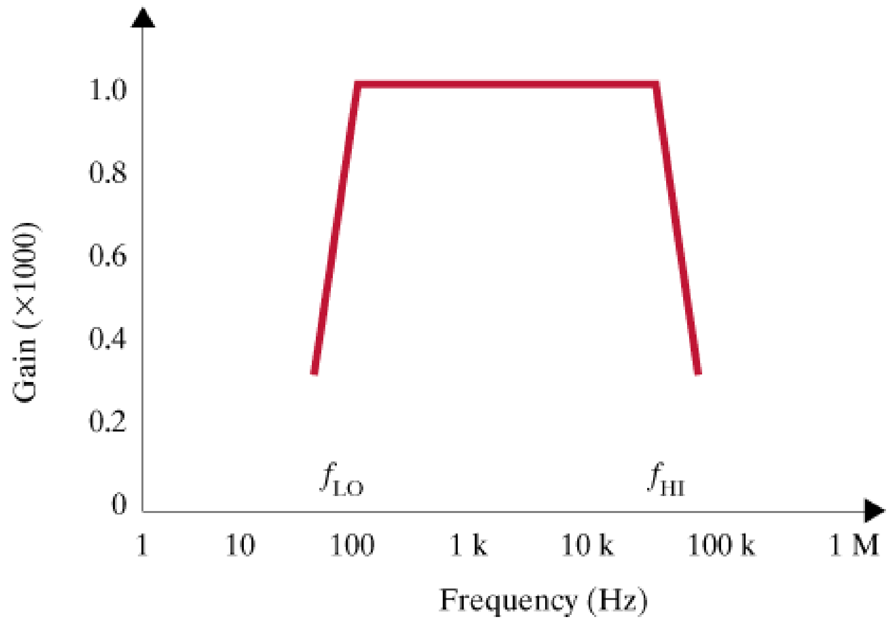
Log-log plot

Semi-log plot



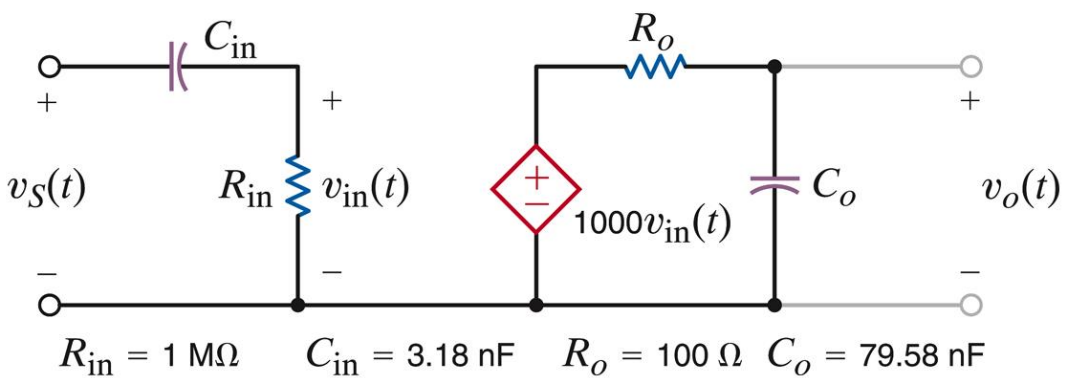
(b)

ÖRNEK Olası bir stereo yükselteç



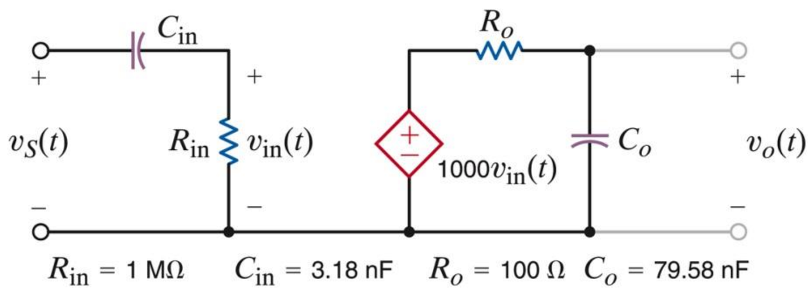
İstenen frekans karakteristiği (50Hz ve 15KHz arasında düz)

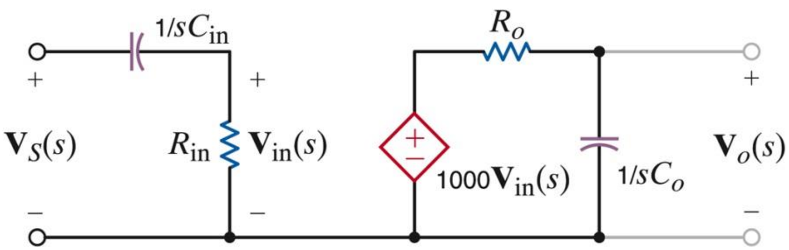
Logaritmik frekans ölçeği



Yükselteç

Yükseltecin Frekans Analizi





Frekans düzlemi eşdeğer devresi

$$G(s)=\frac{V_o(s)}{V_S(s)}=\frac{V_{in}(s)}{V_S(s)}\frac{V_o(s)}{V_{in}(s)}$$

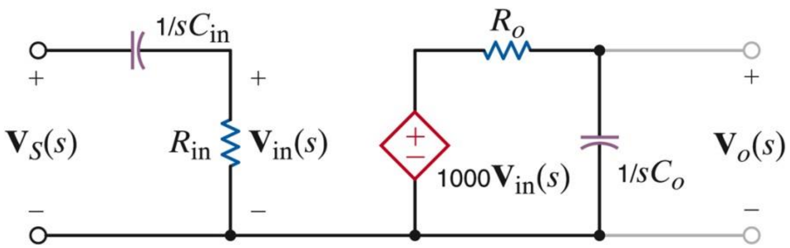
Gerilim kazancı

$$V_{in}(s)=\frac{R_{in}}{R_{in}+1/sC_{in}}V_S(s)$$

$$V_o(s)=\frac{1/sC_o}{1/sC_o+R_o}[1000V_{in}]$$

$$G(s)=\left[\frac{sC_{in}R_{in}}{1+sC_{in}R_{in}}\right][1000]\left[\frac{1}{1+sC_oR_o}\right]$$

Yükseltecin Frekans Analizi



Frekans düzlemi eşdeğer devresi

$$G(s)=\frac{V_o(s)}{V_S(s)}=\frac{V_{in}(s)}{V_S(s)}\frac{V_o(s)}{V_{in}(s)}$$

$$V_{in}(s)=\frac{R_{in}}{R_{in}+1/sC_{in}}V_S(s)$$

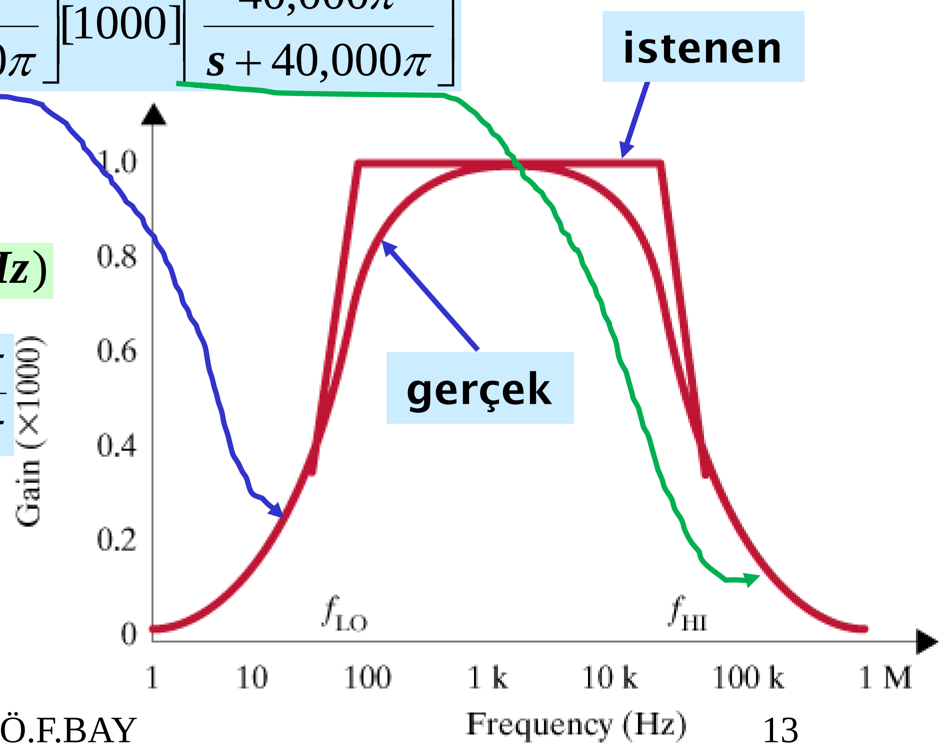
$$V_o(s)=\frac{1/sC_o}{1/sC_o+R_o}[1000V_{in}]$$

$$G(s)=\left[\frac{sC_{in}R_{in}}{1+sC_{in}R_{in}}\right][1000]\left[\frac{1}{1+sC_oR_o}\right]=\left[\frac{s}{s+100\pi}\right][1000]\left[\frac{40{,}000\pi}{s+40{,}000\pi}\right]$$

$$(C_{in}R_{in})^{-1}=\left(3.18\times10^{-9}\times10^{6}\right)^{-1}\approx100\pi\quad(50\,Hz)$$

$$(C_oR_o)^{-1}=\left(79.58\times10^{-9}\times100\right)^{-1}\approx40{,}000\pi\,(20kHz)$$

$$100\pi<<|s|<<40{,}000\pi\Rightarrow G(s)\approx\frac{s}{s}[1000]\frac{40{,}000\pi}{40{,}000\pi}$$



Frekans bağımlı davranış reaktif elemanlardan kaynaklanır.

DEVRE FONKSİYONLARI – TRANSFER FONKSİYONLARI

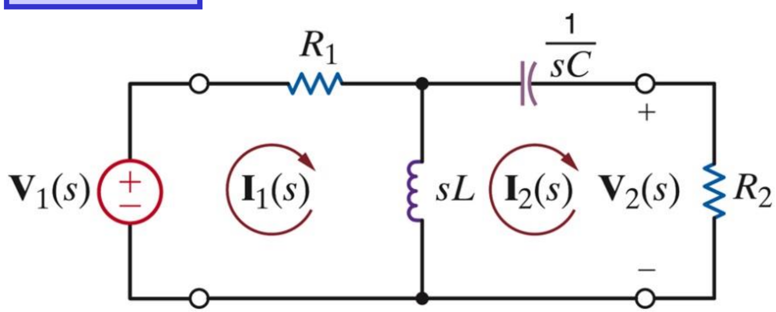
Bazı terminojiler

Farklı terminal çiftlerindeki akım ve gerilimler s-düzleminde tanımlandığında, bunlar arasındaki oranlar Transfer Fonksiyonu olarak tanımlanır.

INPUT	OUTPUT	TRANSFER FUNCTION	SYMBOL
Voltage	Voltage	Voltage gain	$\mathbf{G}_v(s)$
Current	Voltage	Transimpedance	$\mathbf{Z}(s)$
Current	Current	Current gain	$\mathbf{G}_i(s)$
Voltage	Current	Transadmittance	$\mathbf{Y}(s)$

Eğer aynı terminallerdeki gerilim ve akım tanımlanmışsa, Sürme Noktası Empedansı/Admitansı tanımlanabilir.

ÖRNEK

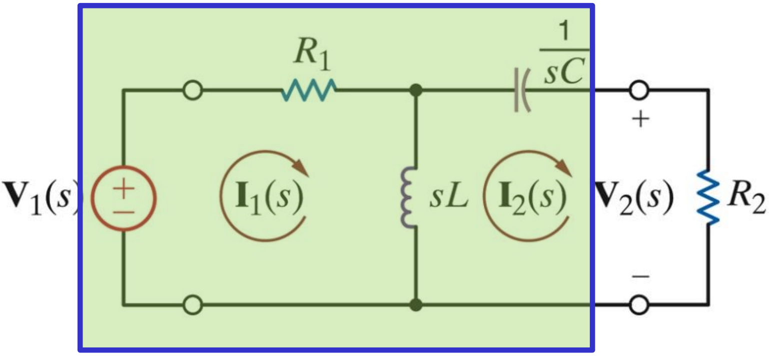


Transfer fonksiyonlarını hesaplamak için, devre çözülmelidir. Geçerli herhangi bir teknik kabul edilebilir.

$$\mathbf{Y}_T(\mathbf{s}) = \frac{\mathbf{I}_2(\mathbf{s})}{\mathbf{V}_1(\mathbf{s})} \begin{cases} \text{Transadmit ans} \\ \text{Transfer admitansi} \end{cases}$$

$$\mathbf{G}_v(\mathbf{s}) = \frac{\mathbf{V}_2(\mathbf{s})}{\mathbf{V}_1(\mathbf{s})} \quad \text{Gerilim kazanci}$$

ÖRNEK - devamı



Ders kitabı çevre analizi kullanmaktadır. Thevenin teoremini kullanacağız

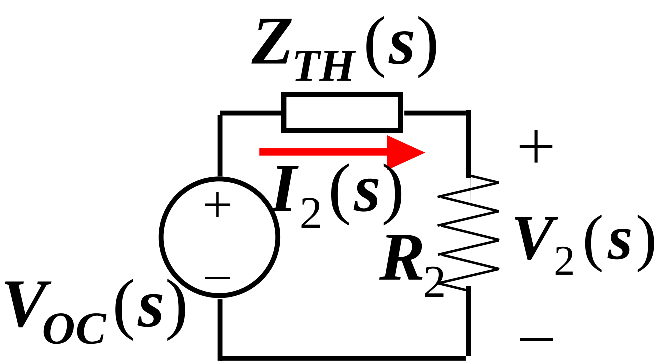
$$V_{OC}(s) = \frac{sL}{sL + R_1} V_1(s)$$

$$Z_{TH}(s) = \frac{1}{sC} + R_1 \parallel sL = \frac{1}{sC} + \frac{sLR_1}{sL + R_1}$$

$$Z_{TH}(s) = \frac{s^2 LCR_1 + sL + R_1}{sC(sL + R_1)}$$

$$\mathbf{Y_T(s)} = \frac{\mathbf{I_2(s)}}{\mathbf{V_1(s)}} \begin{cases} \text{Transadmit ans} \\ \text{Transfer admitansi} \end{cases}$$

$$\mathbf{G_v(s)} = \frac{\mathbf{V_2(s)}}{\mathbf{V_1(s)}} \quad \text{Gerilim kazanci}$$



$$I_2(s) = \frac{V_{OC}(s)}{R_2 + Z_{TH}(s)} = \frac{\dfrac{sL}{sL + R_1} V_1(s)}{R_2 + \dfrac{s^2 LCR_1 + sL + R_1}{sC(sL + R_1)}} \times \frac{sC(sL + R_1)}{sC(sL + R_1)}$$

$$Y_T(s) = \frac{s^2 LC}{s^2 (R_1 + R_2) LC + s(L + R_1 R_2 C) + R_1}$$

$$G_v(s) = \frac{V_s(s)}{V_1(s)} = \frac{R_2 I_2(s)}{V_1(s)} = R_2 Y_T(s)$$

KUTUPLAR VE SIFIRLAR

(Daha fazla terminoloji)

$$G(s)=\frac{b_m s^m + b_{m-1}s^{m-1}+\ldots+b_1 s+b_0}{a_n s^n + a_{n-1}s^{n-1}+\ldots+a_1 s+a_0}$$

Transfer fonksiyonu

Kökleri kullanarak, her polinom, birinci dereceden terimlerin bir çarpımı olarak ifade edilebilir.

$$G(s)=K_0\,\frac{(s-z_1)(s-z_2)\ldots(s-z_m)}{(s-p_1)(s-p_2)\ldots(s-p_n)}$$

$z_1, z_2, \ldots, z_m$ = transfer fonksiyonu nun SIFIRLARI

$p_1, p_2, \ldots, p_n$ = transfer fonksiyonu nun KUTUPLARI

Kazancı hesaplamak için, transfer fonksiyonu kutuplar, sıfırlar ve s'in bazı değerlerindeki fonksiyonun değerleri ile belirlenebilir.

ÖRNEK

SIFIRLAR : $z_1=-1$,

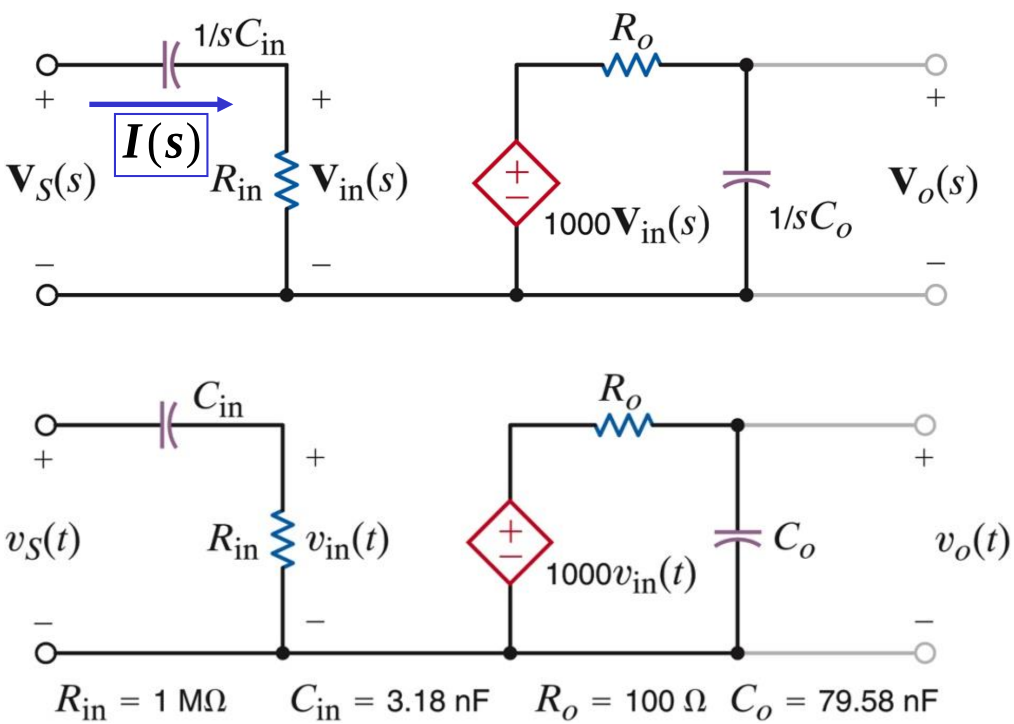
KUTUPLAR : $p_1=-2+j2,\ p_2=-2-j2$

$G(0)=1$

$$G(s)=K_0\,\frac{(s+1)}{(s+2-j2)(s+2+j2)}=\boldsymbol{K}_0\,\frac{\boldsymbol{s}+1}{\boldsymbol{s}^2+4\boldsymbol{s}+8}$$

$$G(0)=K_0\,\frac{1}{8}=1\Rightarrow \qquad G(s)=8\,\frac{s+1}{s^2+4s+8}$$

ÖRNEK $V_S(s)$ **deki sürüş noktası empedansını bulun**



$$\mathbf{Z(s)} = \frac{\mathbf{V_S(s)}}{\mathbf{I(s)}}$$

$$\text{KGK}: \mathbf{V_S(s) = R_{in} I(s)} + \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{sC_{in}}}\mathbf{I(s)}$$

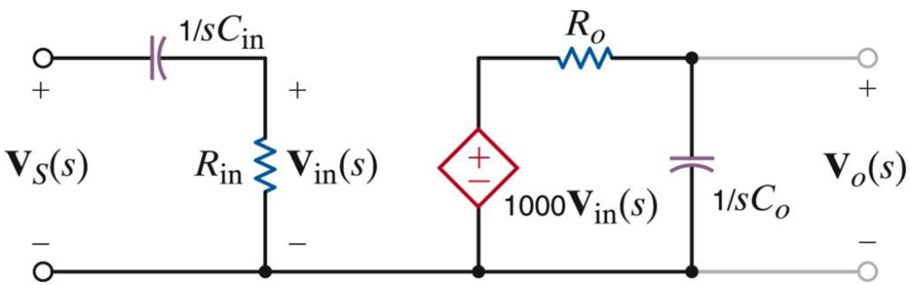
$$Z(s) = R_{in} + \frac{1}{sC_{in}} = \left[1 + \frac{100\pi}{s}\right] M\Omega$$

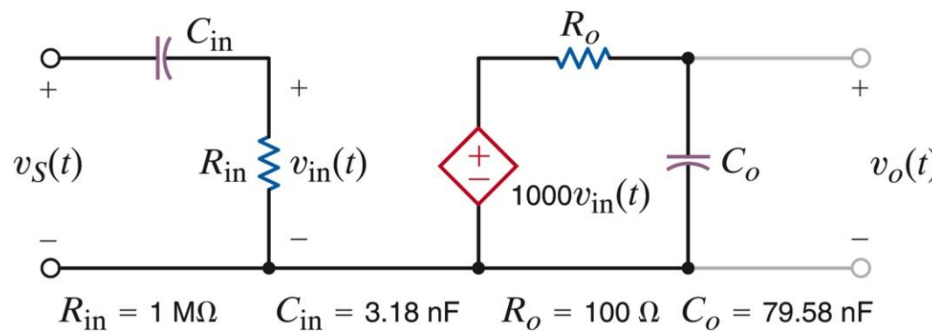
Sayısal değerlerle değiştirin

ÖRNEK

Gerilim kazanci $G(s) = \dfrac{V_o(s)}{V_S(s)}$ icin

KUTUP ve SIFIRLARIN yerini ve K_o degerini bulun





$$G(s) = K_0 \frac{(s-z_1)(s-z_2)\ldots(s-z_m)}{(s-p_1)(s-p_2)\ldots(s-p_n)}$$

Sıfırlar = payın kökleri
Kutuplar = paydanın kökleri

Bu durum için kazanç şöyle gösterilmişti

$$\boldsymbol{G(s)} = \left[\frac{\boldsymbol{sC_{in}R_{in}}}{1+\boldsymbol{sC_{in}R_{in}}}\right][1000]\left[\frac{1}{1+\boldsymbol{sC_oR_o}}\right] = \left[\frac{\boldsymbol{s}}{\boldsymbol{s}+100\pi}\right][1000]\left[\frac{40{,}000\pi}{\boldsymbol{s}+40{,}000\pi}\right]$$

SIFIRLAR : $z_1 = 0$

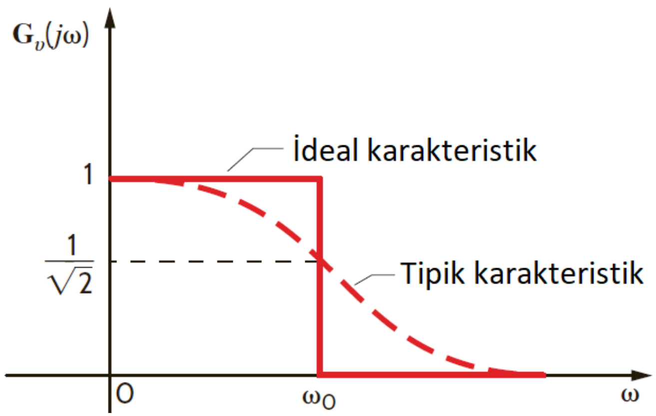
KUTUPLAR : $p_1 = -50\,Hz,\ p_2 = -20{,}000\,Hz$

$K_0 = (4\times 10^7)\pi$

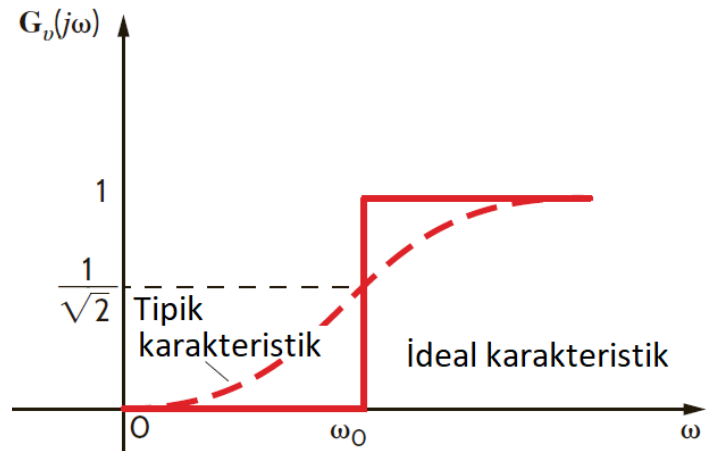
FİLİTRE DEVRELERİ

Frekans seçici davranışına sahip olacak şekilde tasarlanmış devreler

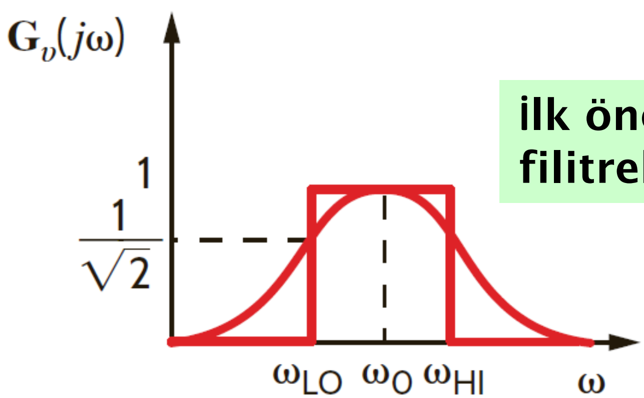
ORTAK FİLİTRELER



Alçak geçiren filitre

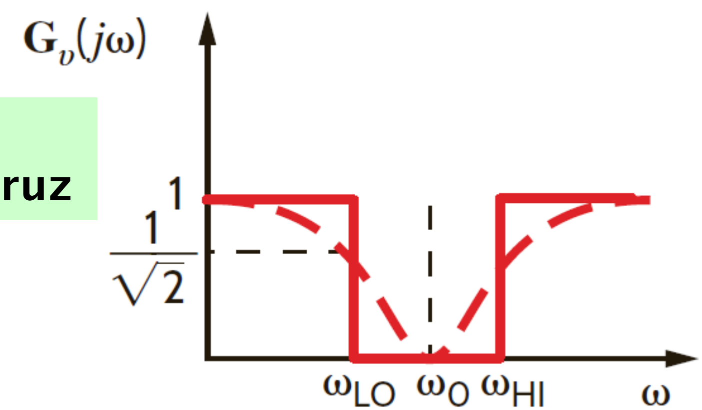


Yüksek geçiren filitre



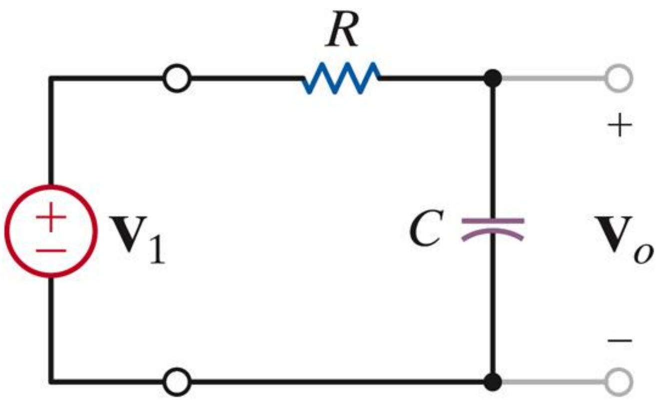
Bant geçiren filitre

ilk önce PASİF filitrelere odaklanıyoruz



Bant-durduran filitre

Basit alçak geçiren filitre



$$G_v = \frac{V_0}{V_1} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

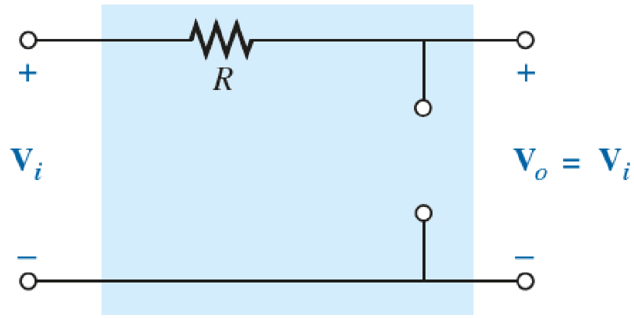
$$G_v = \frac{1}{1 + j\omega\tau}; \quad \tau = RC$$

$$M(\omega) = |G_v| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}}$$

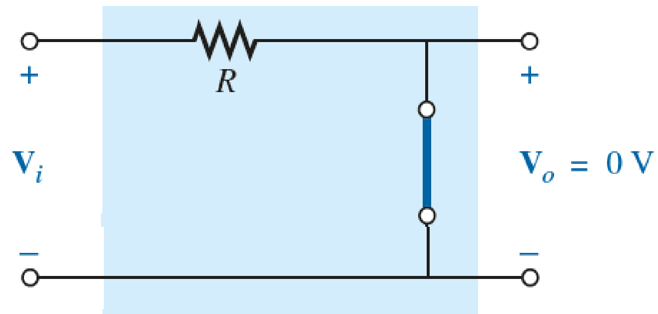
$$\angle G_v = \phi(\omega) = -\tan^{-1}\omega\tau$$

$$M_{max} = 1, \; M\left(\omega = \frac{1}{\tau}\right) = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

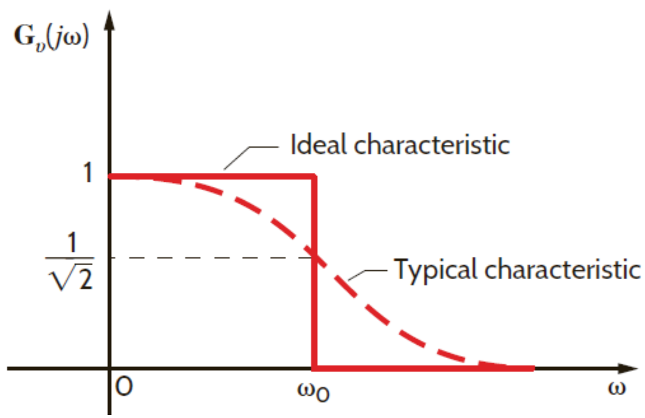
$$\omega = \frac{1}{\tau} = \text{kesim frekansi(yarim güç frekansi)}$$



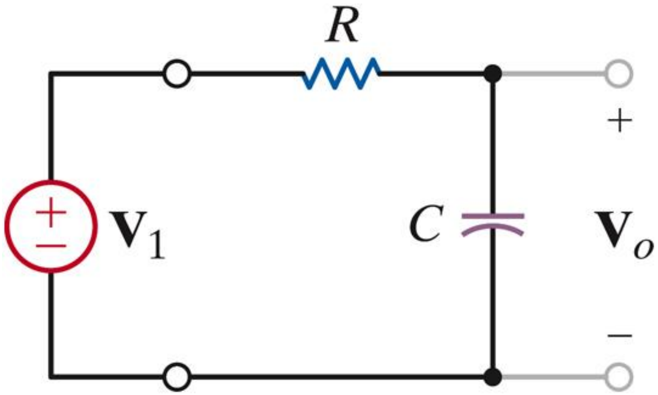
Düşük frekans $f = 0$ Hz,

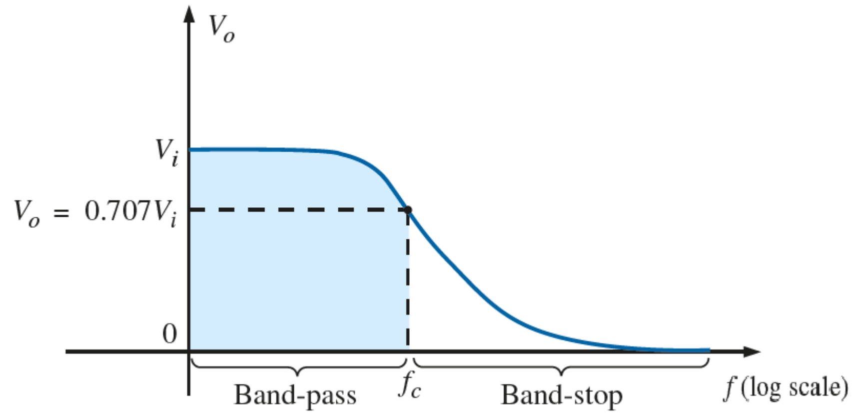


Çok yüksek frekans



Basit alçak geçiren filitre



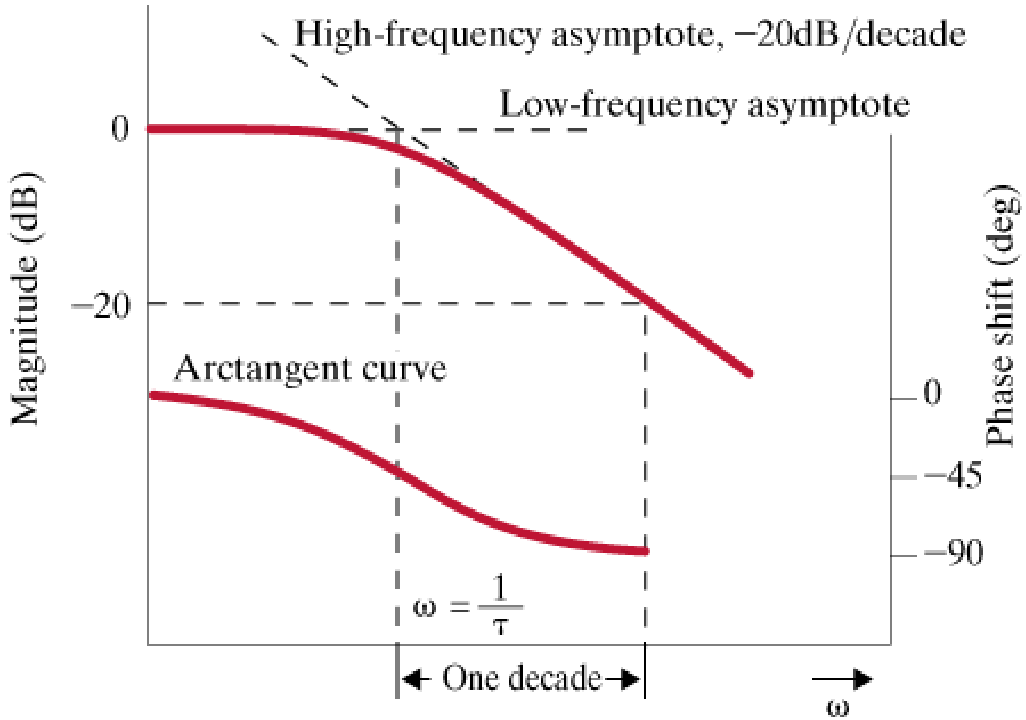


$$M(\omega) = |G_v| = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega\tau)^2}}$$

$$\angle G_v = \phi(\omega) = -\tan^{-1}\omega\tau$$

$$M_{\max} = 1, \quad M\left(\omega = \frac{1}{\tau}\right) = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

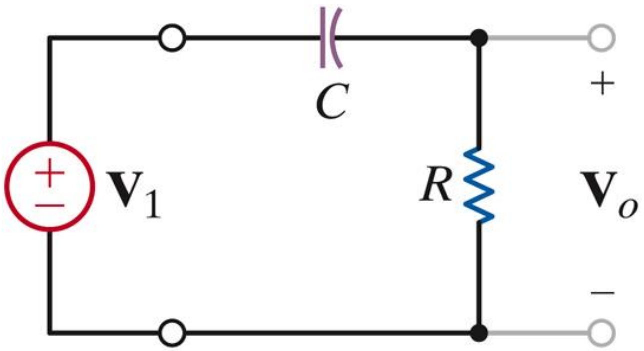
$$\omega = \frac{1}{\tau} = \text{kesim frekansi(yarim güç frekansi)}$$



(c)

$$\text{(Bant Genisligi)} \; BW = \frac{1}{\tau}$$

Basit yüksek geçiren filitre



$$G_v = \frac{V_0}{V_1} = \frac{R}{R + \dfrac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega CR}{1 + j\omega CR}$$

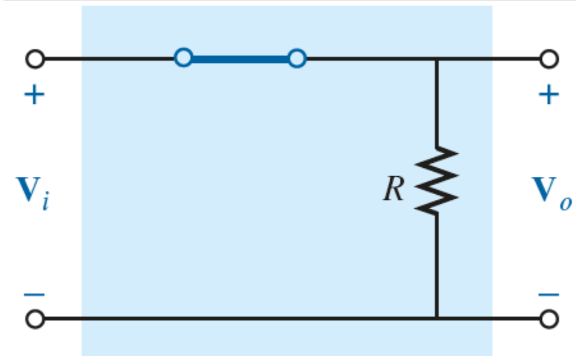
$$G_v = \frac{j\omega\tau}{1 + j\omega\tau}; \quad \tau = RC$$

$$M(\omega) = |G_v| = \frac{\omega\tau}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}}$$

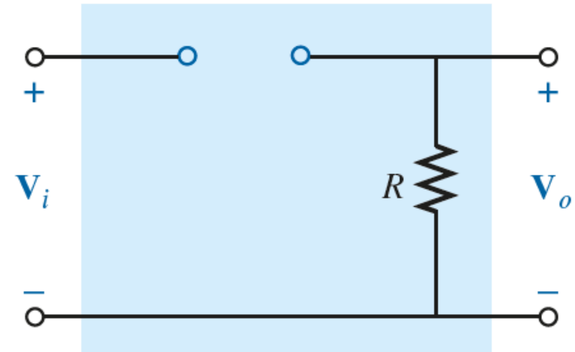
$$\angle G_v = \phi(\omega) = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\omega\tau$$

$$M_{\max} = 1, \quad M\left(\omega = \frac{1}{\tau}\right) = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

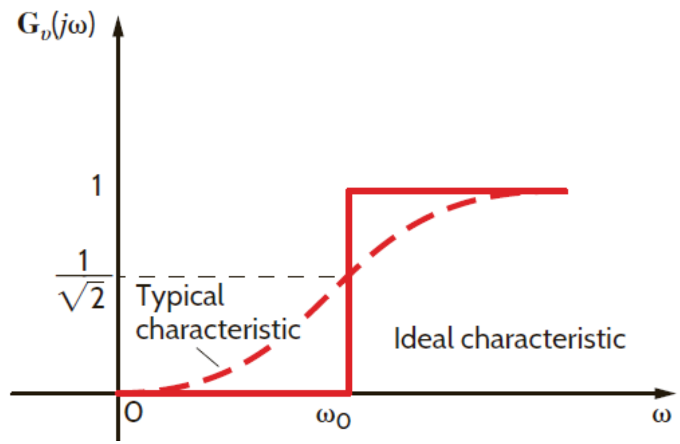
$$\omega = \frac{1}{\tau} = \text{kesim frekansi(yarim güç frekansi)}$$



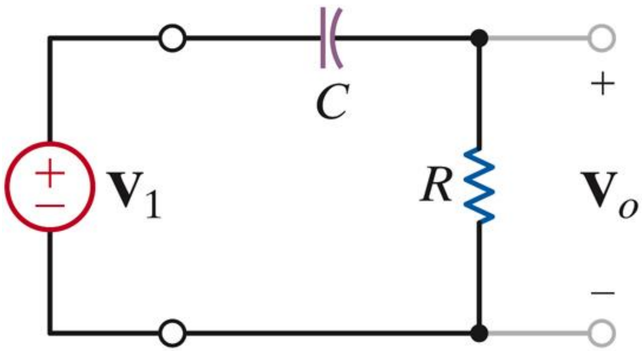
Çok yüksek frekans

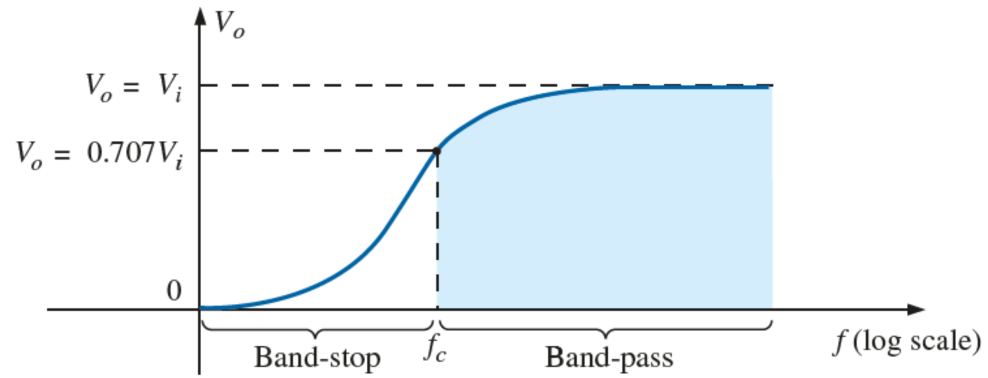


Düşük frekans $f = 0$ Hz,



Basit yüksek geçiren filitre



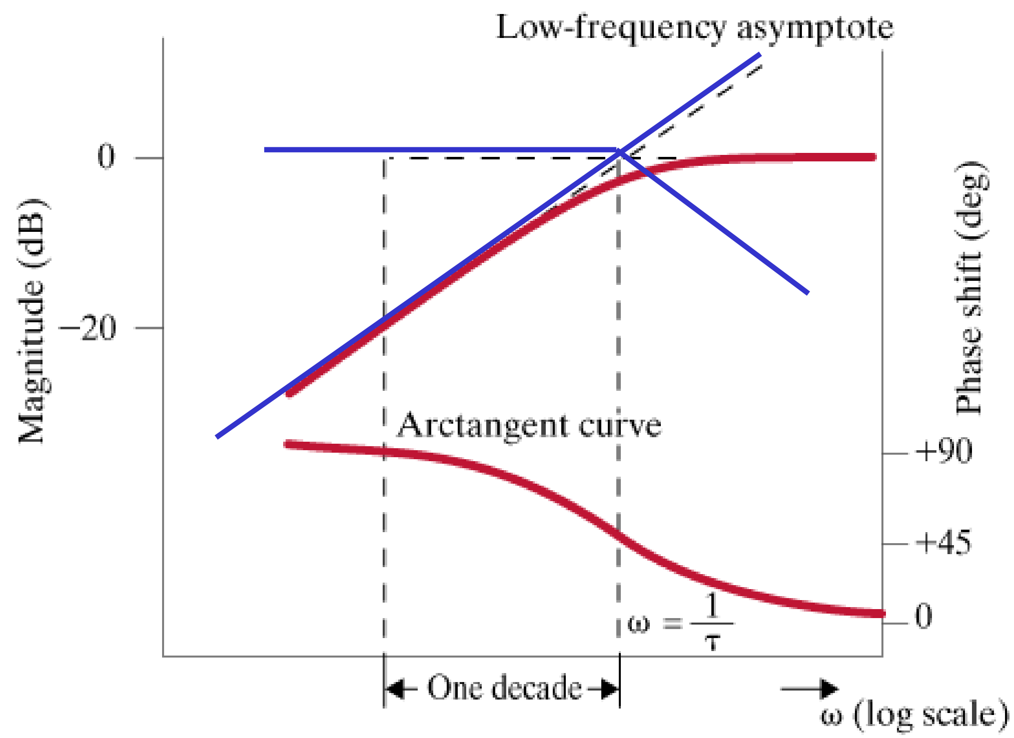


$$\boldsymbol{M}(\omega) = |\boldsymbol{G}_v| = \frac{\omega\tau}{\sqrt{1+(\omega\tau)^2}}$$

$$\angle \boldsymbol{G}_v = \phi(\omega) = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\omega\tau$$

$$\boldsymbol{M}_{\max} = 1,\ \ \boldsymbol{M}\left(\omega = \frac{1}{\tau}\right) = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

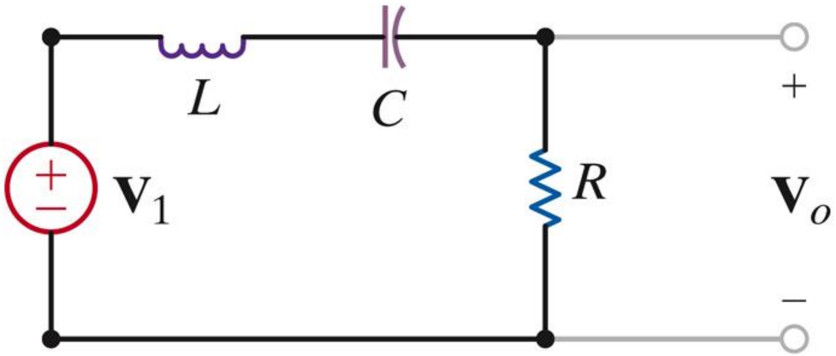
$$\omega = \frac{1}{\tau} = \text{kesim frekansi(yarim güç frekansi)}$$



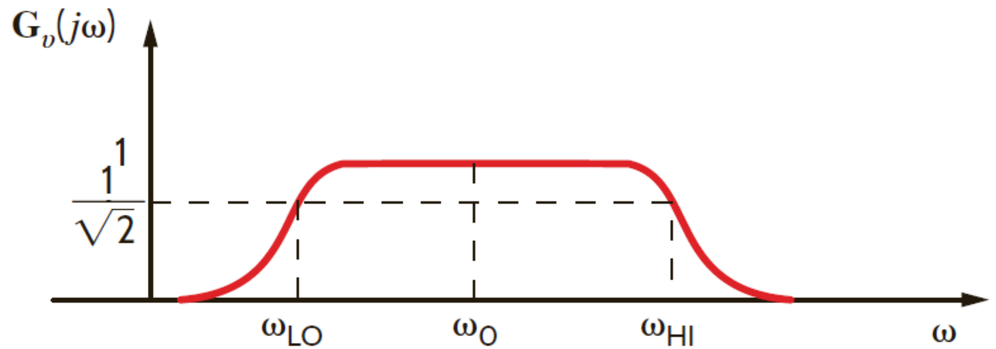
(c)

$$\omega_{LO} = \frac{1}{\tau}$$

Basit bant geçiren filitre



Bant-geçiren



$$G_v = \frac{V_0}{V_1} = \frac{R}{R + j\left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)}$$

$$M(\omega) = \frac{\omega RC}{\sqrt{(\omega RC)^2 + \left(\omega^2 LC - 1\right)^2}}$$

Orta frekans aralığında

$$(\omega RC)^2 >>> \left(\omega^2 LC - 1\right)^2$$

$$M\left(\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}\right) \approx 1 \qquad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Düşük frekanslarda

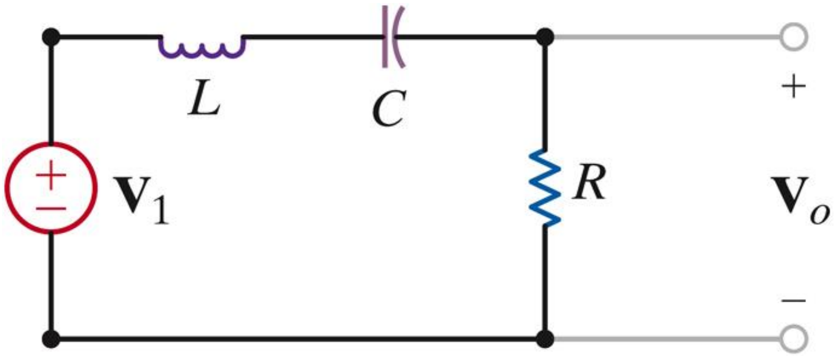
$$M(\omega) \approx \frac{\omega RC}{1} \approx 0$$

Yüksek frekanslarda

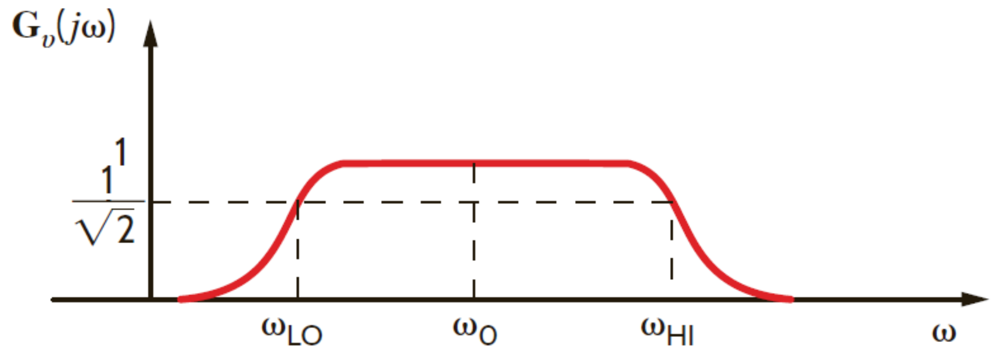
$$M(\omega) \approx \frac{\omega RC}{\omega^2 LC} \approx \frac{R}{\omega L} \approx 0$$

$$M(\omega = 0) = M(\omega = \infty) = 0$$

Basit bant geçiren filitre - devamı



Bant-geçiren



Düşük kesim frekansında

$$\omega^2 LC - 1 = -\omega RC \Rightarrow \omega^2 LC - 1 + \omega RC = 0$$

$$\boldsymbol{\omega^2 + \frac{R}{L}\omega - \frac{1}{LC} = 0 \Rightarrow \omega^2 + \frac{R}{L}\omega - \omega_0^2 = 0}$$

$$\omega_{LO} = \frac{-(R/L) + \sqrt{(R/L)^2 + 4\omega_0^2}}{2}$$

Yüksek kesim frekansında

$$\omega^2 LC - 1 = +\omega RC \Rightarrow \omega^2 LC - 1 - \omega RC = 0$$

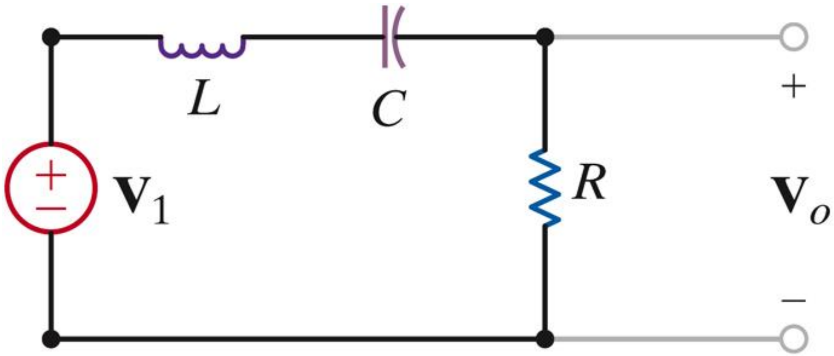
$$\omega^2 - \frac{R}{L}\omega - \frac{1}{LC} = 0 \Rightarrow \omega^2 - \frac{R}{L}\omega - \omega_0^2 = 0$$

$$\omega_{HI} = \frac{(R/L) + \sqrt{(R/L)^2 + 4\omega_0^2}}{2}$$

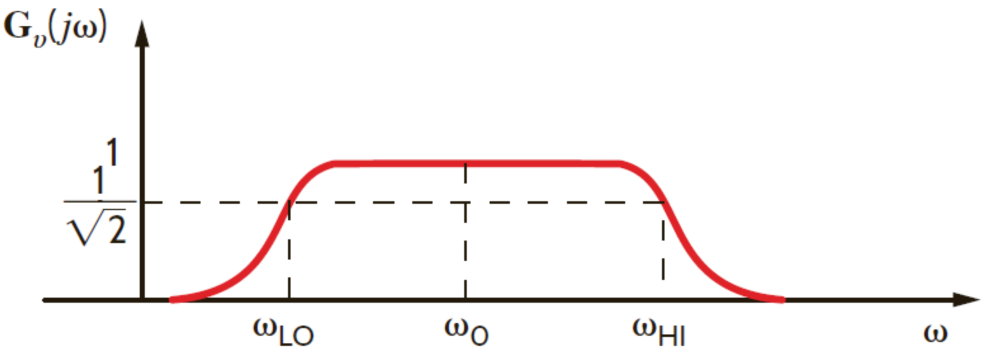
$$M(\omega_{LO}) = \frac{1}{\sqrt{2}} = M(\omega_{HI})$$

$$BW = \omega_{HI} - \omega_{LO} = \frac{R}{L}$$

Basit bant geçiren filitre -ÖZET



Bant-geçiren



$$G_v = \frac{V_0}{V_1} = \frac{R}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}$$

$$M(\omega) = \frac{\omega RC}{\sqrt{(\omega RC)^2 + (\omega^2 LC - 1)^2}}$$

$$M\left(\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}\right) = 1 \qquad M(\omega = 0) = M(\omega = \infty) = 0$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

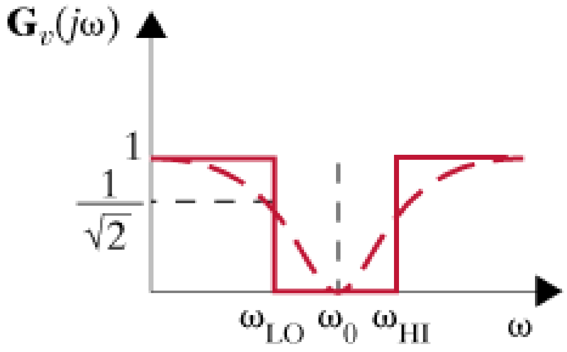
$$M(\omega_{LO}) = \frac{1}{\sqrt{2}} = M(\omega_{HI})$$

$$\omega_{LO} = \frac{-(R/L) + \sqrt{(R/L)^2 + 4\omega_0^2}}{2}$$

$$\omega_{HI} = \frac{(R/L) + \sqrt{(R/L)^2 + 4\omega_0^2}}{2}$$

$$BW = \omega_{HI} - \omega_{LO} = \frac{R}{L}$$

Basit bant durduran filitre

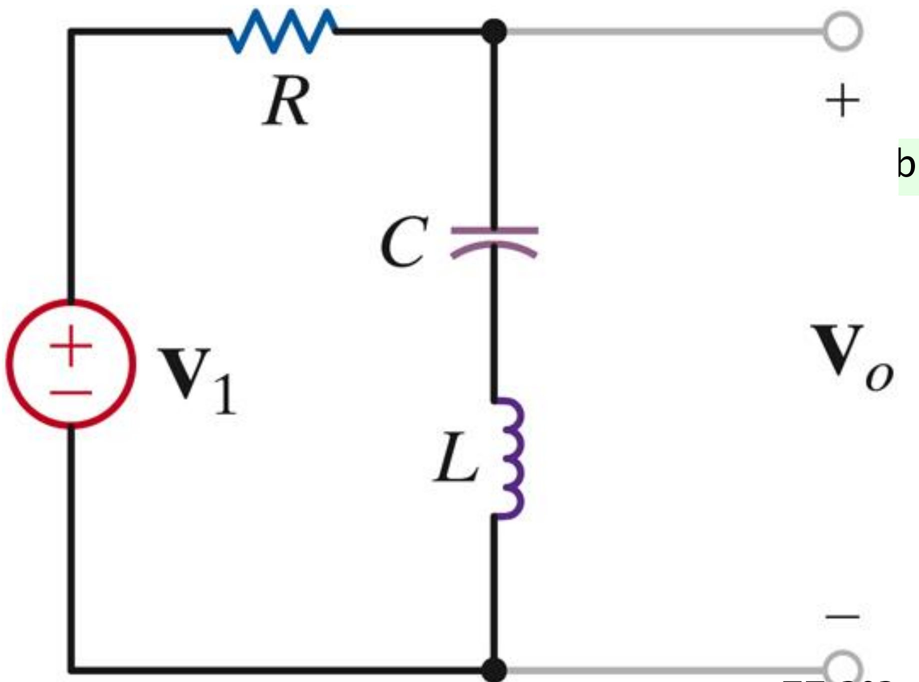


(b)

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \boldsymbol{j}\left(\omega_0 \boldsymbol{L} - \frac{1}{\omega_0 \boldsymbol{C}}\right) = 0$$

$\omega = 0$ da kapasitör acik devre gibi davranir $\Rightarrow V_0 = V_1$

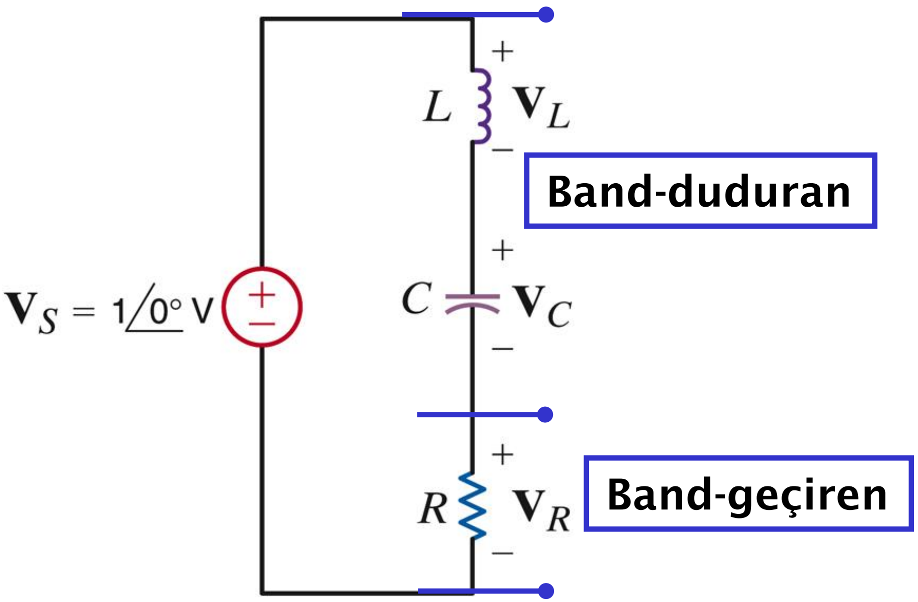
$\boldsymbol{\omega} = \infty$ da indüktör acik devre gibi davranir $\Rightarrow V_0 = V_1$

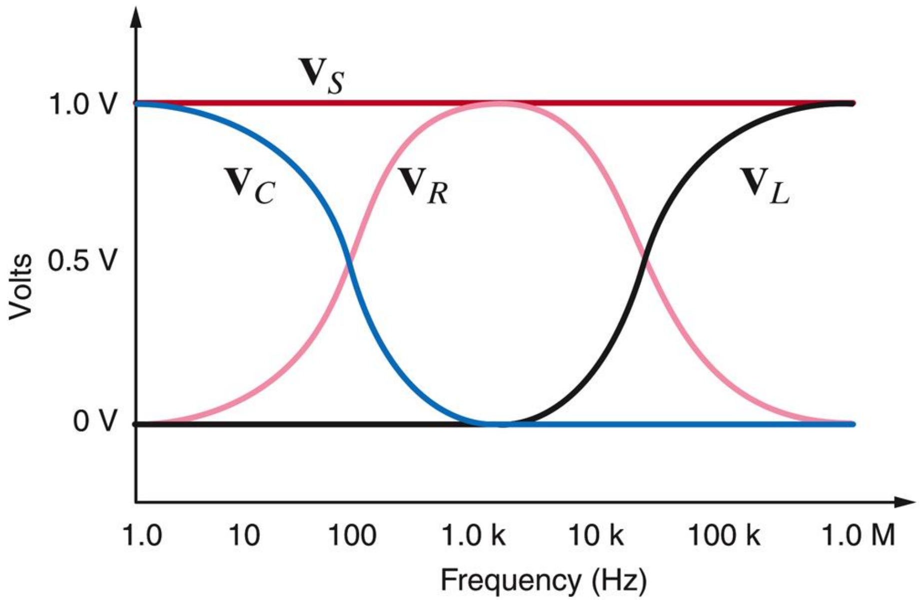


band geciren filitrede ω_{LO}, ω_{HI} belirlenir

ÖRNEK

Çıkışın alındığı yere bağlı olarak, bu devre alçak geçiren, yüksek geçiren veya bant geçiren veya bant duduran filtreleri üretebilir.





$R = 10\Omega,\ L = 159\,\mu H,\ C = 159\,\mu F$ icin Bode egrisi

$$\frac{\boldsymbol{V_L}}{\boldsymbol{V_S}} = \frac{j\omega \boldsymbol{L}}{\boldsymbol{R} + j\left(\omega \boldsymbol{L} - \dfrac{1}{\omega \boldsymbol{C}}\right)}$$

$$\frac{\boldsymbol{V_L}}{\boldsymbol{V_S}}(\omega = 0) = 0,\ \frac{\boldsymbol{V_L}}{\boldsymbol{V_S}}(\omega = \infty) = 1$$

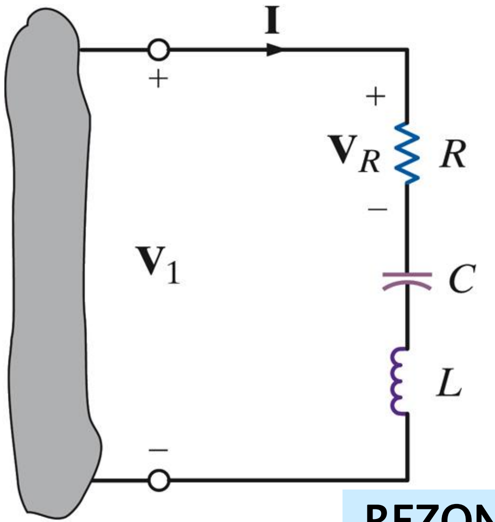
Yüksek geçiren

$$\frac{\boldsymbol{V_C}}{\boldsymbol{V_S}} = \frac{\dfrac{1}{j\omega \boldsymbol{C}}}{\boldsymbol{R} + j\left(\omega \boldsymbol{L} - \dfrac{1}{\omega \boldsymbol{C}}\right)}$$

$$\frac{\boldsymbol{V_C}}{\boldsymbol{V_S}}(\omega = 0) = 1,\ \frac{\boldsymbol{V_C}}{\boldsymbol{V_S}}(\omega = \infty) = 0$$

Alçak geçiren

REZONANS DEVRELERİ – SERİ REZONANS



$$\mathbf{Z}(j\omega) = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

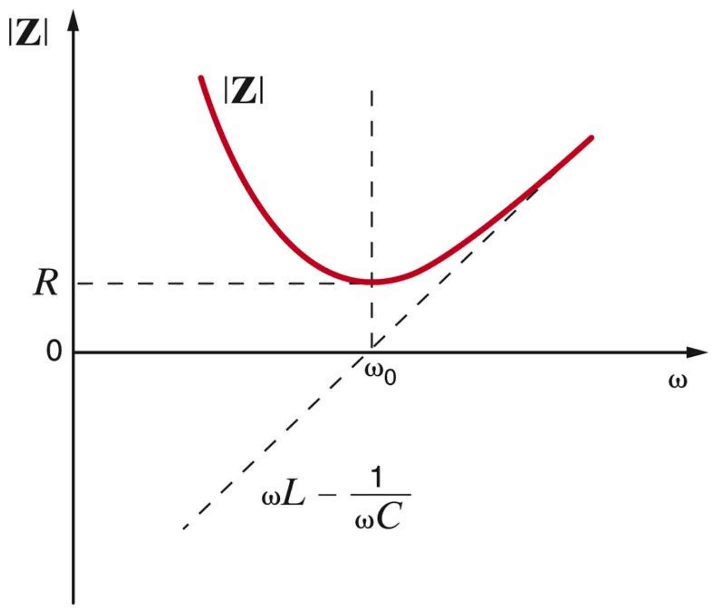
$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow \mathbf{Im\{Z\} = 0}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \mathbf{Z}(j\omega_0) = R$$

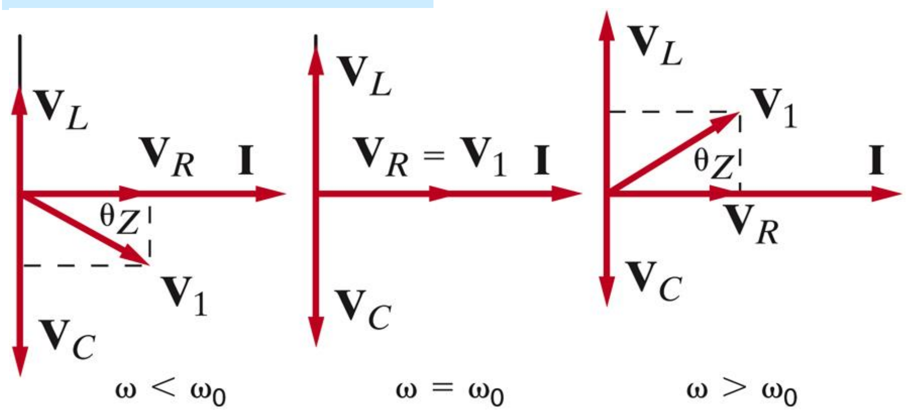
REZONANS FREKANSI

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

KALİTE FAKTÖRÜ

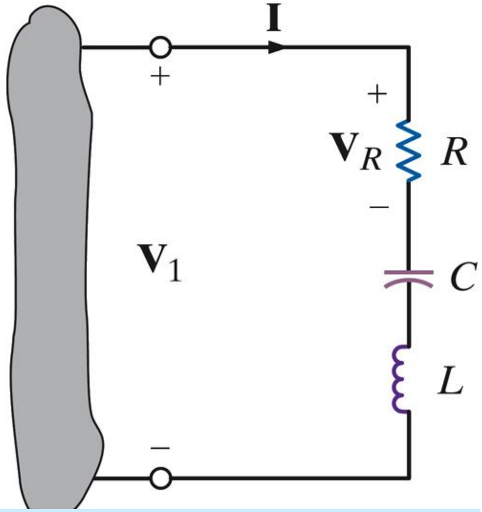


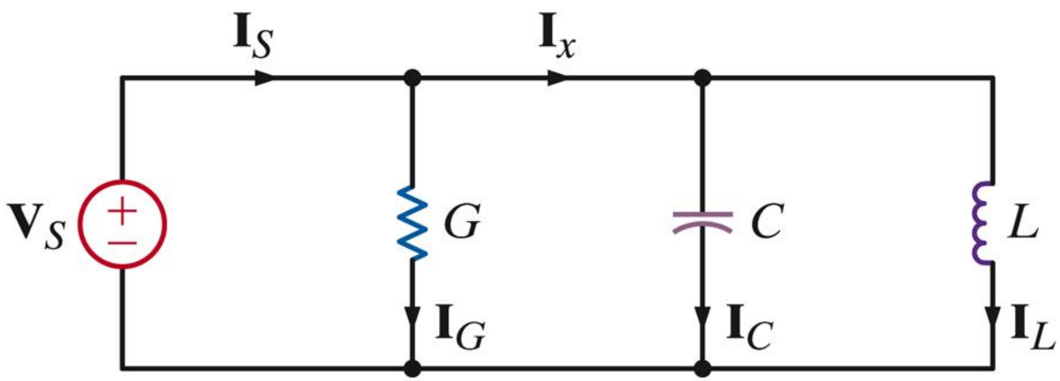
FAZÖR DİYAGRAMI



REZONANS DEVRELERİ

Bunlar çok özel frekans özelliklerine sahip devrelerdir…
Ve rezonans çok önemli bir fiziksel olgudur.





Seri RLC devresi

$$\mathbf{Z}(j\omega) = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

Paralel RLC devresi

$$\mathbf{Y}(j\omega) = G + j\omega C + \frac{1}{j\omega L}$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ oldugunda,}$$

Her bir devrenin reaktansı sifirdir

Devrenin sadece dirençten ibaret hale geldiği frekansa rezonans frekansı denir.

Rezonans devrelerinin özellikleri

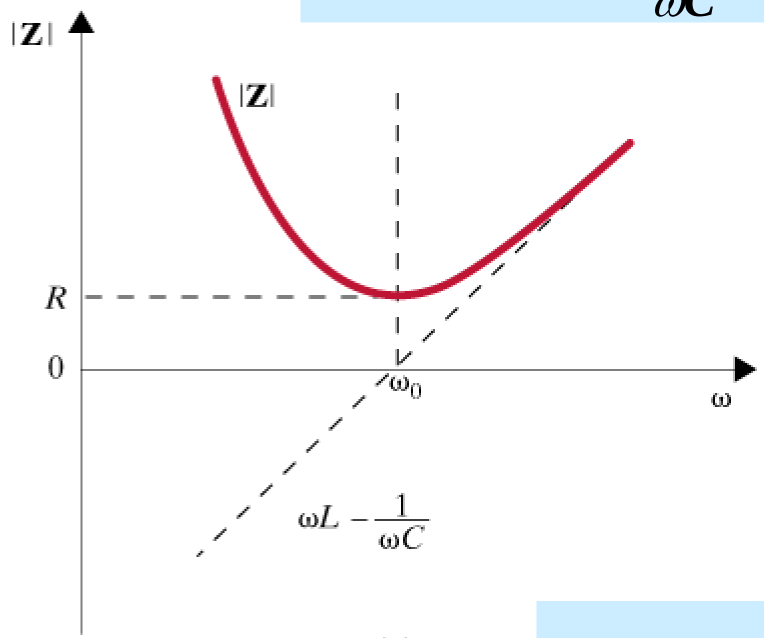
Rezonansta empedans / admitans minimumdur.

$$Z(j\omega) = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

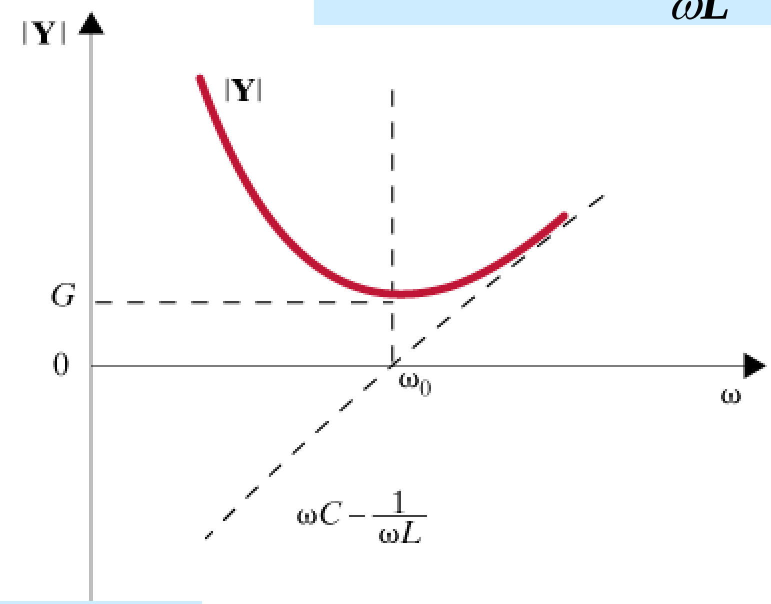
$$|Z|^2 = R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2$$

$$Y(j\omega) = G + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C$$

$$|Y|^2 = G^2 + (\omega C - \frac{1}{\omega L})^2$$



(a)



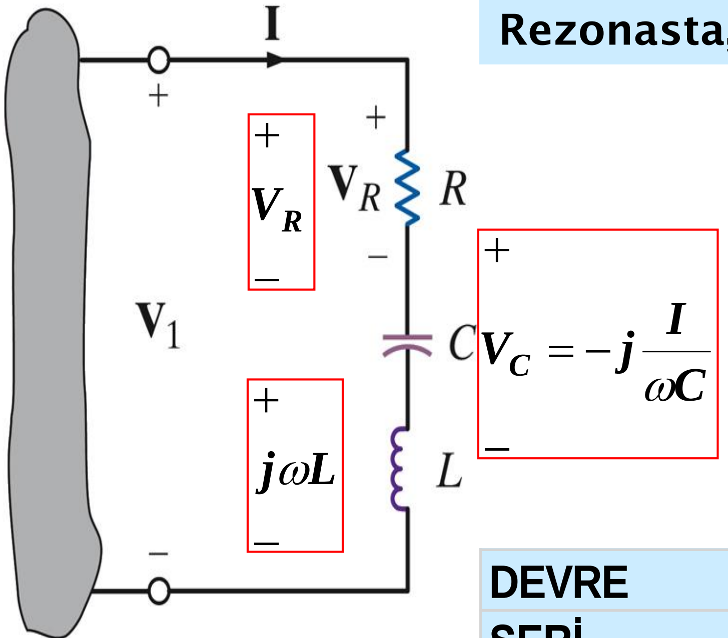
(b)

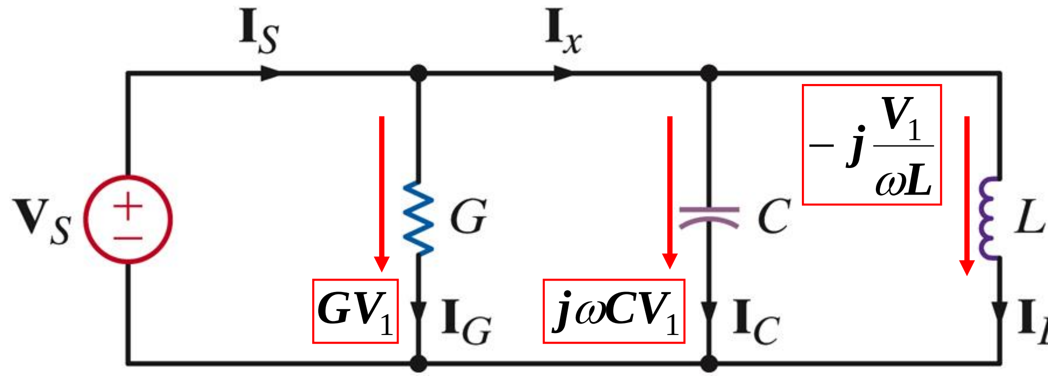
Kalite Faktörü : $Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR}$

Eğer direnç küçükse, seri devreden geçen akım / paralel devre uçlarındaki gerilim çok büyük olabilir

Rezonans devrelerinin özellikleri

Rezonasta, güç faktörü bir'dir.

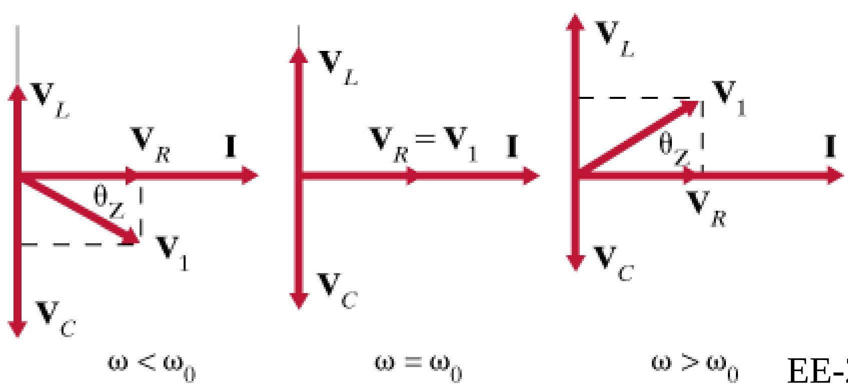




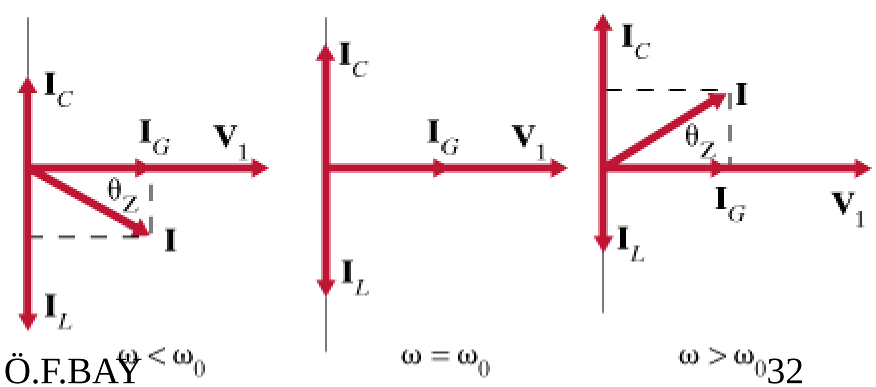
DEVRE	REZONANS ALTI	REZONANS ÜSTÜ
SERİ	KAPASİTİF	İNDÜKTİF
PARALEL	İNDÜKTİF	KAPASİTİF

Seri devre için fazör diyagramı

Paralel devre için fazör diyagramı



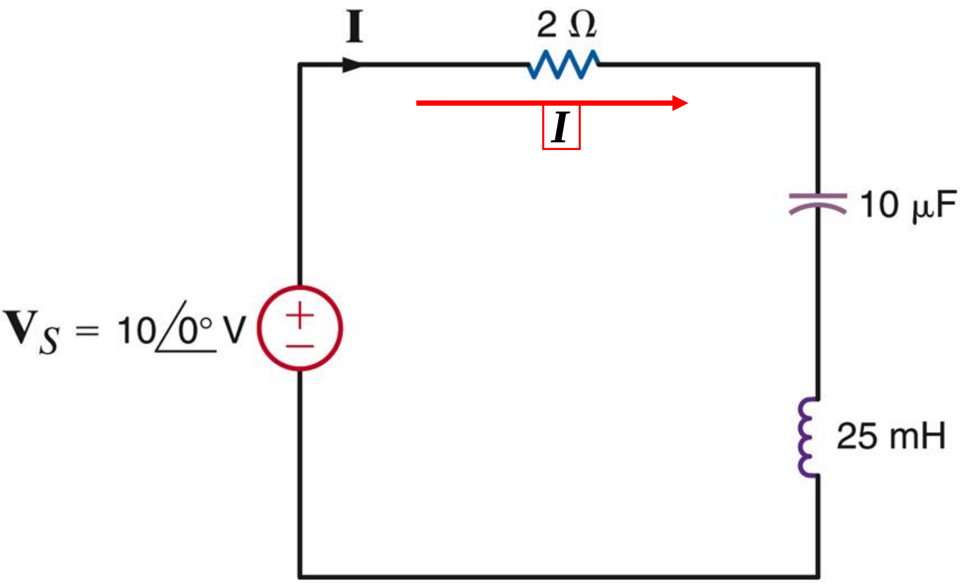
(a)



(b)

ÖRNEK

Rezonans frekansını, rezonanstaki her bir elemanın gerilimini ve kalite faktörünün değerini belirleyin.



$$\frac{1}{\omega_0 \boldsymbol{C}} = \omega_0 \boldsymbol{L} = 50\Omega$$

$$\boldsymbol{V_C} = \frac{1}{\boldsymbol{j}\omega_0 \boldsymbol{C}} \boldsymbol{I} = -\boldsymbol{j}50 \times 5 = 250\angle -90°$$

$$\boldsymbol{Q} = \frac{\omega_0 \boldsymbol{L}}{\boldsymbol{R}} = \frac{50}{2} = 25$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{\boldsymbol{LC}}} = \frac{1}{\sqrt{(25 \times 10^{-3} \boldsymbol{H})(10 \times 10^{-6} \boldsymbol{F})}} = 2000 \boldsymbol{rad} / \sec$$

Rezonasta $\mathbf{Z} = 2\Omega$

$$\boldsymbol{I} = \frac{\boldsymbol{V_S}}{\boldsymbol{Z}} = \frac{10\angle 0°}{2} = 5\boldsymbol{A}$$

$$\omega_0 \boldsymbol{L} = (2 \times 10^3)(25 \times 10^{-3}) = 50\Omega$$

$$\boldsymbol{V_L} = \boldsymbol{j}\omega_0 \boldsymbol{L I} = \boldsymbol{j}50 \times 5 = 250\angle 90° (\boldsymbol{V})$$

Rezonansta

$$|\mathbf{V_L}| = \omega_0 L \left| \frac{\mathbf{V_S}}{R} \right| = Q |\mathbf{V_S}|$$

$$|\mathbf{V_C}| = Q |\mathbf{V_S}|$$

ÖRNEK Q faktörü 200 ve L = 0.02H verildiğinde, 1000 Hz'de rezonansta olan bir devre oluşturmak için gerekli kapasitörü belirleyin.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow 2\pi \times 1000 = \frac{1}{\sqrt{0.02C}} \Rightarrow C = 1.27\mu F$$

Devre 10V kaynakla test edildiğinde kapasitör için oran nedir?

Rezonasta

$$|\mathbf{V_L}| = \omega_0 L \left|\frac{\mathbf{V_S}}{R}\right| = Q|\mathbf{V_S}|$$

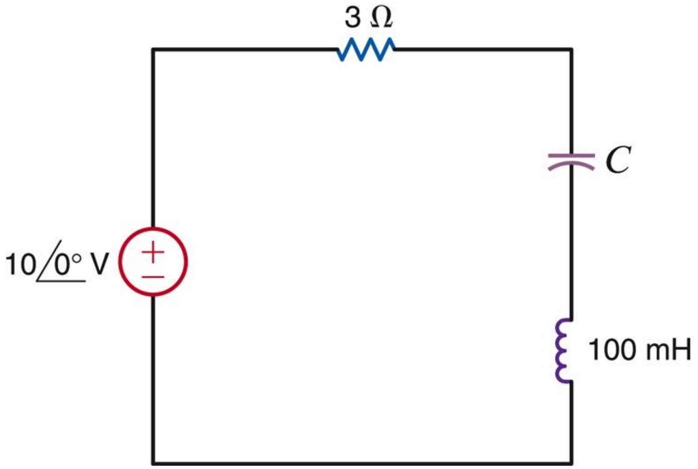
$$|\mathbf{V_C}| = Q|\mathbf{V_S}| \Rightarrow |V_C| = 2000V$$

$$\text{L degeri } \; Q = 200 \text{ icin} \Rightarrow 200 = \frac{\omega_0 L}{R} \Rightarrow R = \frac{2\pi \times 1000 \times 0.02}{200} = 1.59\Omega$$

$$I = \frac{10}{1.59} = 6.28A$$

Kapasitör üzerindeki reaktif güç 12kVA'yı aşıyor

ÖRNEK **Devreyi 1800rad / sn'de rezonansa getirecek C değerini bulun.**



$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$1800 = \frac{1}{\sqrt{0.1(H) \times C}} \Rightarrow C = \frac{1}{0.1 \times 1800^2}$$

$$C = 3.09\,\mu F$$

Devre için Q ve kapasitör uçlarındaki gerilimin genliğini bulun

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R}$$

$$Q = \frac{1800 \times 0.1}{3} = 60$$

Rezonasta

$$|\mathbf{V_L}| = \omega_0 L \left| \frac{\mathbf{V_S}}{R} \right| = Q|\mathbf{V_S}|$$

$$|\mathbf{V_C}| = Q|\mathbf{V_S}|$$

$$|V_C| = 600V$$

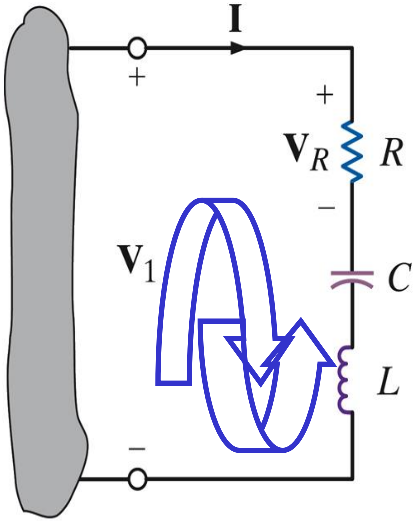
Kalite Faktörü - Q faktör

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R}$$

Seri devreler için: Yüksek Q , Düşük R

Paralel devreler için: Yüksek Q , Yüksek R

Yüksek Q, küçük BG

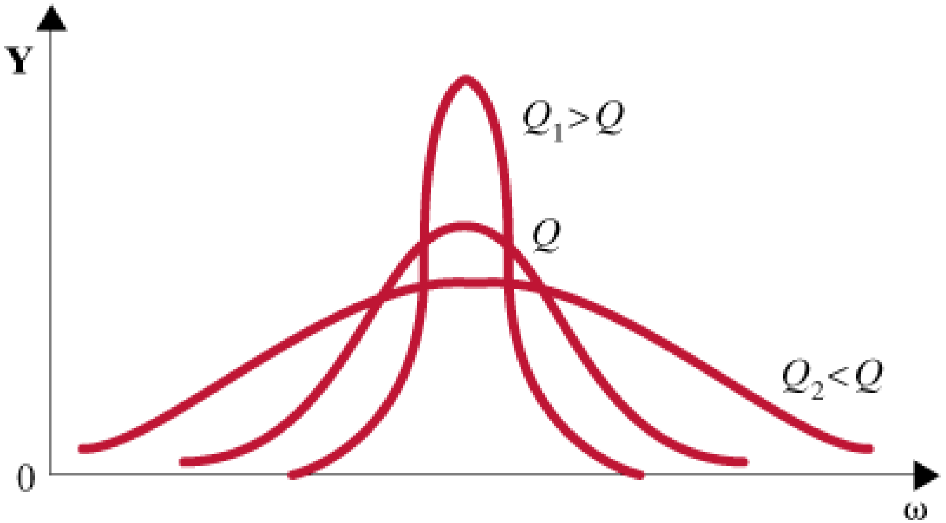


Enerji harcar

Elektrik alanında enerji depolar

Manyetik alanda enerji depolar

Kapasitör ve indüktör, depolanan enerjiyi değiştirirler. Biri maksimum olduğunda diğeri sıfırdır



$$Q = 2\pi \frac{W_S}{W_D} = 2\pi \frac{\text{depolanan maksimum enerji}}{\text{cevrim tarafindan harcanan enerji}}$$

$$W_D = RI_{eff}^2 \times \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2} RI_{mx}^2 \times \frac{\omega_0}{2\pi}$$

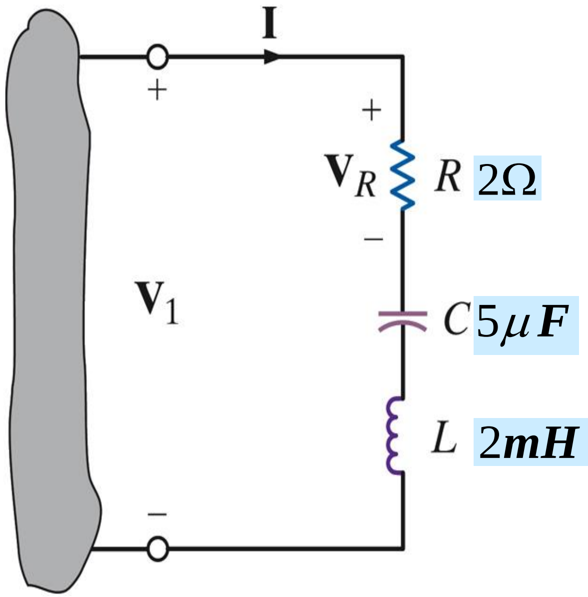
$$W_S = \frac{1}{2} LI_{mx}^2 = \frac{1}{2} CV_{mx}^2$$

$$\frac{W_s}{W_D} = \frac{L\omega_0}{2\pi \times R} = \frac{Q}{2\pi}$$

Q ayrıca enerji açısından da yorumlanabilir..

ÖRNEK

R = 2 ve R = 0.2 olduğunda rezonans frekansını ve kalite faktörünü belirleyin.



$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{(2\times 10^{-3})(5\times 10^{-6})}} = 10^4 \, \boldsymbol{rad} / \sec$$

$$Q = \frac{10000 \times 0.002}{R}$$

R	Q
2	10
0.2	100