

Tantárgy: ANALÓG ELEKTRONIKA

Tanár: Dr. Burány Nándor

3. félév

Óraszám: 2+2

1

2. ALAPÁRAMKÖRÖK AZ ELEKTRONIKÁBAN

- Egyszerű kapcsolások ismertetése.
- Felosztás:
 - **Passzív áramkörök** (csak passzív alkatrészeket tartalmaznak).
 - **Aktív áramkörök** (tartalmaznak legalább egy aktív alkatrészt):
 - logikai áramkörök,
 - erősítő áramkörök,
 - nemlineáris áramkörök.

2

2.1. RÉSZ

PASSZÍV ÁRAMKÖRÖK

- **Aktív alkatrészek nélkül nincs igazi elektronika**, de bizonyos egyszerű feladatok mégis elvégezhetők nélkülük:
 - jelek leosztása (gyöngítése),
 - jelek elválasztása és csatolása,
 - szűrési feladatok...
- Bevett **szokások**:
 - amit lehet, passzív alkatrészekkel oldunk meg,
 - ha meg tudjuk oldani a feladatot **tisztán ellenállásokkal**, akkor mást nem is használunk,
 - ha szükséges az ellenállások mellett valami reaktív alkatrész is, akkor elsősorban **kondenzátorokat** veszünk igénybe,
 - **tekercseket** csak akkor alkalmazunk, ha nem oldható meg a feladat ellenállások és kondenzátorok kombinálásával,
 - később, az aktív áramköröknél is a passzív alkatrészeket ebben a sorrendben alkalmazzuk.

3

2.1.1. AZ ELEKTRONIKAI ÁRAMKÖRÖK ELEMZÉSE

- Egy áramkör elemzése alatt az áramok és feszültségek kiszámítását értjük az áramkör minden ágában ill. minden csomópontjában (vagy csomópontja között).
- A számításokat a Kirchhoff törvényekből kiindulva végezzük, de figyelembe kell venni az alkatrészek viselkedését is.
- A Kirchhoff törvények alapján felírt egyenletek mindig lineárisak.
- Az alkatrészek jellemzése, főleg a félvezető alkatrészek esetében, gyakran tartalmaz nemlinearitást (négyzetes vagy exponenciális összefüggés az áram(ok) és a feszültség(ek) között).

4

2.1.1.1. AZ ELEMZÉSEK TÍPUSAI

Egy áramkör vizsgálható különböző esetekre:

- **DC analízis:** konstans áramú/feszültségű forrásokra adott válasz állandósult állapotban – munkapont számítása. Ez **ismert az első évről**. A kondenzátorokat szakadásnak tekintjük, a tekercseket rövidzárnak.
- **AC analízis:** szinuszos gerjesztésre adott állandósult válasz számítása, a jelek amplitúdójának és fázisának meghatározása – frekvencia tartományban végzett analízis. Szintén **ismert az első évről**. A tekercseket és a kondenzátorokat megfelelő impedanciákkal helyettesítjük.
- **Tranziens analízis:** a jelek időben történő lefolyásának elemzése, felhalmozott energiára adott válasz, kapcsolók ki-be kapcsolására adott válasz, forrás jel-változásának következményei. **A következő diakockákon az átmeneti jelenségeket tanulmányozzuk.**

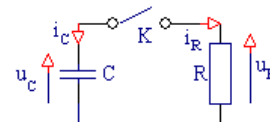
<http://www.ni.com/white-paper/12794/en/>

5

2.1.1.2. Elsőfokú hálózatok - tárolt energiára adott válasz - RC kapcsolás

- Az ábrán a C kondenzátor eredetileg U_0 feszültségre volt töltve. $t=0$ időpontban bekapcsoljuk a K kapcsolót. Elemezzük, mi történik az áramkörben!
- A **Kirchhoff törvények**ből következik:
- Alkalmazzuk az alkatrészek **feszültségei és áramai közötti összefüggéseket**:
- A kondenzátor feszültségére kapott egyenlet típusa: **homogén lineáris differenciál-egyenlet konstans együtthatókkal**.
- $\tau=RC$ az áramkör **időállandója**.
- A megoldás **exponenciális alakú**:
- A K_1 együtthatót a **kezdeti feltétel**ből határozzuk meg.
- A kondenzátor feszültsége:

$$u_C = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

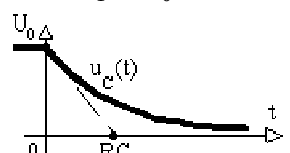


$$u_C = u_R, i_C + i_R = 0.$$

$$u_R = R \cdot i_R, i_C = C \cdot \frac{du_C}{dt}.$$

$$C \cdot \frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{R} = 0.$$

$$u_C = K_1 e^{K_2 t}, K_2 = -\frac{1}{RC}, K_1 = U_0.$$

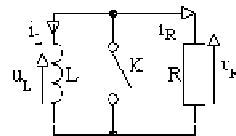


<http://sist.sysu.edu.cn/uploaded/file/2010553.pdf>

2.1.1.3. Elsőfokú hálózatok - tárolt energiára adott válasz - RL kapcsolás

- Az ábrán az L tekercsen eredetileg I_0 áram folyt a K kapcsolón keresztül. $t=0$ időpontban kikapcsoljuk a K kapcsolót. Elemezzük, mi történik az áramkörben!
- A **Kirchhoff törvények**ből következik:
- Alkalmazzuk az alkatrészek **feszültségei és áramai közötti összefüggéseket**:
- A tekercs áramára kapott egyenlet típusa: **homogén lineáris differenciál-egyenlet konstans együtthatókkal**.
- $\tau=L/R$ az időállandó.
- A megoldás **exponenciális alakú**:
- A K_1 együtthatót a **kezdeti feltétel**ből határozzuk meg.
- A tekercs árama:

$$i_L = I_0 \cdot e^{-\frac{R}{L}t}.$$



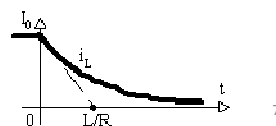
$$u_L = u_R, i_L + i_R = 0.$$

$$u_R = R \cdot i_R, u_L = L \cdot \frac{di_L}{dt}.$$

$$L \cdot \frac{di_L}{dt} + R \cdot i_L = 0.$$

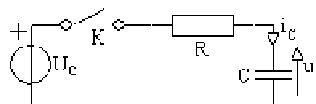
$$i_L = K_1 e^{K_2 t}, K_2 = -\frac{R}{L}.$$

$$K_1 = I_0.$$



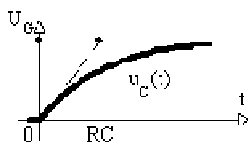
2.1.1.4. Elsőfokú hálózatok - forrás bekapcsolására adott válasz - RC kapcsolás

- $t=0$ időpontban **bekapcsoljuk a K kapcsolót**. Ezzel $U_G = \text{const.}$ feszültségű forrást kötünk a soros RC kötésre.
- Az **áramkör viselkedését $t>0$ -ra** a következő differenciálegyenlet írja le (nem homogén lineáris differenciálegyenlet konstans együtthatókkal):
- $\tau=RC$ az időállandó.
- Az egyenlet megoldása:
- A **kondenzátor feszültségének** idődiagramja:



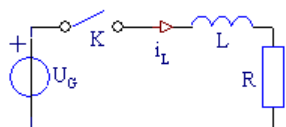
$$RC \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C = U_G.$$

$$u_C = U_G \cdot (1 - e^{-\frac{t}{RC}}).$$



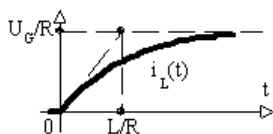
2.1.1.5. Elsőfokú hálózatok - forrás bekapcsolására adott válasz - RL kapcsolás

- $t=0$ időpontban **bekapcsoljuk a K kapcsolót**. Ezzel $U_G = \text{const.}$ feszültségű forrást kötünk a soros RL kötésre.
- Az **áramkör viselkedését $t>0$ -ra** a következő differenciálegyenlet írja le (nem homogén lineáris differenciálegyenlet konstans együtthatókkal):
- $\tau = L/R$ az áramkör időállandója.
- Az egyenlet megoldása:
- A tekercs áramának diagramja:



$$L \cdot \frac{di_L}{dt} + R \cdot i_L = U_G.$$

$$i_L = \frac{U_G}{R} \cdot (1 - e^{-\frac{R}{L}t}).$$



9

2.1.1.6. Elsőfokú hálózatok - általános megoldás

- **Bármilyen egytárolós hálózatonál** (egy eredő tekercs vagy kondenzátor van benne, a források és az ellenállások száma tetszőleges), a **differenciálegyenlet felírása és megoldása nélkül** is felírható a tekercs áramára vagy a kondenzátor feszültségére a képlet a következő **általános képlet** alapján:

$$x(t) = x(\infty) + [x(0) - x(\infty)] \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

- x a tekercs árama vagy a kondenzátor feszültsége.
- $x(0)$ a keresett mennyiség $t=0$ -ban, meghatározható a kezdeti feltételekből.
- $x(\infty)$ a keresett mennyiség $t \rightarrow \infty$ esetére. Kiszámítható a hálózat egyenáramra történő megoldásával. Ilyen esetben a tekercset rövidzárral helyettesítjük, a kondenzátort szakadással.

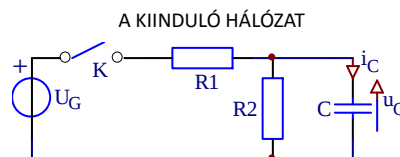
10

2.1.1.7. Elsőfokú hálózatok – általános megoldás – példa

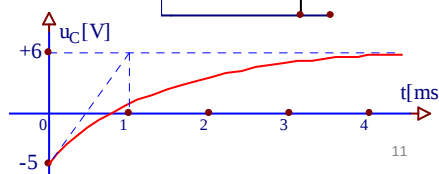
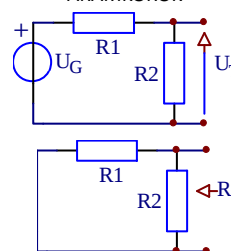
- Határozzuk meg az adott hálózatban a kondenzátor feszültségének időbeli lefolyását, ha ismert: $U_G=12V$, $R_1=R_2=1k\Omega$, $C=2\mu F$, $u_C(0)=-5V$! A K kapcsolót $t=0$ -ban kapcsoljuk be.
- Az általános képletben $x(0)=u_C(0)=-5V$.
- Az $x(\infty)$ érték kiszámításához a hálózatot Thèvenin forrással helyettesítjük (a kondenzátorra nézve).
Mivel $U_T=R_2/(R_1+R_2)\cdot 12=6V$,
 $R_T=R_1\cdot R_2/(R_1+R_2)=500\Omega$, következnek:
 $x(\infty)=U_T=6V$, $\tau=R_T\cdot C=500\Omega\cdot 2\mu F=1ms$.
- Tehát, az eredő képlet a kondenzátor feszültségére:

$$x(t) = x(\infty) + [x(0) - x(\infty)] \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} =$$

$$= 6 + [-5 - 6] \cdot e^{-1000t} = 6 - 11 \cdot e^{-1000t}.$$

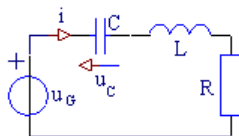


A THÈVENIN FORRÁS ELEMINEK SZÁMÍTÁSÁHOZ SZÜKSÉGES SEGÉD-ÁRAMKÖRÖK



2.1.1.8. Másodfokú hálózatok - soros RLC rezgőkör

- **Bonyolultabb az átmeneti jelenség**, ha egyszerre **tekercs és kondenzátor** is van az áramkörben.
- Fontos másodfokú hálózat a feszültségforrással meghajtott **soros RLC rezgőkör** (pl. indukciós hevítés modellezésénél jelentkezik).



- A második Kirchhoff törvény szerint a következő egyenlet írható fel:

$$\frac{1}{C} \cdot \int i \cdot dt + L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot i = u_G.$$

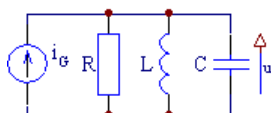
- Az egyenlet deriválásával és L-lel való osztásával kapjuk a megfelelő differenciálegyenletet:

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{R}{L} \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{LC} \cdot i = \frac{1}{L} \cdot \frac{du_G}{dt}.$$

- Ez egy **nem homogén, lineáris, másodfokú differenciálegyenlet konstans együtthatókkal** (ez a matematikai besorolása).

2.1.1.9. Másodfokú hálózatok - párhuzamos RLC rezgőkör

- Másik fontos másodfokú hálózat az áramgenerátorral meghajtott **párhuzamos RLC rezgőkör** (pl. rádiófrekvenciás erősítő/sávszűrő kapcsolásoknál jellemző):



- Az első Kirchhoff törvény szerint a következő egyenlet írható fel:

$$\frac{1}{L} \cdot \int u \cdot dt + C \cdot \frac{du}{dt} + \frac{u}{R} = i_G.$$

- Az egyenlet deriválásával és C-vel való osztásával kapjuk a megfelelő differenciálegyenletet:

$$\frac{d^2 u}{dt^2} + \frac{1}{R \cdot C} \cdot \frac{du}{dt} + \frac{1}{L \cdot C} \cdot u = \frac{1}{C} \cdot \frac{di_G}{dt}.$$

- Ez is egy **nem homogén, lineáris, másodfokú differenciálegyenlet konstans együtthatókkal**.

13

2.1.1.10. Másodfokú hálózatok – az egyenletek megoldása – 1.

- Azonos alakú egyenleteket** kaptunk a soros és a párhuzamos RLC rezgőkörre:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + a_1 \cdot \frac{dx}{dt} + a_2 \cdot x = f(t).$$

- Az ilyen egyenletek megoldását **két részben** tudjuk megkapni:

$$x = x_p + x_c.$$

- x_p a partikuláris megoldás**, a gerjesztés hatására kialakuló állandósult válasznak felel meg, míg **x_c az áramkörben jelentkező átmeneti jelenséget írja le** és a homogén egyenlet (amikor $f(t)=0$) megoldásával kapható.
- Ha a **gerjesztés egyenáramú/egyenfeszültségű forrás** bekapcsolásából áll $t=0$ -ban, a gerjesztésre adott válasz a következő (partikuláris) egyenletből határozható meg:

$$\frac{d^2 x_p}{dt^2} + a_1 \cdot \frac{dx_p}{dt} + a_2 \cdot x_p = A = const.$$

14

2.1.1.11. Másodfokú hálózatok – az egyenletek megoldása – 2.

- A **partikuláris** egyenletet kielégítő megoldás:

$$x_p = \frac{A}{a_2} = \text{const.}$$

tehát az egyenáramú/egyenfeszültségű forrás bekapcsolására adott válasz tartalmaz egy egyenáramú/egyenfeszültségű részt, amilyen maga a gerjesztés is.

- A **homogén** egyenletet írhatjuk a következő formában:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2 \cdot \alpha \cdot \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 \cdot x = 0.$$

- Alkalmazva az $x = K \cdot e^{st}$ helyettesítést, a következő algebrai egyenletet kapjuk:

$$s^2 \cdot K \cdot e^{st} + 2 \cdot \alpha \cdot s \cdot K e^{st} + \omega_0^2 \cdot K \cdot e^{st} = 0.$$

- Illetve, egyszerűsítés után:

$$s^2 + 2 \cdot \alpha \cdot s + \omega_0^2 = 0.$$

15

2.1.1.12. Másodfokú hálózatok - az egyenletek megoldása 3.

- A kapott másodfokú algebrai egyenletet **karakterisztikus egyenletnek** nevezik, α a **csillapítási együttható**, ω_0 a **rezonáns frekvencia**.

- Az egyenletnek **két megoldása** (gyöke) van:

$$s_1, s_2 = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}.$$

- Ez alapján a **homogén egyenlet megoldásai**:

$$x_{c1} = K_1 \cdot e^{s_1 t}, x_{c2} = K_2 \cdot e^{s_2 t}.$$

- A **teljes megoldás** ennek a két megoldásnak és a partikuláris megoldásnak az összegeként írható fel. A K_1 és K_2 együtthatók a kezdeti feltételekből (a tekercs árama és a kondenzátor feszültsége $t=0$ -ban). számíthatók ki.

http://opencourses.emu.edu.tr/pluginfile.php/602/mod_resource/content/0/Lecture_Notes/second_order_circuits.pdf

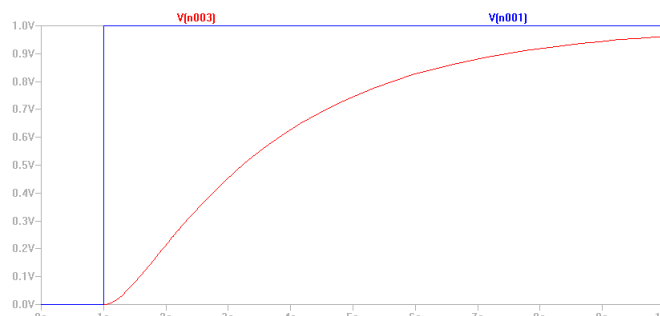
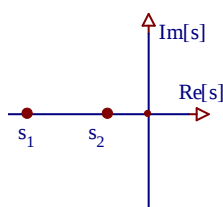
16

2.1.1.13. Másodfokú hálózatok - viselkedés $\alpha > \omega_0$ esetére

- Ez esetben a megoldás (a partikuláris rész mellett) két negatív kitevőjű (időben csökkenő) exponenciális függvény összegéből áll (**aperiodikus válasz**):

$$x = \frac{A}{a_2} + K_1 e^{-(\alpha - \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2})t} + K_2 e^{-(\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2})t} = \frac{A}{a_2} + K_1 e^{-\alpha_1 t} + K_2 e^{-\alpha_2 t}$$
- Az ábra a karakterisztikus egyenlet **gyökeinek helyét** mutatja a komplex számsíkban, a diagramon pedig a **válaszfüggvény** alakját láthatjuk.
- A válaszfüggvény **lassan emelkedik**, hosszú idő után közelíti meg a végleges értéket.

TÚLCSILLAPÍTOTT
(APERIÓDIKUS) ESET.

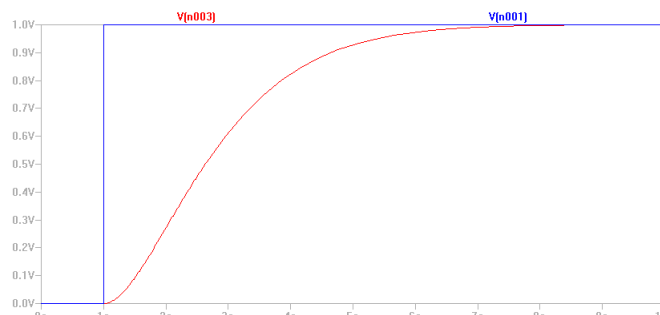
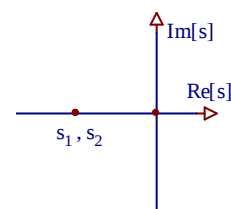


2.1.1.14. Másodfokú hálózatok - viselkedés $\alpha = \omega_0$ esetére

- Ez esetben a megoldás (a partikuláris rész mellett) a következő tagokat is tartalmazza:

$$x = \frac{A}{a_2} + B_1 e^{-\alpha t} + B_2 \cdot t \cdot e^{-\alpha t}$$
- Az ábra a **gyökök helyét** mutatja a komplex számsíkban, a diagramon pedig a **válaszfüggvény** alakját láthatjuk.
- A válaszfüggvény **maximális sebességgel** emelkedik és éri el a végleges értéket, de **nincs túldobás**.

KRITIKUSAN
CSILLAPÍTOTT ESET.



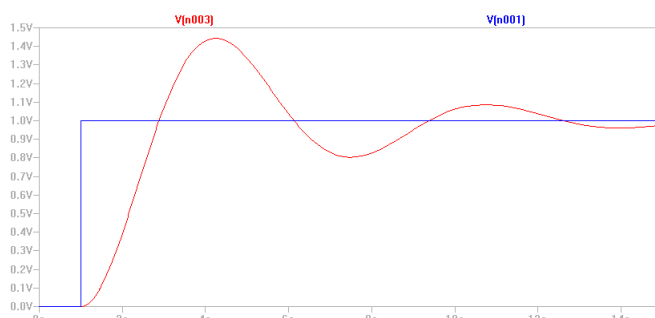
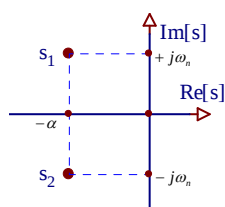
2.1.1.15. Másodfokú hálózatok - viselkedés $\alpha < \omega_0$ esetére

- Ez esetben a megoldás (a partikuláris rész mellett) két, **időben csökkenő koszinusz és szinusz függvényből** áll (pszeudoperiodikus válasz):

$$x = \frac{A}{a_2} + K_1 e^{-(\alpha - j\omega_n)t} + K_2 e^{-(\alpha + j\omega_n)t} = \frac{A}{a_2} + e^{-\alpha t} \cdot (A_1 \cos \omega_n t + A_2 \sin \omega_n t).$$

- Az ábra a **gyökök helyét** mutatja a komplex számsíkban, a diagramon pedig a **válaszfüggvény** alakját láthatjuk.
- A válaszfüggvény **gyorsan emelkedik**, de **túldobás és oszcillációk** jelentkeznek és lassan nyugszik meg a végleges értéken.

PSZEUDOPERIÓDIKUS ESET.



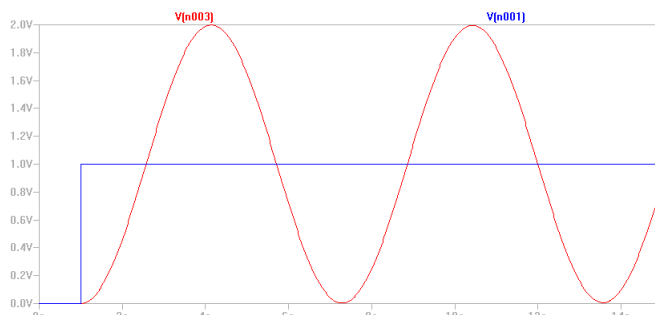
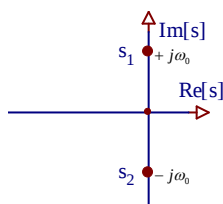
2.1.1.16. Másodfokú hálózatok - viselkedés $\alpha=0$ esetére

- Ez esetben a megoldás (a partikuláris rész mellett) egy **koszinusz és egy szinusz függvény összegéből** áll (periodikus válasz):

$$x = \frac{A}{a_2} + A_1 \cos \omega_0 t + A_2 \sin \omega_0 t.$$

- Az ábra a **gyökök helyét** mutatja a komplex számsíkban, a diagramon pedig a **válaszfüggvény** alakját láthatjuk.
- A feszültségtúllövés kétszerese a gerjesztés amplitúdójának, az oszcillációk nem csillapszanak.

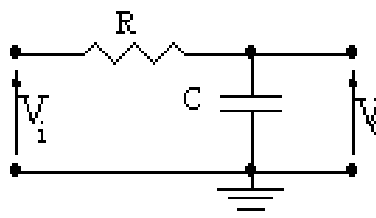
CSILLAPÍTATLAN (PERIÓDIKUS) ESET.



2.1.2. AZ RC ALULÁTERESZTŐ - ALAPOK

- Egy ellenállás és egy kondenzátor szükséges hozzá. Megjelenhet egy terhelő ellenállás is a kimeneten.
- Egyszerű szűrési feladat elvégzésére alkalmas.
- Rendszerint az **időállandóval** jellemezzük:
 $\tau = RC$.

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/filcap2.html#c3>



21

2.1.2.1. AZ RC ALULÁTERESZTŐ – JELLEMZÉS A FREKVENCIATARTOMÁNYBAN

- A frekvenciatartományban az áramköröket **átviteli függvényekkel** jellemezzük.
- Az átviteli függvény meghatározza a bemeneti és a kimeneti jel viszonyát (erősítés, fázistolás) szinuszos gerjesztés esetére.
- **Lineáris** áramköröknél (az RC aluláteresztő is az) nincs nemlineáris torzítás: ha a bemeneten szinuszjel van, a kimeneten is az lesz.
- **Az RC aluláteresztő átviteli függvénye:**

$$\frac{V_o}{V_i}(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{1}{1 + j\omega\tau}.$$
- **Viselkedés:** alacsony frekvencián az **átvitel** egységnyi, a határfrekvencia környékén az átvitel csökkenni kezd, később a frekvencia reciproka értéke szerint csökken. A **fázis** nulláról indul, majd a határfrekvencia környékén fokozatosan esik és $-\pi/2$ -höz tart.
- A határfrekvencia (körfrekvencia): $\omega_H = \frac{1}{\tau}.$

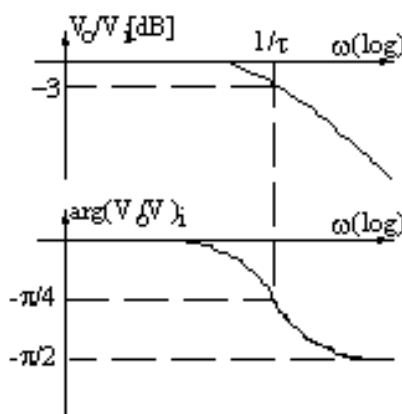
22

2.1.2.2. AZ RC ALULÁTERESZTŐ – BODE-FÉLE DIAGRAMOK

- Külön felrajzoljuk az átviteli függvény modulusát és fázisát a frekvencia függvényében:

$$\left| \frac{V_o}{V_i} \right| [dB] = 20 \log \left| \frac{V_o}{V_i} \right|$$

$$\arg \left(\frac{V_o}{V_i} \right) = \arctg \frac{\operatorname{Im} \left(\frac{V_o}{V_i} \right)}{\operatorname{Re} \left(\frac{V_o}{V_i} \right)}$$



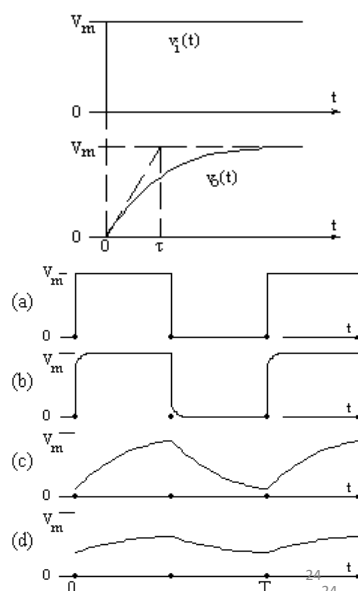
2.1.2.3. AZ RC ALULÁTERESZTŐ – JELLEMZÉS AZ IDŐTARTOMÁNYBAN

- Bemeneti egységugrás esetén a kimeneti jel:

$$V_o = V_m (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

- Periódikusan ismétlődő négyszögjel esetén a viselkedés az áramkör időállandójának és a jel periódusának arányától függ:

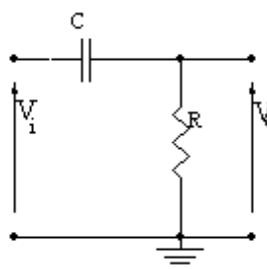
- nagy időállandó: erős szűrőhatás, a kimenetre szinte csak a jel középvértéke jut.
- kis időállandó: alig van torzulás (csak az éleknél).



2.1.3. AZ RC FELÜLÁTERESZTŐ - ALAPOK

- Egy ellenállás és egy kondenzátor szükséges hozzá.
- Egyszerű szűrési feladat elvégzésére alkalmas.
- Rendszerint az **időállandóval** jellemezzük (nem fontos az R és a C érték ismerete külön-külön): $\tau = RC$.

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/filcap.html>



25

2.1.3.1. AZ RC FELÜLÁTERESZTŐ – JELLEMZÉS A FREKVENCIATARTOMÁNYBAN

- Itt is **átviteli függvényt** alkalmazunk.
- Ez az áramkör is **lineáris**.
- **Az RC felüláteresztő átviteli függvénye:**

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}.$$
- **Viselkedés:** magas frekvencián az **átvitel** egységnyi, a határfrekvencia környékén az átvitel csökkenni kezd, a határfrekvencia alatt a kimeneti jel a frekvenciával arányosan csökken, a **fázis** $+\pi/2$ -ről indul, majd a határfrekvencia környékén fokozatosan esik és végtelen frekvencián nullához tart.
- A határfrekvencia (körfrekvencia): $\omega_H = \frac{1}{\tau}.$

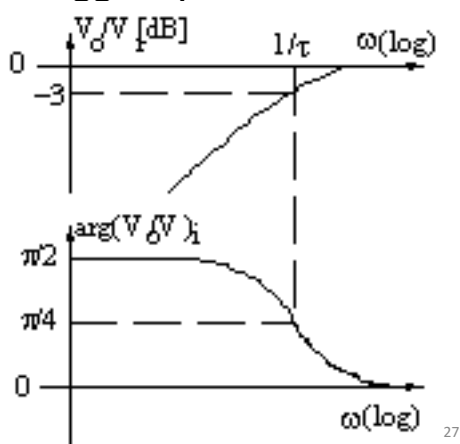
26

2.1.3.2. AZ RC FELÜLÁTERESZTŐ – BODE-FÉLE DIAGRAMOK

- Külön felrajzoljuk az átviteli függvény modulusát és fázisát a frekvencia függvényében:

$$\left| \frac{V_o}{V_i} \right| [dB] = 20 \log \left| \frac{V_o}{V_i} \right|$$

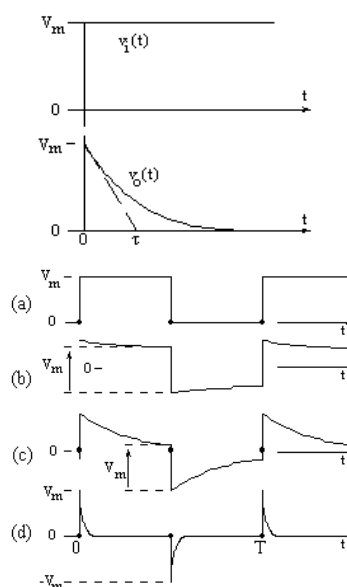
$$\arg \left(\frac{V_o}{V_i} \right) = \arctg \frac{\operatorname{Im} \left(\frac{V_o}{V_i} \right)}{\operatorname{Re} \left(\frac{V_o}{V_i} \right)}$$



2.1.3.3. AZ RC FELÜLÁTERESZTŐ – JELLEMZÉS AZ IDŐTARTOMÁNYBAN

- Bemeneti egységugrás esetén a kimeneti jel:

$$V_o = V_m e^{-\frac{t}{RC}}$$
- Periódikusan ismétlődő négyszögjel esetén a viselkedés az áramkör időállandójának és a jel periódusának arányától függ:
 - nagy időállandó: a jel középvértékét eltávolítja, de a jelalak alig torzul.
 - kis időállandó: az egyenszint itt is eltűnik, a bemeneti jel éleinél a kimeneten tűimpulzusok keletkeznek.



2.1.4. A FESZÜLTÉGOSZTÓK - ALAPOK

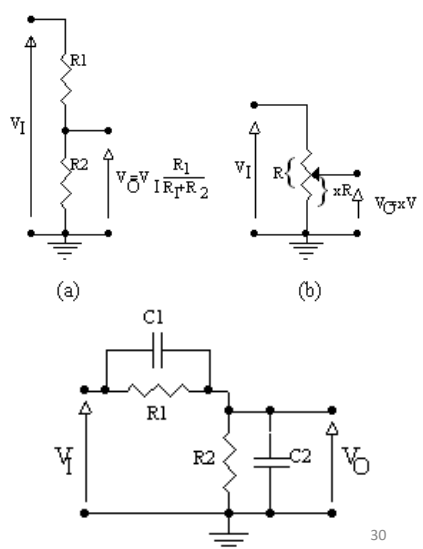
- Cél: a jel csökkentése anélkül, hogy megváltoztatnánk a jel alakját.
- Eszközök:
 - ellenállások,
 - kondenzátorok,
 - tekercsek
 - transzformátorok.

https://en.wikipedia.org/wiki/Voltage_divider

29

2.1.4.1. A FESZÜLTÉGOSZTÓK – ELLENÁLLÁSOS MEGOLDÁSOK

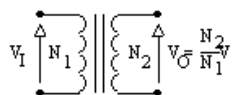
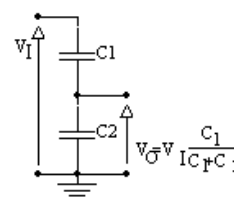
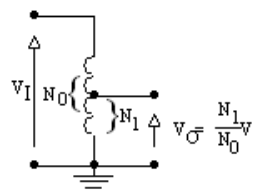
- Egyszerű ellenállásosztók:
 - állandó osztási arány,
 - változtatható arány.
- Kompenzált feszültségosztók: ha $R_1 C_1 = R_2 C_2$, nem torzít a kimeneti kapacitív terhelés miatt (minden frekvencián egyformán viszi át a jeleket).



30

2.1.4.2. A FESZÜLTSGOSZTÓK – KAPACITÍV ÉS INDUKTÍV MEGOLDÁSOK

- **Induktív osztó:** rendszerint akkor alkalmazzuk, ha már különben is van tekercs az adott helyen.
- Az osztást a tekercs megcsapolásával kapjuk.
- Egyidejűleg impedancia-illesztés is történik.
- **Kapacitív osztó:** rendszerint nagyfeszültség-technikában alkalmazzák.
- Könnyebb kis kapacitású és nagy feszültségű kondenzátort készíteni, mint nagy ellenállásértékű ellenállást.
- A kondenzátorok veszteségei elenyészőek.
- **Transzformátorral** lehet feszültséget növelni is (a csökkentés mellett).



31

2.1.5. AZ RC SÁVSZŰRŐ

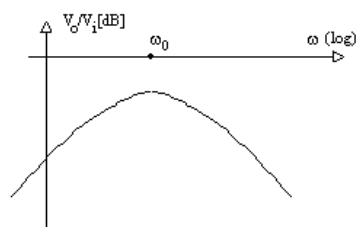
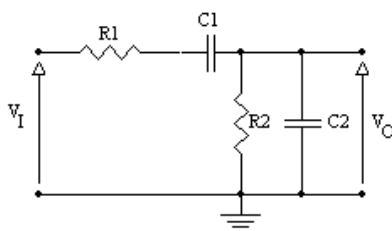
- Két ellenállást és két kondenzátort igényel.
- Az átviteli függvény:

$$\frac{V_o}{V_i}(j\omega) = \frac{j\omega C_1 R_2}{1 + j\omega(C_1 R_1 + C_1 R_2 + C_2 R_2) - \omega^2 C_1 C_2 R_1 R_2}$$

- Az átvitel a sávközépi frekvencián maximális, kisebb és nagyobb frekvenciákon csökken.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}$$

- Az átmenet nem meredek.



32

2.1.6. AZ LC SZŰRŐK - ALAPOK

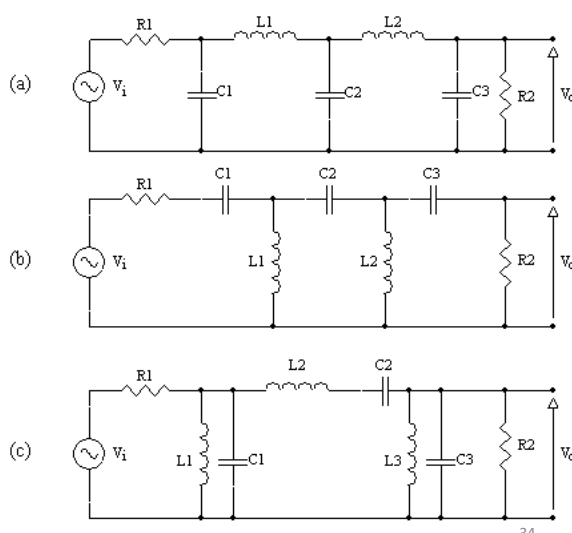
- Mindenféle szűrő átviteli függvényt meg lehet valósítani kellő számú tekercs és kondenzátor kombinációjával.
- Mivel tisztán passzív áramkörről van szó, nem lehet teljesítményt növelni.
- Bonyolult elmélet, összetett számítások jellemzik az egyes elemértékek meghatározását.
- Régen táblázatokkal és kész képletekkel segítették a tervezést.
- Ma megfelelő szoftverek állnak rendelkezésre (vannak ingyenesek is).

https://inst.eecs.berkeley.edu/~ee247/fa07/files07/lectures/L4_f07.pdf

33

2.1.6.1. AZ LC SZŰRŐK - LÉTRAHÁLÓZATOK

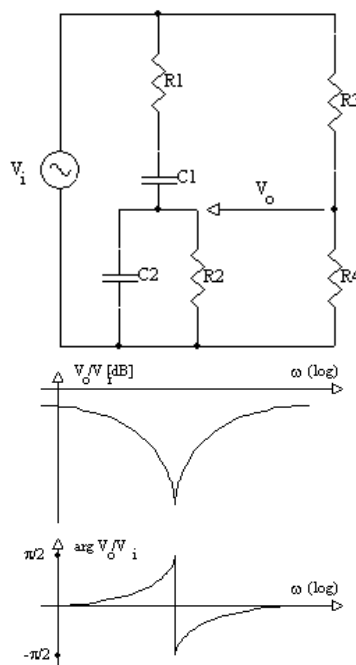
- Sokféle LC elrendezést lehetne alkalmazni.
- Legnépszerűbbek a létrahálózatok.
- Leggyakoribb megvalósítások: aluláteresztő (a), feluláteresztő (b), sávszűrő (c).
- A létrahálózat celláinak száma a szűrési igényektől függ.



34

2.1.7. A WIEN-HÍD

- Egy bizonyos frekvencián ($f_0 = (2\pi RC)^{-1}$) kiegyensúlyozódik: nulla kimeneti jelet ad.
- Felhasználás: oszcillátorok, mérőműszerek.

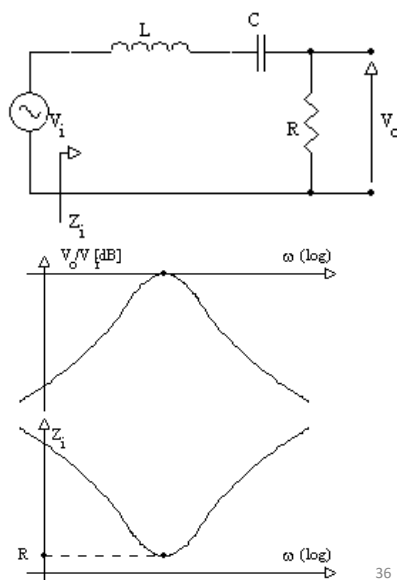


2.1.8. A SOROS RLC REZGŐKÖR

- A tekercs és a kondenzátor impedanciája a bemeneti jel frekvenciájától függően részben vagy egészen kompenzálják egymást.
- A rezonáns frekvencia:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$
- Itt a bemeneti impedancia tisztán ohmos: $Z_i = R$.
- A görbe meredeksége ill. az áteresztő sáv szélessége a jóssági tényező értékétől függ:

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



2.1.9. A PÁRHUZAMOS RLC REZGŐKÖR

- Ennél az áramkörnél a tekercs és a kondenzátor admittanciái kompenzálják egymást.

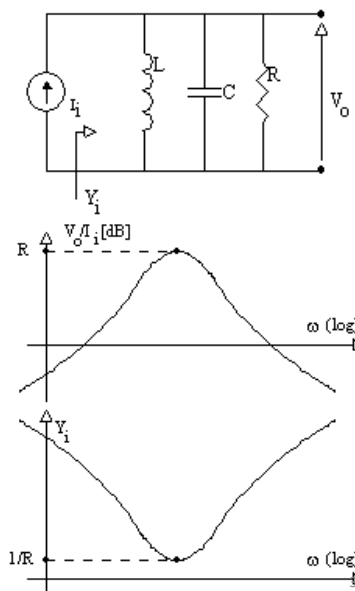
- A rezonáns frekvencia:

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

- Itt a bemeneti impedancia tisztán ohmos: $Z_i = R$.

- A görbe meredeksége ill. az áteresztő sáv szélessége a jósgági tényező értékétől függ:

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



Vége a 2.1. résznek

(PASSÍV ÁRAMKÖRÖK)