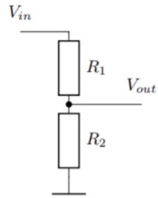
CHEATSHEET DEEA

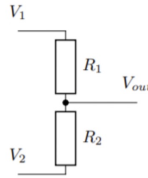
CURSURI

- $\Delta V_{BA} = V_B - V_A$
  Alegem masa unui circuit minusul surselor de alimentare.
- **KII**: Suma algebrică a tensiunilor dintr-un ochi de rețea e nulă.
- $V_{AB} = V_{AC} + V_{CB}$
- Tensiunea dintre 2 pct. e unică.
- $I = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt}$
- **KI**: Suma intensităților curenților ce intră e egală cu suma celor ce ies. (nod)
- $P = U \cdot i \qquad W = P \cdot t = U \cdot i \cdot t$
- **Rezistența**
  - Ohm: $U = i \cdot R$
  - $V = iR \qquad i = \frac{V}{R}$
  - scurt-circuit: $R = 0$
  - funcționare în gol: $R \to \infty$
  - R serie: $R_S = \sum_m R_i$
  - R paralel: $\frac{1}{R_p} = \sum_m \frac{1}{R_i}$
- **Capacitatea/Condensatorul**
  - $C = \frac{Q}{V} \qquad [C]_{S.I.} = F$
  - DC: condensator = rezistență infinită (mers în gol)
    AC: condensatorul se poate comporta ca o $R = 0$ (scurtcircuit)
  - Condensator serie: $\frac{1}{C_s} = \sum_m \frac{1}{C_i}$
  - condensator paralel: $C_p = \sum_m C_i$
- Sursă tensiune:
  - ideală = U fixă
  - reală = U în serie cu o R internă
  - stabilizată ~ ideală
- Sursă curent
  - ideală = i fix
  - reală = R în paralel f. mare
- Divizor tensiune:

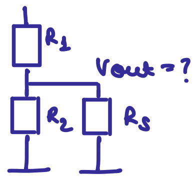
$$V_{out} = V_{IN} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



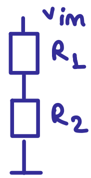
- În cazul în care div. de tensiune este între 2 tensiuni arbitrare (în loc de tensiune arbitrară și masă), folosim generalizare:

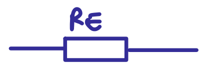


$$V_{out} - V_2 = \frac{(V_1 - V_2) R_2}{R_1 + R_2}$$

- 

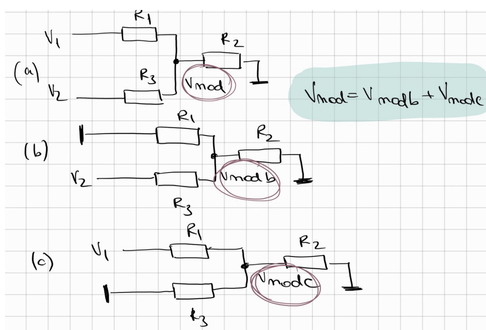
Nu putem aplica divizorul de tensiune ⇒
⇒ echivalarea Thevenin

⇒ 

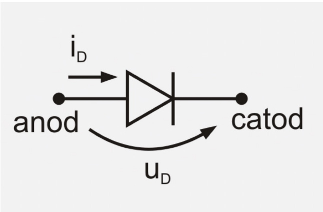
⟺ 

$$\begin{cases} V_E = V_{IN} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ R_E = R_1 \parallel R_2 \end{cases}$$

- **Metoda superpoziției**



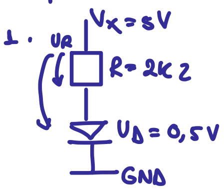
• **Dioda**



→ permite circularea curentului într-un singur sens (nu conduce curent, e conectată în sens invers)

ex. probleme:

1.



U_D = tensiunea la care se deschide dioda

P.p. că dioda e deschisă:

$V_x = U_D + U_R = U_D + i_R \cdot R$

↳ $i_R = i_D$ (sunt în serie)

$i_R = \frac{V_x - U_D}{R} = 2mA \Rightarrow$

⇒ Presupunerea a fost corectă.

! Dioda

↳ joncțiune PN Siliciu
↳ substrat tip Si

- Tensiune prag: 0,6V – 1V
- Curent direct max.: 10mA – 100A
- Tensiune inv. max.: 1000V
- Curent de saturație: 10 – 100 nA
- Timp comutare: 10 ns – 10 u
- Putere disipată: 100 mW – 100 W

• **Dioda Schottky**

→ joncțiune metal-semiconductor
→ substrat Si tip P

- Tensiune prag: 0,3V
- Curent direct max.: 10mA – 100A
- Tensiune inv. max.: 30-60 A
- Curent de saturație: 100 nA – 1 mA
- Timp comutare: 100 ps – 100 ns
- Putere disipată: 100 mW – 100 W

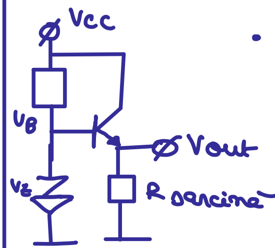
→ avantaje: cădere tens. redusă; vit. mare comutare
→ dezavantaje: tens. inv. redusă; cur. de sat. mare

• **LED** (light-emitting diode)

→ diodă semiconductoare ce emite lumină la polarizare directă a joncțiunii p-n
→ cădere de tensiune: 1,6 V – 4 V

• **Dioda Zenner**

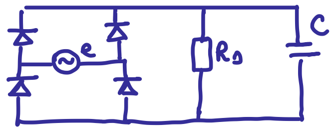
→ Diodă deschisă în sens invers.

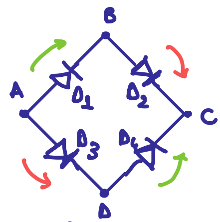


• $V_{cc} > V_Z \Rightarrow U_B = V_Z$ diodă deschisă

• $V_{cc} < V_Z \Rightarrow U_B = V_{cc}$ diodă închisă

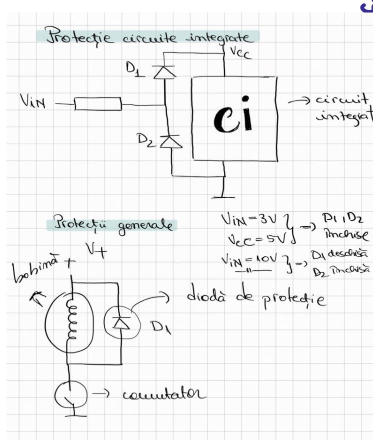
• **Punte redresoare:**





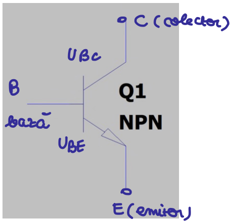
(inversăm polarizarea sursei?)

(cred că D1, D4 deschise; D2, D3 închise?)



! O diodă e deschisă doar dacă ea arată de la tensiune mai mare la tensiune mai mică.

• $\boxed{\text{TBip}}$ → Tranzistor Bipolar (NPN)



(Polarizare joncțiuni)

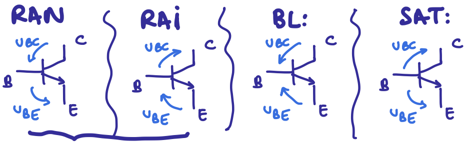
Regimuri lucru:

RAN = regiune activ normală

RAi = regiune activ inversă

BL = blocat

SAT = saturație



$i_C = \beta i_B = i_{CE_0}$ → necunoscuta

β (Parametrul Beta): 20–300

– PSF (Punctul Static de Funcționare)

→ $i_C, i_E, i_B, U_{BE}, U_{CE}, U_{CB}$

→ se dau β, U_{BE} și pt. fiecare tranzistor aflăm i_C, U_{CE} (din ele se deduc ușor i_E, i_B, U_{BE}, U_{CB})

Pași:

1) Se redesenează schema echiv. în regim static

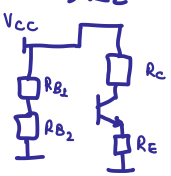
2) Se calculează i_C

→ Bucle pt. K2 care, în general, cuprind joncț. BE

→ Dacă nu, se găsesc pct. în care se poate calcula U folosind Thevenin / div. de tensiune și se reia procesul.

3) Se calculează U_{CE}

↳ K2



$U_B = V_{CC} \cdot \frac{R_{B2}}{R_{B1}+R_{B2}}$

$U_E = U_B - U_{BE}$

$U_E = i_E \cdot R_E \Rightarrow i_E = \frac{U_E}{R_E}$ $\quad i_E = i_C$

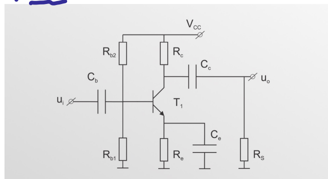
$U_{CE} = V_{CC} - U_{RC} - U_{RE}$

$U_{RC} = i_C \cdot R_C$

(? Vezi probleme: Drive Daria sau Curs 3)

• $\boxed{\text{Conexiuni fundamentale}}$ (VEZI MAI ÎNTÂI MODELE CU H)
↳ pag. urm.

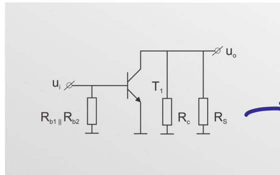
1) EC (emitor comun)



• A_u → mare; → neg.; → depinde de sarcină, ordin de zeci–sute; → depinde de i_C (de PSF)
• A_i → mare
• A_p → f. mare
• Z_i → mediu (prea mic, sute Ω, kΩ)
• Z_o → mediu (prea mare)

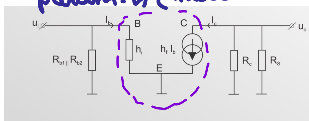
• P.p. că tranz. e polarizat corect (RNA).

• Studiem comportamentul circuitului în alternativ (dinamic):



→ sarcina → u_o în fct. de R_s

• Înloc. tranz. cu param. h (modelul de tranzistor)



$A_u = \frac{u_o}{u_i} = -\frac{h_f}{h_i} R_c \| R_s$

$Z_i = h_i \| R_{b1} \| R_{b2}$

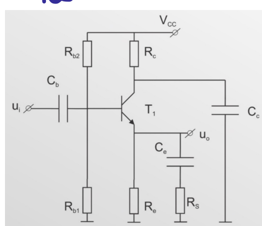
$Z_o = R_c$

$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{u_o}{R_s} \cdot \frac{Z_i}{u_i}$

$i_b = \frac{u_i}{h_i} \quad i_c = h_f i_b = u_i \frac{h_f}{h_i}$

$u_o = -i(R_c \| R_s) = -u_i \frac{h_f}{h_i} R_c \| R_s$

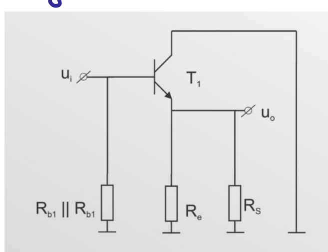
2) CC (colector comun)



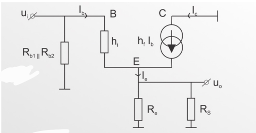
• A_u → subunitară
• A_i → mare
• A_p → medie
• Z_i → mare (zeci de kΩ)
• Z_o → mic (bun pt. intrare/ieșire)

- Repetorul pe emitor este un f. bun etaj de adaptare.
• Repetor de tensiune → conex. CC

• Regim dinamic:



• Înlocuiesc tranzistorul cu param. h (modelul de tranzistor):



$$\begin{cases} A_u \simeq 1 \\ Z_i = R_b \| (h_i + (R_e \| R_s) h_f) \\ Z_o = R_e \| \left(\frac{R_g + h_i}{h_f}\right) \\ A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{u_o}{R_s} \cdot \frac{Z_i}{u_i} \end{cases}$$

$u_i = i_b h_i + u_o$

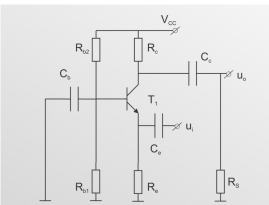
$u_o = i_e (R_e \| R_s)$

$i_e \simeq i_c = h_f i_b$

$u_i = \frac{i_c}{h_f} h_i + i_c (R_e \| R_s)$

$$i_c = \frac{u_i}{(R_e \| R_s) + \frac{h_i}{h_f}} \simeq \frac{u_i}{(R_e \| R_s)}$$

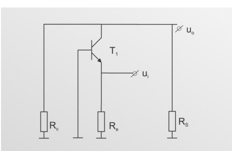
3) BC (Bază comună)



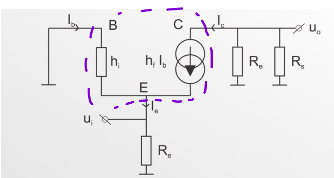
- A_u → mare → pozitivă → depinde de i_c (PSF)
- A_i → (-)1
- Z_i → mică (zeci de Ω)
- Z_o → mare

- Bun pt. intrare în curent
- Tranz. se comportă la ieșire ca un generator de curent și în regim dinamic
- Scheme cu BM pot fi fol. ca sarcini dinamice sau ca generatoare de curent constant

• Regim dinamic:



• Param. h:



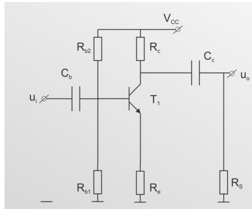
$$\begin{cases} A_u = \frac{(R_c \| R_s) h_f}{h_i} \\ Z_o = R_c \\ Z_i = R_e \| \frac{h_i}{h_f} \simeq \frac{h_i}{h_f} \end{cases}$$

$i_b = -\frac{u_i}{h_i}$

$i_c = -\frac{u_i}{h_i} h_f$

$u_o = -i_c (R_c \| R_s) = \frac{u_i}{h_i} (R_c \| R_s) h_f = u_i S (R_c \| R_s)$

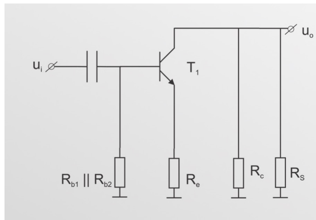
4) SD (Sarcina distribuită)



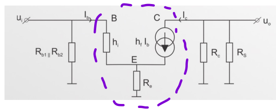
- A_u = amplificare controlată bine
- A_i
- Z_i = mare (ok)
- Z_o = mare (not ok)

- util pt. circuite simple, amplificare fixă, un ag. TBip

• Regim dinamic:



• Param. H:



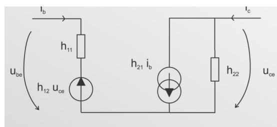
$$\begin{cases} A_u \simeq -\frac{R_c \| R_s}{R_e} \\ Z_i = R_b \| (h_i + R_e h_f) \\ Z_o = R_c \end{cases}$$

$u_e \simeq u_i$ $\quad i_c \simeq \frac{u_i}{R_e}$

$u_o = -i_c (R_c \| R_s)$

! Modele

• Modelul complet:



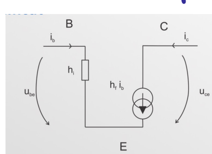
$$\begin{pmatrix} u_{be} \\ i_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_b \\ u_{ce} \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} u_{be} = h_{11} i_b + h_{12} u_{ce} \\ i_c = h_{21} i_b + h_{22} u_{ce} \end{cases}$$

- h_{11} leagă u_i (u_{be}) de i_c (i_b) => h_i
- h_{21} leagă i_c (i_o) de i_i (i_b) => h_f (forward) SE POATE NEGLIJA!
- h_{12} leagă u_i (u_{be}) de u_o (u_{ce}) => h_r (reverse)
- h_{22} leagă i_i (i_c) de u_o (u_{ce}) => h_o (output) SE POATE NEGLIJA!

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} u_{be} \\ i_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_i & h_r \\ h_f & h_o \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_b \\ u_{ce} \end{pmatrix}$$

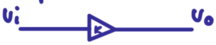
• Modelul simplificat:



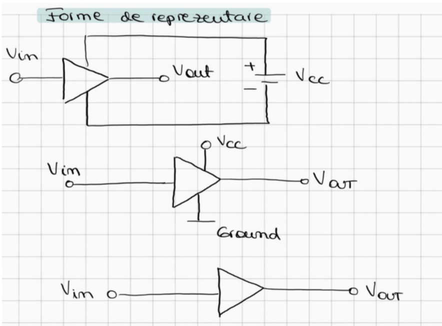
AMPLIFICATOARE

- tensiune
- curent
- trans-impedanță (intrare curent, ieșire tensiune)
- trans-conductanță (intrare tensiune, ieșire curent)

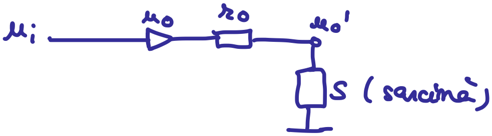
• Amplificator de tensiune:



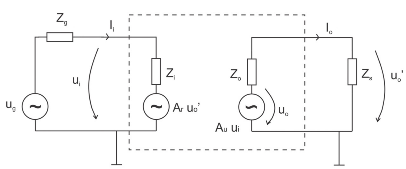
amplifică de k ori semnalul



• Nu e ideală => R internă



• Model general:



Ar neglijabil

$$\boxed{u_i = u_g \frac{Z_i}{Z_i + Z_g}}$$ (seamănă cu un divizor de tensiune)

! IDEAL $Z_i \to +\infty$, $Z_o \to 0$, $A_u \to +\infty$

Vrem $Z_i >> Z_g$: $\quad \boxed{u_o' = u_o \underbrace{\frac{Z_s}{Z_o + Z_s}}_{\text{ideal}, 1}}$

$Z_o << Z_s$

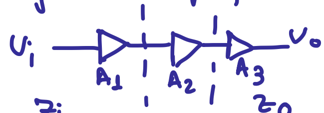
$$A_i = \frac{i_o}{i_i}$$

$$A_p = A_u \cdot A_i$$

(amplificare de putere)

$$\boxed{A_u' = A_u \frac{Z_s}{Z_s + Z_o}}$$

Etaje de amplificare:



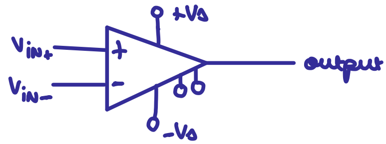
Zi foarte mare

Zo foarte mică

$$\begin{cases} Z_i = Z_{i1} \\ Z_o = Z_{o3} \\ A = A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \end{cases}$$

GRILĂ: Proprietățile unui AO ideal:
- amplificarea inițială tinde la inf.
- curenții de intrare 0

• $\boxed{AO}$ (Amplificator operațional)



ex.: $V_D = 5$

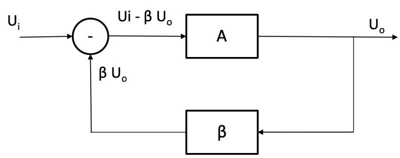
$V_{out} = A_o (V_{IN+} - V_{IN-})$

$V_{IN+} > V_{IN} \Rightarrow V_{OUT} = 5V$

$V_{IN+} < V_{IN} \Rightarrow V_{OUT} = 0V$

↑5V
0V

• Reacție negativă AO ideal :



$$U_o = A\,(U_i - \beta U_o)$$

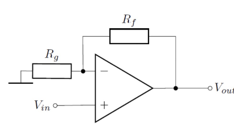
$$U_o(1 + A\,\beta) = AU_i$$

$$U_o = \frac{A}{1 + A\,\beta} U_i$$

$$U_o = \frac{1}{1/_A + \beta} U_i$$

Pt A>> => Amplif = 1/ β

AO – cu reactive negativa



Vr = V- = Vout [Rg / (Rg+Rf)]

β = [Rg / (Rg+Rf)] => 1/β = [(Rg+Rf) / Rg] = 1 + Rf/Rg
⇒ Amplif = 1+ Rf/Rg

Vo = A x Vi =>
Vin = Vo /A =>
Vin = Vo / (1+ Rf/Rg) =>
Vin = Vo Rg / (Rg+Rf) =>
Vin = V-

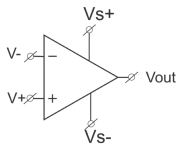
- Proprietăți AO ideal
  - $V_{out} = A_0 (V_{IN+} - V_{IN-})$
  - $A_0 = \infty$
  - Reacție negativă: $V_{IN+} = V_{IN-}$
  - $i_+ = i_- = 0$
  - $A_u = \infty$ (amplificare infinită)
  - $Z_{in} = \infty$ (impedanță intrare inf.)
  - $Z_{out} = 0$ (impedanță ieșire nulă)

GRILE:

- AO tipic → offset voltage de ordinul sute de micro V

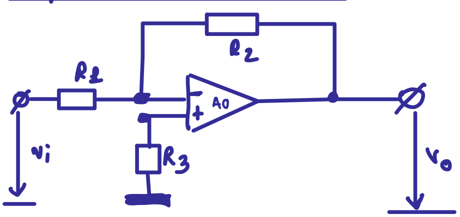
AO – proprietăți

- Obs val reale:
  - Au: 10^4 - 10^6
  - Rin: 10^6 - 10^{12}
  - Iin: 10^{-8} – 10^{-11}
  - v+ != v- (todo v offset)
  - i+ != i- != 0 (to do I offset?)
  - GBP – de introdus si acesta limitare



- Rail-to-rail output = tensiunea de decalaj (offset voltage) este de ordinul sutelor de micro V.

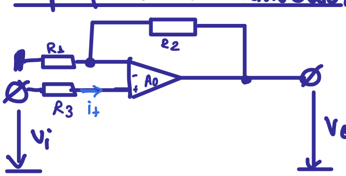
- Amplificatorul inversor:



$$\boxed{V_o = -V_i \cdot \frac{R_2}{R_1}}$$

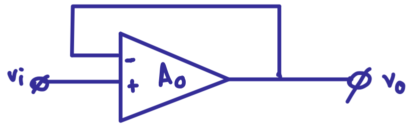
(aflat prin metoda potențialelor la noduri)

- Amplificatorul neinversor:



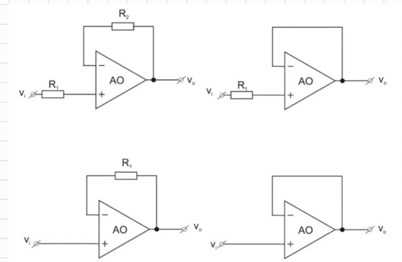
$$\boxed{V_o = V_i \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right)}$$

- AO repetor

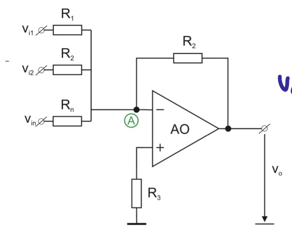


$V_O = V_{IN}$

Variante de AO repetor



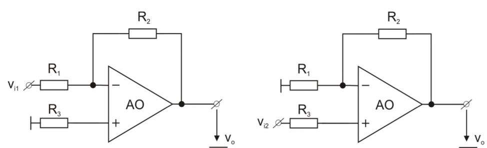
- AO sumator inversor



$$V_o = -R_2 \sum_n \frac{u_{ij}}{R_j}$$

$j \in \overline{1,N}$

- AO inversor – neinversor



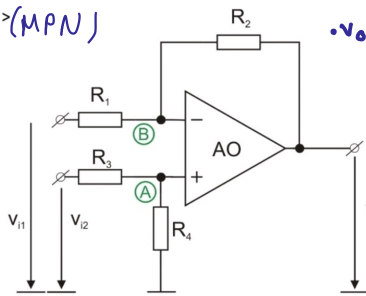
inversor neinversor

$$V_o = -V_{i1} \cdot \frac{R_2}{R_1} + V_{i2} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

(metoda superpoziției)

- Amplificator diferențial cu AO:

(MPN)



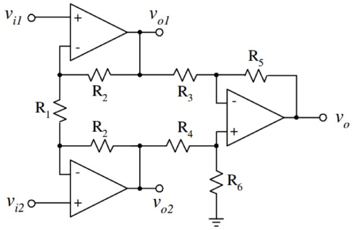
- $V_o = V_{i2} \cdot \frac{R_4}{R_3+R_4} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) - V_{i1} \cdot \frac{R_2}{R_1}$

! $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} \Rightarrow V_o = \frac{R_2}{R_1}(V_{i2} - V_{i1})$

! $R_4 = R_3$ și $R_2 = R_1$

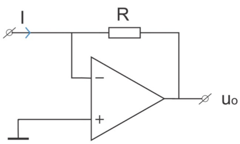
$V_o = V_{i2} - V_{i1}$

• INA (amplificator de instrumentație)



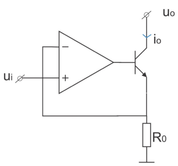
$$V_o = \left(\frac{R_5}{R_3}\right)\left(\frac{R_1+2R_2}{R_1}\right)(V_{i2}-V_{i1})$$

• Convertor curent-tensiune:



$$U_o = -iR$$

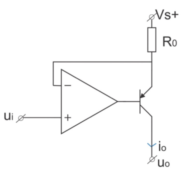
• Sursă de curent 1:



$$i_o \approx \frac{V_i}{R_o}$$

(trb. $U_o > U_i$)

• Sursă de curent 2:

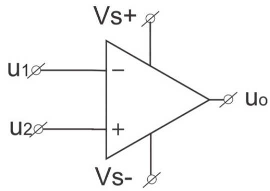


$$i_o \approx \frac{V_s + (-)\,u_i}{R_o}$$

(trb. $U_o < U_i$)

• COMPARATOR

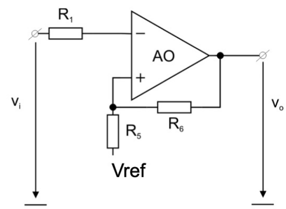
• Comparator:



$u_1 > u_2 \Rightarrow U_o = V_{S+}$

$u_1 < u_2 \Rightarrow U_o = V_{S-}$

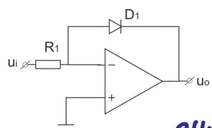
• Comparator cu histerezis:



(V_+ din MPN)

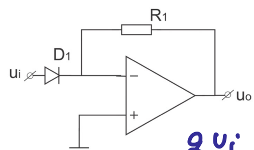
$$\begin{cases} V_+ > V_i \\ \text{sau} \\ V_+ < V_i \end{cases}$$

• Logaritmare



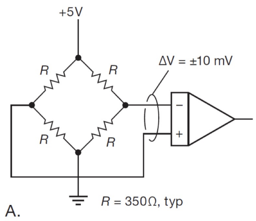
$$i_D = i_0 \exp \frac{qU_D}{kT}$$

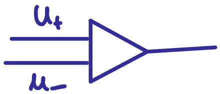
• Exponențiere



$$V_o = -R i_0 e^{\frac{qU_i}{kT}}$$

• AMPLIFICATOR DIFERENȚIAL





Amplificarea componentelor diferențiale:

$$\begin{cases} V_{id} = V_{i1} - V_{i2} & \text{(diferit)} \\ V_{ic} = (V_{i1} + V_{i2})/2 & \text{(comun)} \end{cases}$$

$$V_0 = A_{vd} \cdot V_{id} + A_{vc} \cdot V_{ic}$$

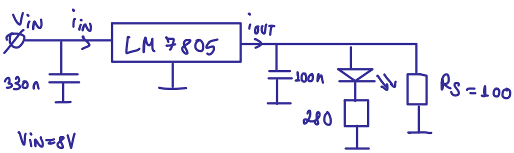
• CMMR

↳ Factor de rejecție al modului comun

↳ capacitatea amplificatorului diferențial de a anula tensiunea de intrare comună:

$$CMMR = 10 \log_{10} \left(\frac{A_{vd}}{A_{vc}}\right)^2 = 20 \log_{10} \left(\frac{A_{vd}}{|A_{vc}|}\right)$$

• Stabilizatoare de tensiune ??



VIN=8V

Vled = 2V2

$i_i = i_o + \frac{i_s}{i_q}$ $\quad i_i = i_o + i_s = i_o$

P_u = putere utilă $= i_{out} \cdot V_{out}$

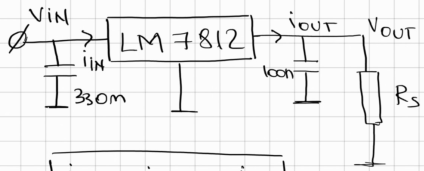
P_c = putere consumată $= i_{in} \cdot V_{in}$

$\eta = P_u / P_c$

$V_{IN} > V_{OUT}$ → pt. o funcționare corectă

$V_{IN} - V_{OUT} > V_D$ → dat de producător

i_Q = Quiescent current



$$\boxed{i_{IN} = i_{OUT} + i_Q}$$

$i_Q = 0 \Rightarrow i_{IN} = i_{OUT}$

• FILTRE

• Un filtru electronic este un circuit electronic ce modif. amplitudinea și caracteristica de fază a unui semnal, în fct. de frecvența acestora

• Modif. amplitudinea unor componente, în fct. de frecvența lor.

• Pt. eliminarea zgomotelor și evidențierea componentelor de frecv. de interes.

$$H(s) = \frac{V_{OUT}(s)}{V_{IN}(s)}$$

↳ fct. de transfer

• Noțiuni necesare:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \qquad \begin{cases} f = 0Hz \Rightarrow \begin{cases} X_C = \infty \\ i = 0 \end{cases} \\ f = \infty \Rightarrow \begin{cases} X_C = 0 \\ i = MAX \end{cases} \end{cases}$$

$$V_{OUT} = V_{IN} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

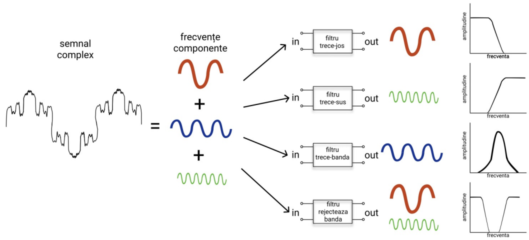
• $\omega = 2\pi f$

• Conductanța: $G = \frac{1}{R}$

GRILE!

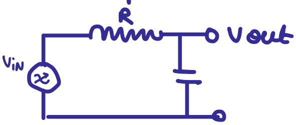
• FTJ/FTS

↳ frecv. de tăiere este frecv. la care puterea semnalului de ieșire scade, față de puterea în banda de trecere, cu 50%.



- Filtrul trece-jos (FTJ)

↳ LPF pasiv de ordin 1

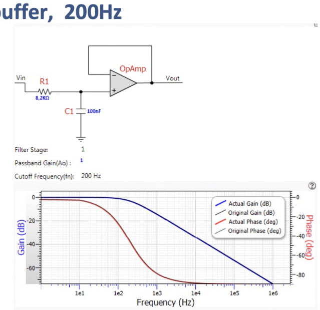


$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{X_C}{\sqrt{R^2+X_C^2}}$$

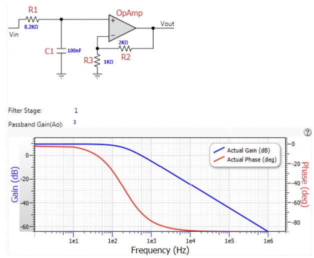
unde $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$

- Banda de trecere, pct. de -3dB
  - → pct. unde amplificarea de putere scade la jumătate
  - → tensiunea scade de radical din 2 ori
  - → se mai numește pct. de -3dB
  - → GRILE:
    - filtru de ord. 1 → -20 dB/dec
    - —"— ord. 2 → -40 dB/dec
  - → tensiunea este la 70,7% din val. max. din banda de trecere

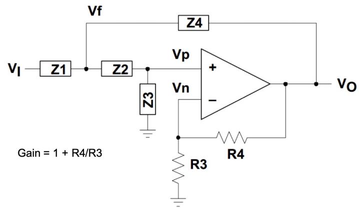
FTJ ord 1, cu buffer, 200Hz



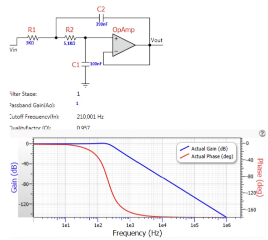
FTJ ord 1, gain 3, 200Hz



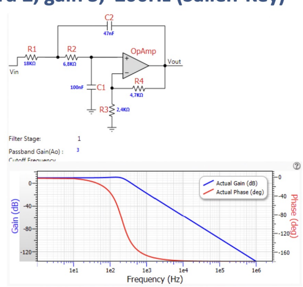
Sallen-Key



FTJ Activ de ord 2, gain 1, 200Hz (Sallen-Key)

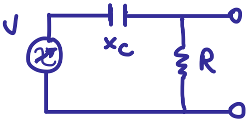


FTJ Activ de ord 2, gain 3, 200Hz (Sallen-Key)



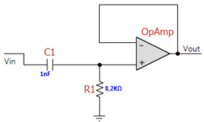
• Filtre trece-sus (FTS)

↳ HPF pasiv de ord. 1

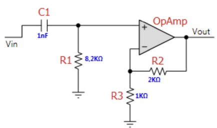


$$V_{OUT} = V_{IN} \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \qquad X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

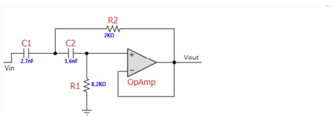
FTS ord 1, cu buffer, 20kHz



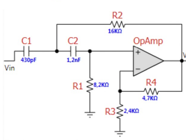
FTS ord 1, gain 3, 20kHz



FTS Activ de ord 2, gain 1, 20kHz (Sallen-Key)

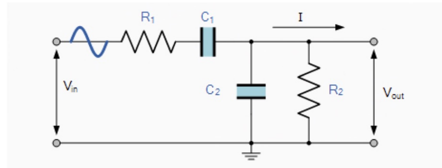


FTS Activ de ord 2, gain 3, 20kHz (Sallen-Key)

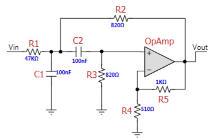


• Filtre trece bandă (FTB)

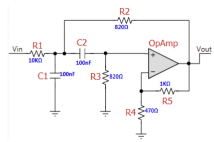
FTB (BPF) pasiv de ordin 1



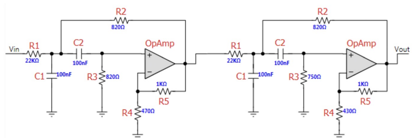
FTB Activ de ord 2, gain 1, 2kHz cu 100Hz



FTB Activ de ord 2, gain 5, 20kHz cu 100Hz

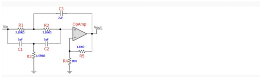


FTB Activ de ord 4, gain 5, 20kHz cu 100Hz



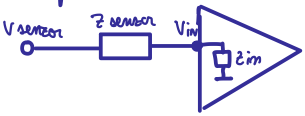
- **Filtru rejectează banda**

FRB Activ de ord 2, gain 1, 50Hz cu 10Hz



! GRILĂ:

Amplificator neideal:



$$V_{in} = V_{senzor} \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{senzor} + Z_{in}}$$