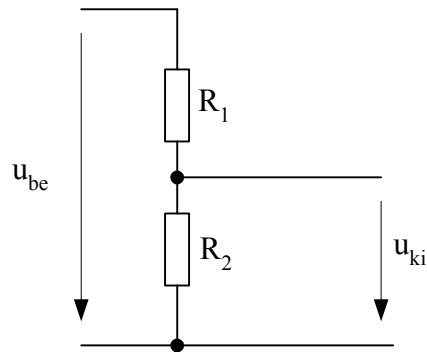


Jelformálás

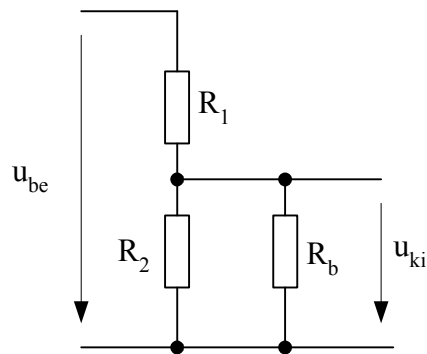
1) Határozza meg a terheletlen feszültségosztó u_{ki} kimenő feszültségét!

Adatok: $R_1=3,3\text{ k}\Omega$, $R_2=8,6\text{ k}\Omega$, $u_{be}=10\text{V}$. (Eredmény: 7,23 V)



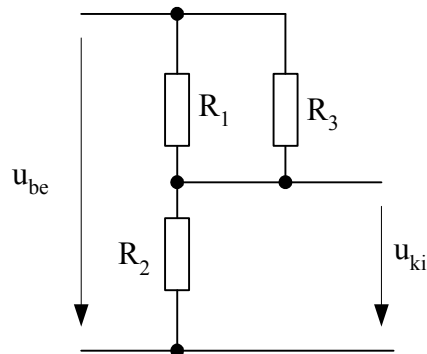
2) Határozza meg a feszültségosztó u_{ki} kimenő feszültségét, ha a mérőműszer belső ellenállása R_b !

Adatok: $R_1=3,3\text{ k}\Omega$, $R_2=8,6\text{ k}\Omega$, $R_b=100\text{ k}\Omega$, $u_{be}=10\text{V}$. (Eredmény: 7,06 V)



3) Határozza meg a vázolt áramkör u_{ki} kimenő feszültségét!

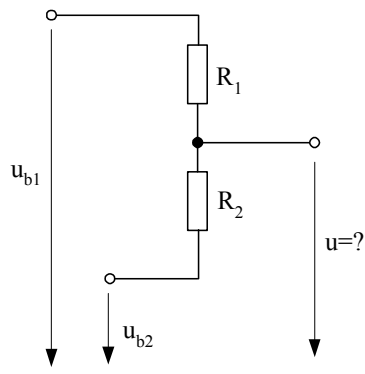
Adatok: $R_1=2,7\text{ k}\Omega$, $R_2=4,7\text{ k}\Omega$, $R_3=6,8\text{ k}\Omega$, $u_{be}=5\text{ V}$. (Eredmény: 3,54 V)



4) Határozza meg a vázolt két bemenetű áramkör u_{ki} kimenő feszültségét!

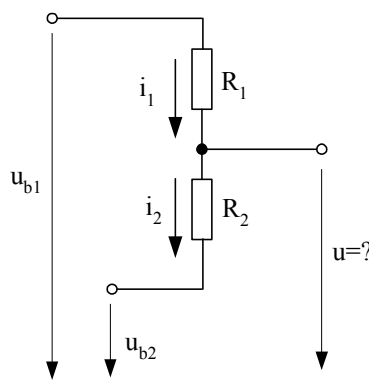
Adatok: $R_1=2,7 \text{ k}\Omega$, $R_2=4,7 \text{ k}\Omega$, $u_{b1}=5 \text{ V}$, $u_{b2}=3 \text{ V}$. (Eredmény: $4,27 \text{ V}$)

Megjegyzés: a feladatot megoldhatja csomóponti módszerrel, vagy szuperpozícióval is.



Megoldás csomóponti módszerrel

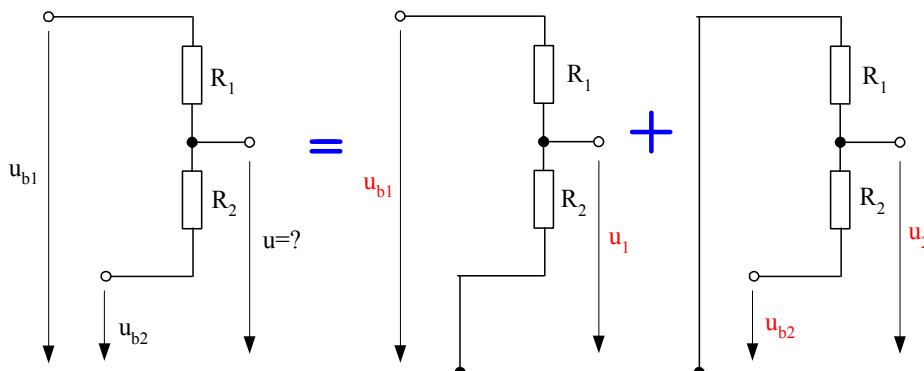
$$i_1 - i_2 = 0 = \frac{u_{b1} - u}{R_1} - \frac{u - u_{b2}}{R_2} \rightarrow u =$$



Megoldás szuperpozícióval

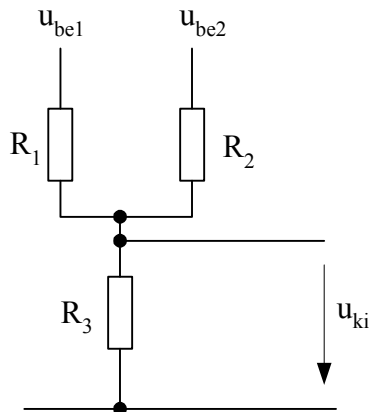
$$u = u_1|_{u_{b2}=0} + u_2|_{u_{b1}=0}$$

Figyelem! Amelyik bemenet nem aktív, azt földelni kell!

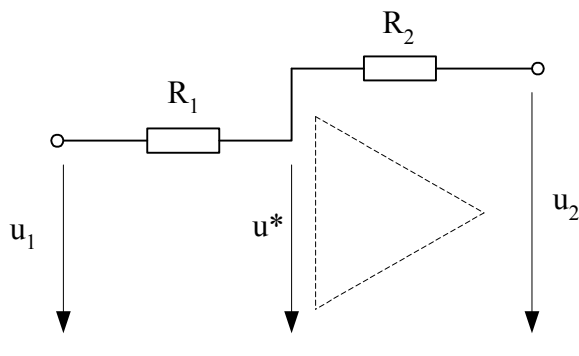


$$u = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_{b1} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{b2}$$

5) Határozza meg a vázolt két bemenetű áramkör u_{ki} kimenő feszültségét!
 Adatok: $R_1=2,7\text{ k}\Omega$, $R_2=4,7\text{ k}\Omega$, $R_3=6,8\text{ k}\Omega$, $u_{b1}=5\text{ V}$, $u_{b2}=3\text{ V}$. (Eredmény: $3,41\text{ V}$)



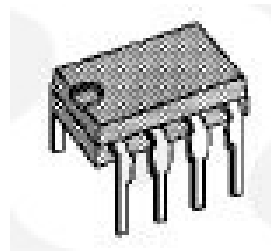
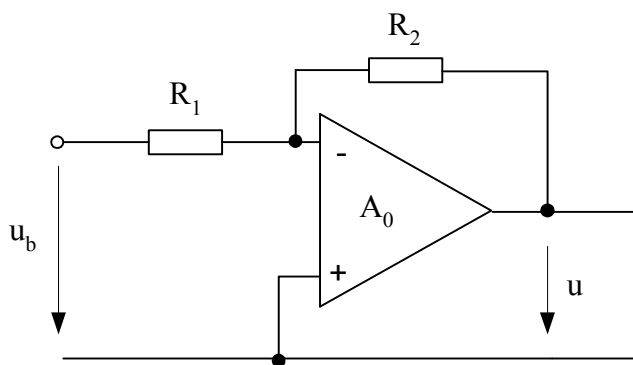
6) Határozza meg a vázolt két bemenetű áramkör u^* feszültségét! (ugyanaz, mint a 4. példa)
 Adatok: $R_1=33\text{ k}\Omega$, $R_2=680\text{ k}\Omega$, $u_{b1}=0,05\text{ V}$, $u_{b2}=-1\text{ V}$. (Eredmény: $0,0014\text{ V}$)



7) Mekkora az invertáló műveleti erősítő kimenő feszültsége, ha $A_0 \rightarrow \infty$?

Adatok: $R_1=10\text{ k}\Omega$, $R_2=68\text{ k}\Omega$, $u_b=0,1\text{ V}$.

(Segítség: írja fel az invertáló bemenet feszültségét a 6. példa alapján, alkalmazza a műveleti erősítő alapképletét, majd végezze el az $A \rightarrow \infty$ határátmenetet. Eredmény: $-0,68\text{ V}$)



A csomóponti törvényt alkalmazva

$$\frac{u_b - u^*}{R_1} - \frac{u^* - u}{R_2} = 0 \rightarrow u^* = \frac{u_b R_2 + u R_1}{R_1 + R_2}$$

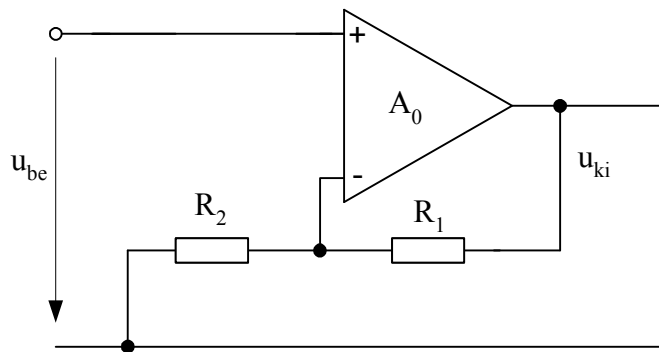
Másrészt $u = A_0(0 - u^*)$, osszuk mindkét oldalt az erősítéssel, és mivel A_0 tart a végtelenhez, ezért

$$\lim_{A_0 \rightarrow \infty} \frac{u}{A_0} = 0 = -u^* \rightarrow u_b R_2 + u R_1 = 0 \rightarrow u = \underline{\underline{-\frac{R_2}{R_1} u_b}}$$

8) Mekkora a neminvertáló műveleti erősítő kimenő feszültsége, ha $A_0 \rightarrow \infty$?

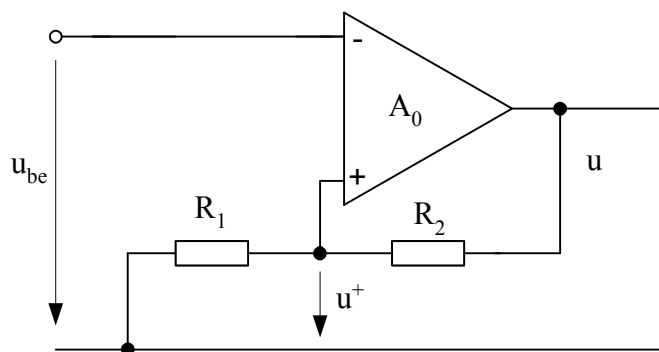
Adatok: $R_1=10 \text{ k}\Omega$, $R_2=68 \text{ k}\Omega$, $u_b=0,1 \text{ V}$.

(Segítség: írja fel az invertáló bemenet feszültségét, alkalmazza a műveleti erősítő alapképletét, majd végezze el az $A \rightarrow \infty$ határátmenetet. Eredmény: $0,114 \text{ V}$)



9) Határozza meg a vázolt Schmitt-trigger u_{be1} és u_{be2} komparálási szintjeit, ha $u_{ki\max} = \pm 15 \text{ V}$ és $A_0 \rightarrow \infty$. Adatok: $R_1=1 \text{ k}\Omega$, $R_2=68 \text{ k}\Omega$, $u_{ref}=0$. (Eredmény: $+0,217 \text{ V}$ és $-0,217 \text{ V}$)

Rajzolja meg a kimenő jelet a bemenő jel függvényében!



Segítség

Ne tévessze össze az előző példával, itt pozitív visszacsatolás van!

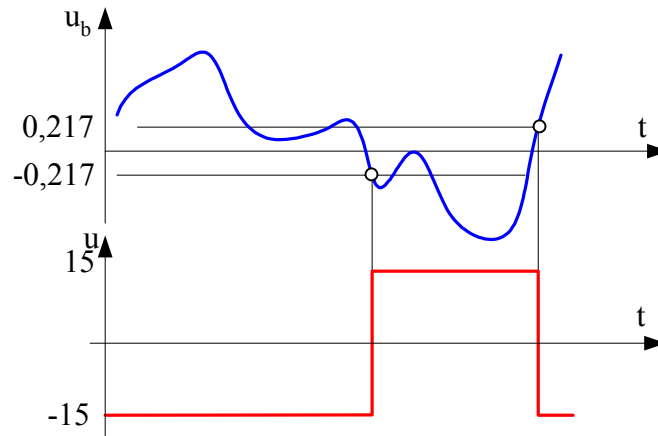
A terheletlen feszültségosztó összefüggésével számolva

$$u^+ = u \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$u = A_0 \left(u \frac{R_1}{R_1 + R_2} - u_b \right) \rightarrow 0 = u \frac{R_1}{R_1 + R_2} - u_b$$

$$\text{Ha } u = +15\text{V, akkor } u_b = u \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 15 \frac{1}{1 + 68} = 0,217\text{V}$$

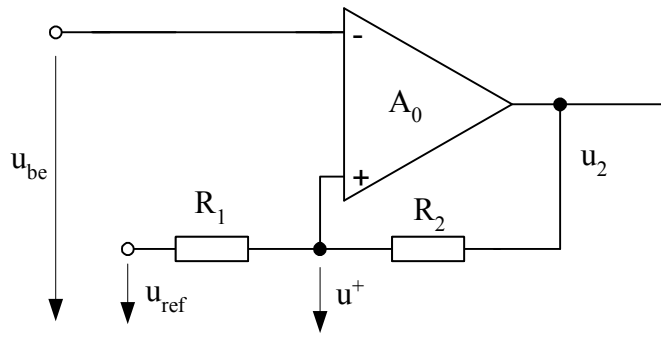
$$\text{Ha } u = -15\text{V, akkor } u_b = u \frac{R_1}{R_1 + R_2} = -15 \frac{1}{1 + 68} = -0,217\text{V}$$



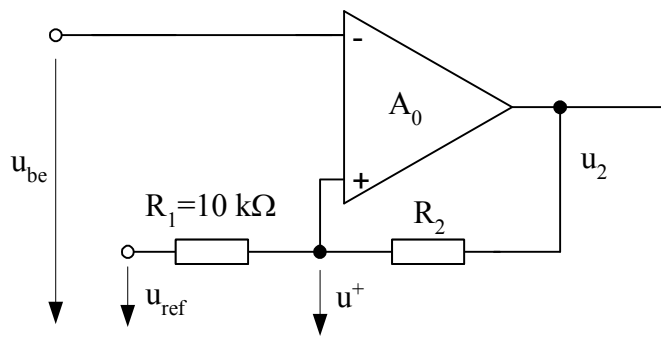
A diagram jellege gondolatkísérlettel belátható. Tételezzük fel, hogy a kimenet negatív telítésben van ($u = -15\text{V}$), a bemenet $+1\text{V}$. Változtassuk a bemenetet. A kimenetet táblázatban ábrázoljuk.

$u_b = u^-$	u^+	$A(u^+ - u^-)$	u
Kezdeti állapot	-0,217		-15
+1	-0,217	$-1,217 \cdot 10^5$	-15 (telítődve)
+0,217	-0,217	$-0,434 \cdot 10^5$	-15 (telítődve)
-0,216	-0,217	$-0,001 \cdot 10^5$	-15 (telítődve)
-0,218	Átváltás előtt		-15 (telítődve)
	Átváltás után	$+0,001 \cdot 10^5$	+15 (telítődve)
-1	+1,217	$+1,217 \cdot 10^5$	+15 (telítődve)
0	+0,217	$+0,217 \cdot 10^5$	+15 (telítődve)
+0,216	+0,217	$+0,001 \cdot 10^5$	+15 (telítődve)
+0,218	Átváltás előtt		+15 (telítődve)
	Átváltás után	$-0,001 \cdot 10^5$	-15 (telítődve)
+1	-0,217	$-1,217 \cdot 10^5$	-15 (telítődve)

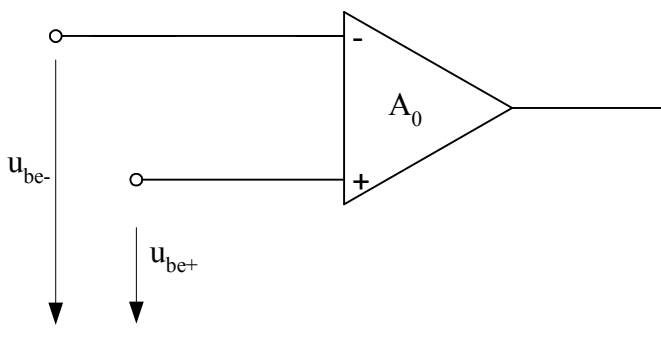
10) Határozza meg a vázolt Schmitt-trigger u_{be1} és u_{be2} komparálási szintjeit, ha $u_{kimax}=\pm 15V$ és $A_0 \rightarrow \infty$. Adatok: $R_1=1\text{ k}\Omega$, $R_2=68\text{ k}\Omega$, $u_{ref}=0,5V$. (Eredmény: $0,688V$ és $0,253V$)
Mekkora amplitúdójú zavarjel esetén nem kapcsol még az áramkör?



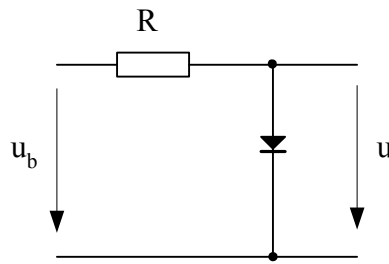
11) Határozza meg u_{ref} és R_2 szükséges értékét, hogy az ideális Schmitt-trigger kapcsolási szintjei $0,1V$ és $0,3V$ legyenek! (Eredmény: $u_{ref}=0,201V$, $R_2=1490\text{ k}\Omega$)



12) Mekkora lehet a komparátor bemenő feszültségeinek különbsége, hogy $A_0=100.000$ erősítés és $\pm 15V$ tápfeszültség esetén a kimenet ne kerüljön telítésbe? ($|\Delta u_{be}| < 15\mu V$)



13) Egy $R=330\Omega$ ellenállást és vele sorosan kapcsolt diódát $u_b=5V$ feszültségre kapcsolunk.



Határozzuk meg az u feszültséget és a körben folyó áramot. A számításnál használjuk az adott dióda $i = -0,4529 + 0,673u$ linearizált egyenletét pozitív áramokra.

Oldjuk meg a feladatot grafikusán is!

Analitikus megoldás

A csomóponti módszert alkalmazzuk.

$$\frac{u_b - u}{R} - (-0,4529 + 0,673u) = 0 \rightarrow \underline{\underline{u = 0,692V}}$$

Az áramot az ellenálláson számítjuk:

$$i = \frac{u_b - u}{R} = \frac{5 - 0,692}{330} = \underline{\underline{0,013A}}$$

Grafikus megoldás

Közös diagramban ábrázoljuk az ellenállás és a dióda jelleggörbéjét. Az ellenállás jelleggörbéjét az

$$i = \frac{u_b - u}{R}$$

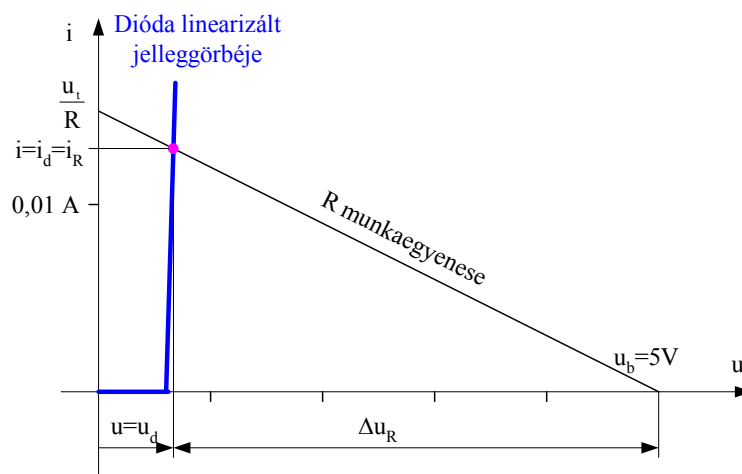
Ohm-törvény írja le, ami egy egyenes $i = -\frac{1}{R}u + \frac{u_b}{R}$ egyenlete az u - i koordinátarendszerben

(A $-1/R$ meredekségű, u_b/R tengelymetszetű egyenesről van szó, melynek tengelymetszetei:

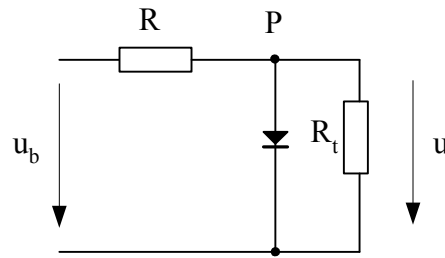
ha $i=0$, akkor $u=u_b$

ha $u=0$, akkor $i=u_b/R$

A munkapont a két jelleggörbe metszéspontjában van, mert itt megegyezik a dióda és az ellenállás árama a soros kapcsolásnak megfelelően.



14) Terheljük egy $R_t=200\Omega$ ellenállással a 13. feladatbeli feszültségstabilizáló kapcsolást! Határozzuk meg a kimenő feszültség értékét! A számításnál használjuk az adott dióda $i_d = -0,4529 + 0,673u_d$ linearizált egyenletét pozitív áramokra.

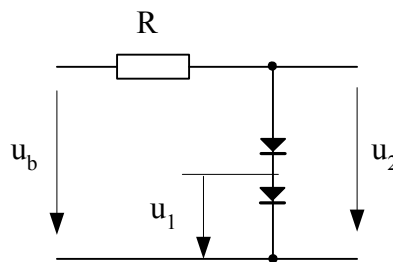


A P csomópontra felírva a csomóponti törvényt

$$\frac{u_b - u}{R} - \underbrace{(-0,4529 + 0,673u)}_{i_d} - \frac{u - 0}{R_t} = 0 \rightarrow \underline{\underline{u = 0,687V}}$$

A kimenő feszültség a terheletlen esetben mért 0,692V-hoz képest alig változott! A dióda tehát *feszültség-stabilizátorként* működött a meredek jelleggörbéje miatt.

15) A 13. feladatot kissé átalakítva most két diódát kapcsolunk sorba az ellenállással.



Határozzuk meg az u_2 feszültséget és a körben folyó áramot!

Megoldás

Először határozzuk meg a két dióda eredőjének egyenletét:

Egy adott dióda egyenlete már ismert:

$$i_1 = -0,4529 + 0,673u_1$$

Soros kapcsolásnál

$$i_2 = i_1 \text{ és } u_2 = 2u_1 \text{ azaz } u_1 = \frac{u_2}{2}$$

Behelyettesítve az egy dióda egyenletébe

$$i = -0,4529 + 0,673 \frac{u_2}{2}$$

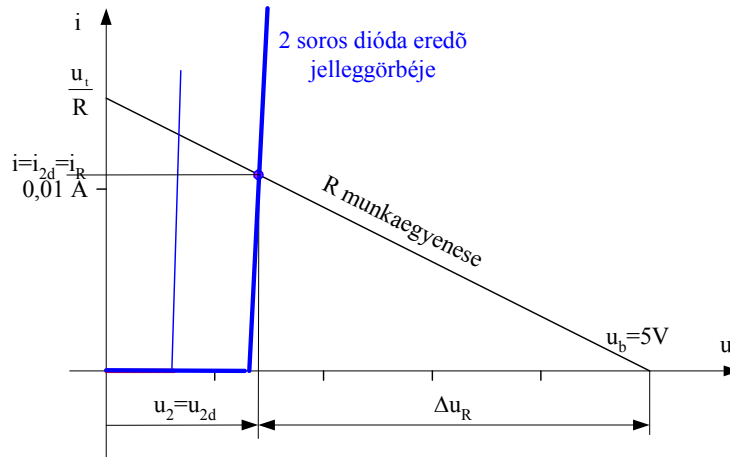
A csomóponti törvény szerint

$$\frac{u_b - u_2}{R} - (-0,4529 + 0,336u_2) = 0 \rightarrow \underline{\underline{u_2 = 1,38V}}$$

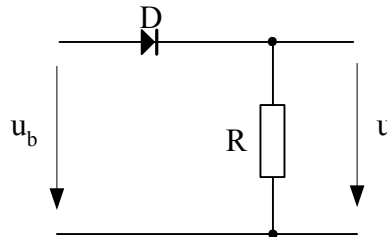
Az áramot az ellenálláson számítjuk:

$$i = \frac{u_b - u_2}{R} = \frac{5 - 1,38}{330} = \underline{\underline{0,011A}}$$

A grafikus megoldás az ábrán látható.



16) Egy sorosan kapcsolt diódát és egy $R=330\Omega$ ellenállást az $u_b=5\cdot\sin\omega t$ feszültség egyenirányítására használunk.

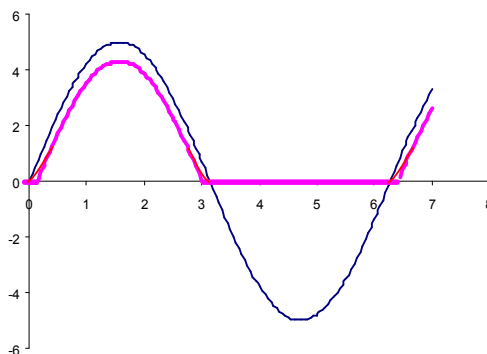


Határozzuk meg az u feszültséget. A számításnál használjuk a dióda $i = -0,4529 + 0,673u_d$ linearizált egyenletét. Rajzoljuk meg egy periódusra Excellel az egyenirányított feszültség időbeli változását!

Segítség.

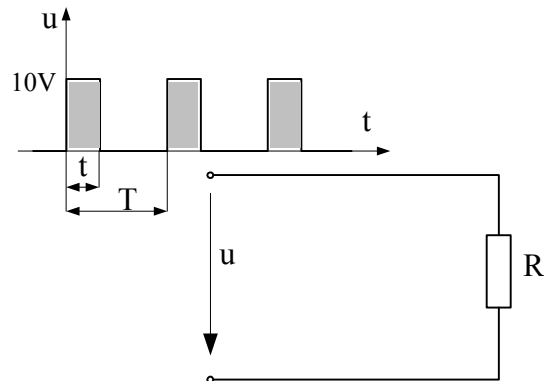
A kapocsfeszültség a diódán eső u_d feszültség és az ellenálláson eső $i \cdot R$ feszültség összege (Hurok-törvény). Innen u_d kiszámítható. A kimenet $u = u_b - u_d$ szerint számítható.

Ügyeljünk arra, hogy a dióda linearizált összefüggése csak pozitív áramokra igaz, különben a dióda nem vezet! Figyeljük meg, hogy a kimenő feszültség a nyitó tartományban is kisebb, mint a bemenő feszültség, mert a diódán is van feszültségesés!



17) Egy $R=50\ \Omega$ ellenállású izzólámpa fényerejét (átlagos villamos teljesítményét) úgy szabályozzuk, hogy a 100 Hz frekvenciájú, $u=10\text{V}$ amplitúdójú négyszögjel kitöltési tényezőjét változtatjuk (PWM)

Mekkora legyen a kitöltési tényező, ha $P_{\text{átl}}=0,5\text{W}$ átlagos villamos teljesítményt akarunk elérni?



Megoldás

A lámpa maximális teljesítménye

$$P_{\text{max}} = u \cdot i = \frac{u^2}{R} = \frac{10^2}{50} = 2\text{W}$$

Az átlag teljesítményt egy periódus alatt számítjuk (összes munka/összes idő)

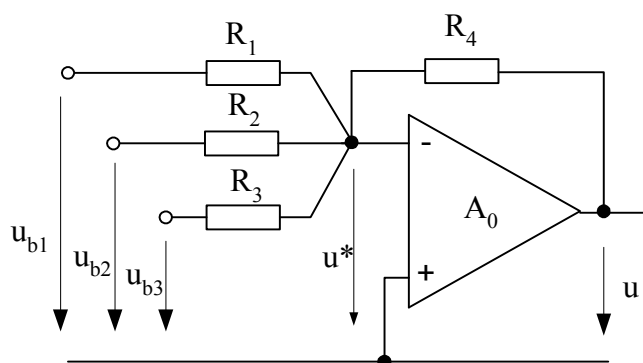
$$P_{\text{átl}} = \frac{W}{T} = \frac{P_{\text{max}} t + 0(T-t)}{T} = P_{\text{max}} \frac{t}{T}$$

A kitöltési tényező

$$\frac{t}{T} = \frac{P_{\text{átl}}}{P_{\text{max}}} = \frac{0,5}{2} = \underline{\underline{0,25}}$$

18) Mekkora legyen a 40% kitöltési tényezőjű négyszögjel csúcsértéke, hogy az $R=100\Omega$ ellenállású fogyasztó 5W átlagteljesítménnyel üzemeljen? (35,35V)

19) Mekkora az összeadó (D/A) áramkör u kimenő feszültsége, ha $R_1=4\text{k}\Omega$, $R_2=2\text{ k}\Omega$, $R_3=1\text{ k}\Omega$, $R_4=4\text{ k}\Omega$, valamint $u_{b1}=2\text{V}$, $u_{b2}=0\text{V}$, $u_{b3}=2\text{V}$?



Segítség: írja fel a csomóponti törvényt az összegző pontra. Az előző példából tudhatja, hogy annak feszültsége $u^* \sim 0$, vagy ismét levezeti $A_0 \rightarrow \infty$ szerint. (Megoldás: -10V)