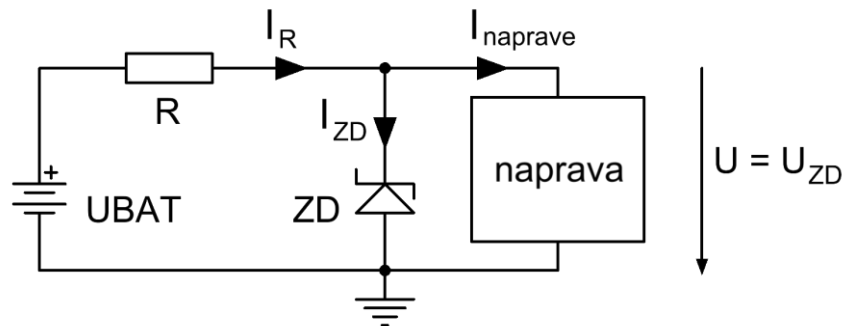


Stabilizacija napetosti z Zenerjevo diodo

Problem:

Naša naprava potrebuje za delovanje napajalno napetost $U_B = 5V$, pri tem skozi teče tok I_B do največ 100 mA. Za napajanje te naprave je na razpolago avtomobilski akumulator z napetostjo U_{BAT} od 9 V (kadar je najbolj obremenjen) do 14 V (kadar je sveže napolnjen in najmanj obremenjen). Dimenzioniraj vezje, ki zmanjša napetost baterije na vrednost, ki je primerna za napajanje naše naprave, uporabi Zenerjevo diodo in upornik. Vezje je na spodnji sliki.



Reševanje:

- Izberemo napetost Zenerjeve diode U_{ZD}
- Izberemo vrednost upornika R
- Izračunamo moči na elementih in izberemo elemente

Ker za napajanje naše naprave potrebujemo napetost 5 V, bi potrebovali Zenerjevo diodo za 5 V. Take na tržišču ni, zato se zadovoljimo z diodo za $U_{ZD} = 5,1 V$. Na njej namerimo napetost U_{ZD} če skozi teče minimalen tok, ki znaša vsaj $I_{ZDmin} = 1 mA$ (to sicer ni čisto res, saj je napetost na Zenerjevi diodi šibko odvisna od toka skozi, a pri tej nalogi bomo to zanemarili).

Naša naprava mora biti preskrbljena z napetostjo 5 V ne glede na napetost na akumulatorju porabo; tudi takrat, ko je napetost na akumulatorju najmanjša (U_{BATmin}) in poraba vezja največja ($I_{napraveMAX}$). Zato vrednost upornika R določimo pri najmanjši napetosti akumulatorja, to je pri $U_{BAT} = 9 V$ in največji porabi naše naprave, torej pri 0,1 A; uporabimo Ohmov zakon. Tok skozi upornik I_R je vsota največjega toka skozi našo napravo in toka skozi Zenerjevo diodo, napetost na uporniku U_R pa je enaka razliki napetosti na sponkah tega upornika.

$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_{BATmin} - U_{ZD}}{I_{napraveMax} + I_{ZDmin}} = \frac{9 V - 5,1 V}{0,1 A + 0,001 A} = 38,6 \Omega$$

Izberemo najbližjo manjšo vrednost upornika iz lestvice, to je 36Ω . Zaradi tako izbranega upornika bo najmanjši tok skozi Zenerjevo diodo I_{ZDmin} malo večji od prej postavljenega, in znaša:

$$I_{ZDmin} = \frac{U_R}{R} - I_{napraveMax} = \frac{U_{BATmin} - U_{ZD}}{R} - I_{napraveMax} = \frac{9 V - 5,1 V}{36 \Omega} - 0,1 A = 8,3 mA$$

Električna moč na elementih bo največja takrat, ko je napetost akumulatorja največja, poraba našega vezja pa najmanjša; izbrati moramo dovolj velike elemente, da bo električna moč, pretvorjena v toploto, lahko prehajala v okolico. Napetost na Zenerjevi diodi je torej še vedno $U_{ZD} = 5,1 V$, napetost akumulatorja pa znaša $U_{BATmax} = 14 V$. Zato teče skozi upornik R tok I_{Rmax} :

$$I_{Rmax} = \frac{U_{BATmax} - U_{ZD}}{R} = \frac{14 V - 5,1 V}{36 \Omega} = 0,247 A$$

Upornik R se zaradi toka skozenj in napetosti na njem zato greje z močjo P_{Rmax} :

$$P_{Rmax} = I_{Rmax} * (U_{BATmax} - U_{ZD}) = 0,247 A * (14 V - 5,1 V) = 2,2 W$$

Zenerjeva dioda pa z močjo P_{ZDmax} :

$$P_{ZDmax} = I_{Rmax} * U_{ZD} = 0,247 A * 5,1 V = 1,26 W$$

Za vezje bomo izbrali elemente, ki so sposobni vsaj tako moč prenesti v okolje ne da bi se pri tem pregrevali, torej bomo v katalogu proizvajalca poiskali upornik za moč 2,5 W ali več ter Zenerjevo diodo za moč 1,5 W ali več.

Vežje z diodo

Problem: analiziraj vezje s desne slike. Namig: Izhodna napetost sicer sledi vhodni napetosti, a je način sledenja odvisen od velikosti vhodne napetosti.

Reševanje: vezje se obnaša na dva različna:

- Če skozi diodo D ni toka, lahko spodnji del vezja zanemarimo
- Če skozi diodo D teče tok, je napetost na diodi enaka 0,6 V, zato lahko za potrebe računanja diodo nadomestimo z baterijo za 0,6 V.

Pri tem smo privzeli poenostavljene lastnosti diode, katere kolenska napetost znaša 0,6 V.

a)

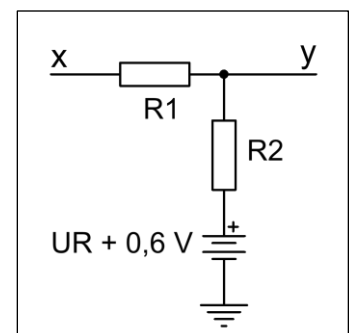
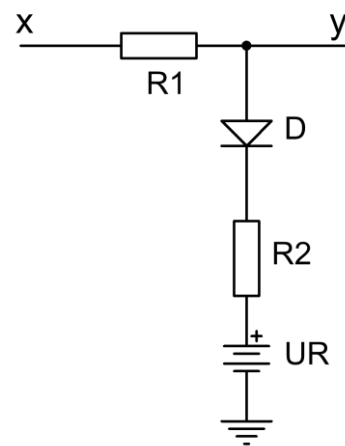
Če skozi diodo ni toka, potem ni toka skozi upornika R_1 in R_2 . Zato sta padca napetosti na teh dveh upornikih $U_{R1} = U_{R2} = 0 V$. Iz tega sledi, da je napetost na obeh sponkah upornika R_2 in tudi katodi diode D enaka U_R , napetost na obeh sponkah upornika R_1 pa enaka X . Dioda D ne prevaja, če je na njej napetost, ki je manjša od 0,6 V. Iz tega sledi, da dioda ne prevaja, kadar je vhodna napetost x :

$$x < U_R + U_D \rightarrow x < U_R + 0,6 V$$

b)

Kadar je vhodna napetost x večja ($x > U_R + 0,6 V$), teče skozi diodo tok, napetost na diodi pa je 0,6V. Za to situacijo velja nadomestno vezje kjer je dioda nadomeščena z baterijo 0,6 V. Zamenjamo lahko vrstni red elementov v vertikalni veji vezja in seštejemo napetosti obeh baterij, zato dobimo vezje s slike desno.

Vežje z desne slike rešujemo tako, da najprej določimo tok I_x skozi oba upornika, nato izračunamo padec napetosti na uporniku R_2 in na koncu izhodno napetost y kot vsoto napetosti na bateriji in padca napetosti na uporniku R_2 .



$$I_x = \frac{x - (U_R + 0,6 V)}{R_1 + R_2}$$

$$U_{R2} = I_x * R_2$$

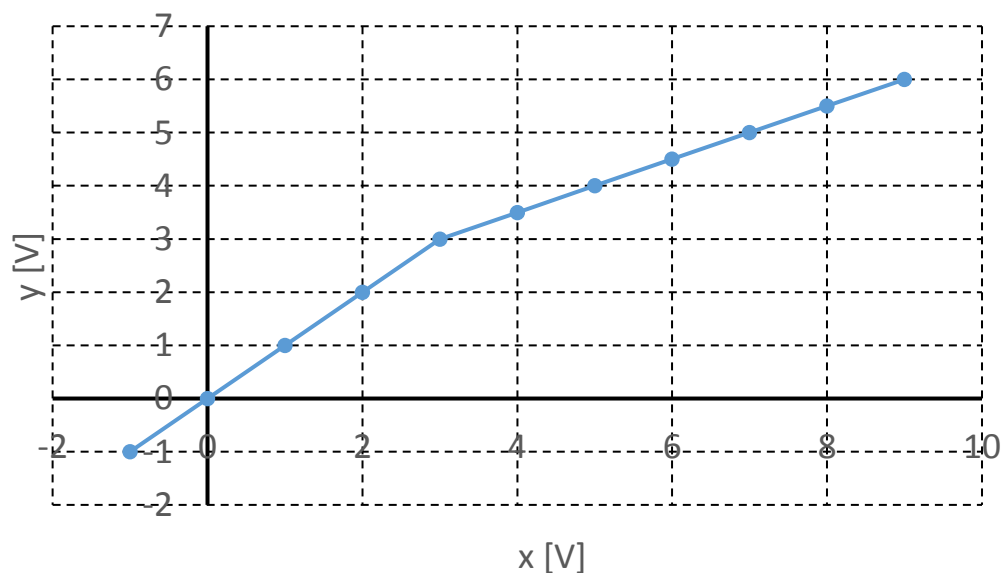
$$y = (U_R + 0,6 V) + U_{R2}$$

Končni izraz, ki velja le za $x \geq U_R + 0,6 V$, se glasi:

$$y = (U_R + 0,6 V) + (x - U_R - 0,6 V) \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Sestavimo tabelo za nekaj vhodnih napetosti x . Pri tem privzemimo, da je napetost baterije $U_R = 2,4 V$, upornika R_1 in R_2 pa sta enaka. Iz tabele narišimo diagram odvisnosti izhodnega signala y od vhodnega signala x .

X [V]	metoda	Y [V]
-1	a	-1,0
0	a	0,0
1	a	1,0
2	a	2,0
3	a	3,0
4	b	3,5
5	b	4,0
6	b	4,5
7	b	5,0
8	b	5,5
9	b	6,0



Izhodna napetost sledi vhodni do vrednosti 3V, nato pa se izhodna napetost povečuje za polovico prirastka vhodne napetosti nad 3V.