

ANALOGNA ELEKTRONIKA

7

7

Izlazni stepeni i pojačavači snage

Uvod

- Pojačavačka kola o kojima smo pričali treba da postignu veliko pojačanje sa određenim vrednostima ulazne i izlazne impedanse
- Međutim, mnoge primene zahtevaju kola koja mogu da daju opterećenju veliku snagu (stereo sistemi predaju zvučnicima snagu reda desetina ili stotina W). Ovakvi pojačavači se nazivaju pojačavači snage

Uvod

- Pretpostavimo da treba zvučniku od 8Ω isporučiti snagu od 1W. Ovo znači da nam je potreban napon $V_p=4V$, a da struja kroz zvučnik treba da bude 0.5A!
- Ono što je karakteristično za ovu situaciju je:
 - otpornost je mnogo manja od uobičajenih (stotine oma)
 - struja je mnogo veća od tipičnih vrednosti (miliamperi)
 - napon ne spada u „male signale“
 - snaga je mnogo veća od tipičnih vrednosti
 - tranzistor koji radi pod ovim uslovima (velika struja i napon) disipira mnogo, pa se zbog toga zagreva

Uvod

- Na osnovu ovoga možemo predvideti parametre od interesa u projektovanju stepena snage:
 - „distorzija“, tj. nelinearnost koja potiče od rada sa velikim signalima
 - efikasnost η

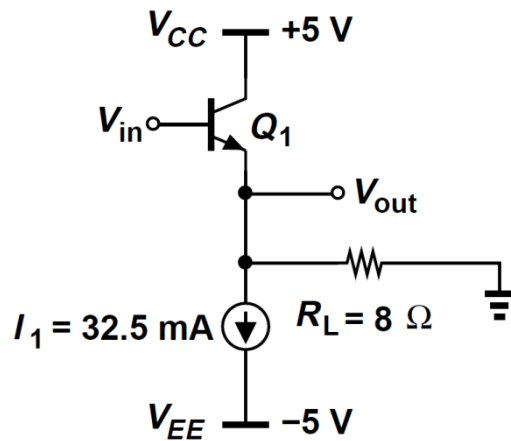
$$\eta = \frac{\text{Snaga isporučena opterećenju}}{\text{Snaga dobijena od napajanja}}$$

ako mobilni telefon treba da preda anteni 1W, a potrošnja mu je 3W, njegova efikasnost je 33.3%. U prethodnim lekcijama efikasnost nije bila mnogo značajna jer je u pitanju bila mala potrošnja (nekoliko mW)

- nivo napona

Emitter Follower kao pojačavač snage

Ovo kolo ima malu izlaznu impedansu, pa je pogodno za pobuđivanje malih impedansi.



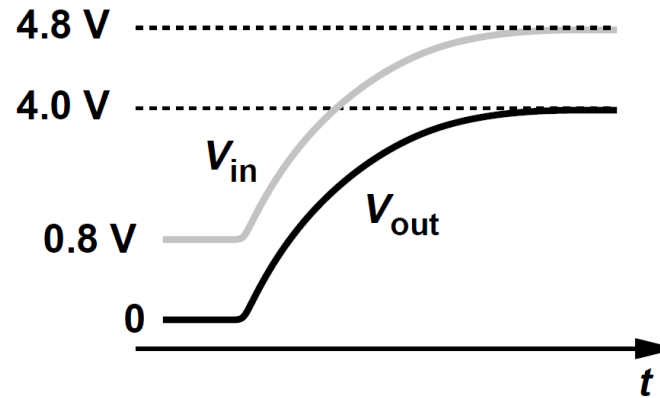
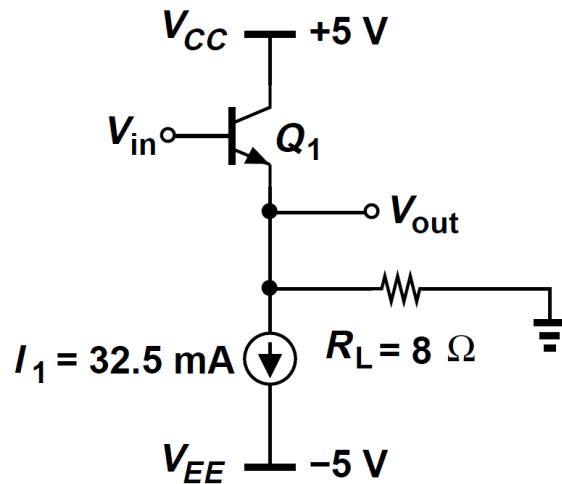
Pojačanje je dato sa:

$$A_v = \frac{R_L}{R_L + \frac{1}{g_m}}$$

pa se za opterećenje od $R_L = 8\Omega$, pojačanje blisko jedinici može dobiti ako je $1/g_m \ll R_L$

tj. $1/g_m = 0.8\Omega$, tako da je onda $I_1 = 32.5\text{mA}$.

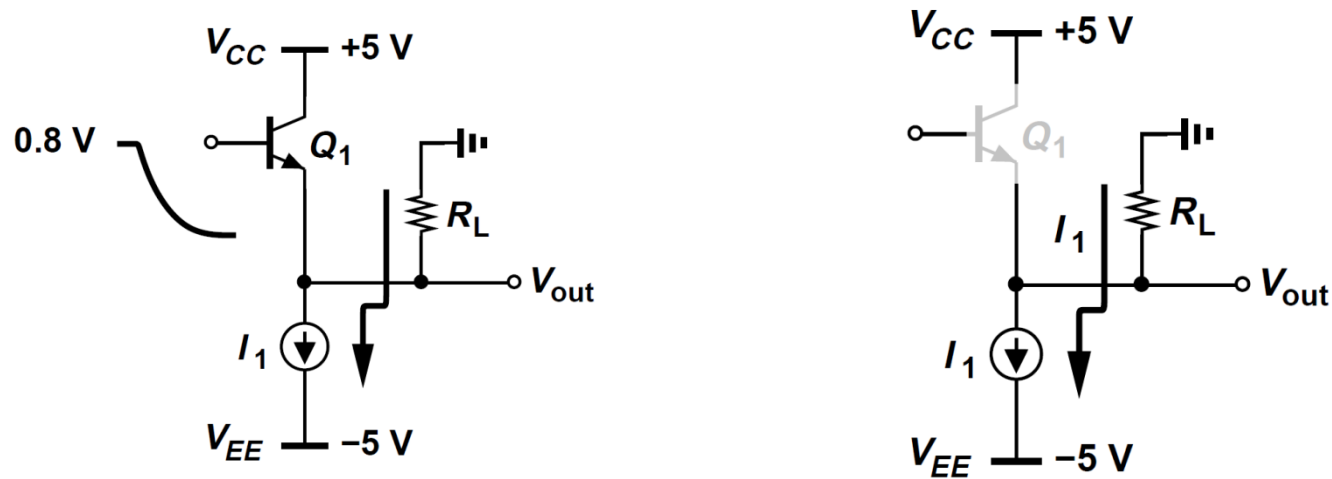
Emitter Follower kao pojačavač snage



Ako je $V_{in} \approx 0.8\text{ V}$, onda je $V_{out} \approx 0\text{ V}$ i $I_C \approx 32.5\text{ mA}$.

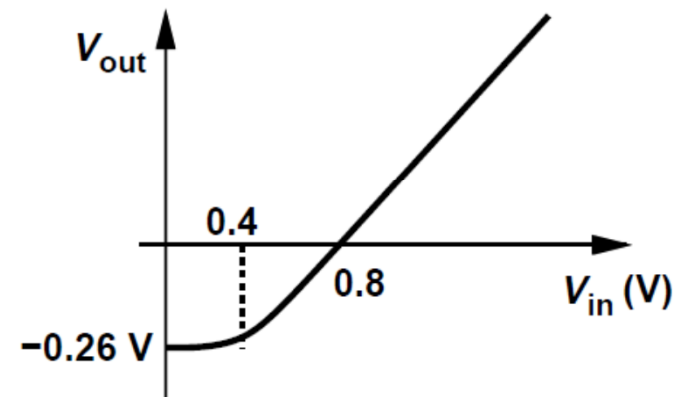
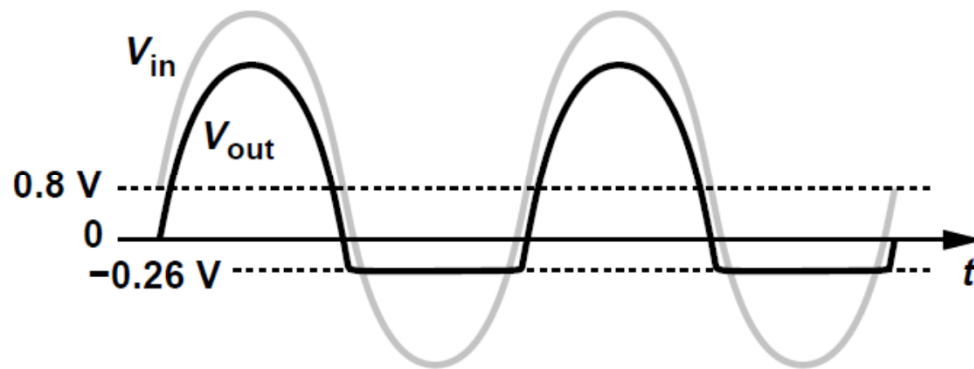
Za ulazne napone od 0.8 V do 4.8 V , napon na izlazu prati napon na emitoru, sa konstantnom razlikom od oko 0.8 V .

Emitter Follower kao pojačavač snage



Kako ulazni napon pada ispod 0.8V, i struja kolektora pada. U jednom trenutku, Q_1 se isključuje, tako da R_L vodi celu struju I_1 . Za niže vrednosti ulaznog napona, Q_1 ostaje isključen pa je $V_{out} = -I_1 R_L = -260\text{mV}$.

Emitter Follower kao pojačavač snage

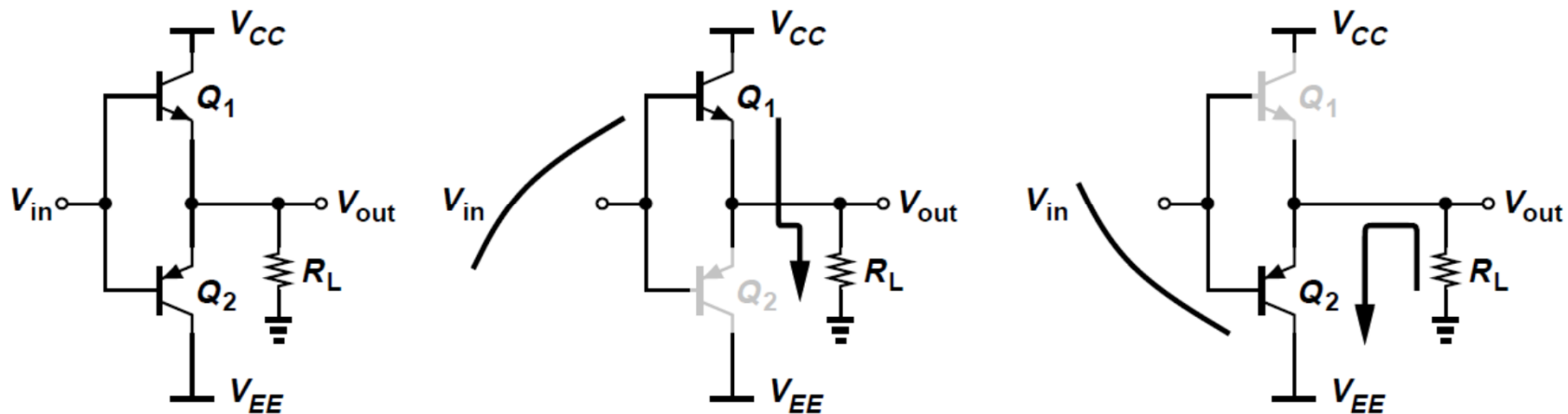


Ulazno/izlazna karakteristika kola je izobličena od vrednosti ulaznog napona od oko 0.4V.

Zaključak je da kolo ne može da radi za opseg ulaznog napona od ± 4 V. Rešenje bi moglo da bude da se struja I_1 poveća tako da Q_1 sve vreme vodi, ali to uzrokuje veću disipaciju i manju efikasnost.

Push-pull sprega

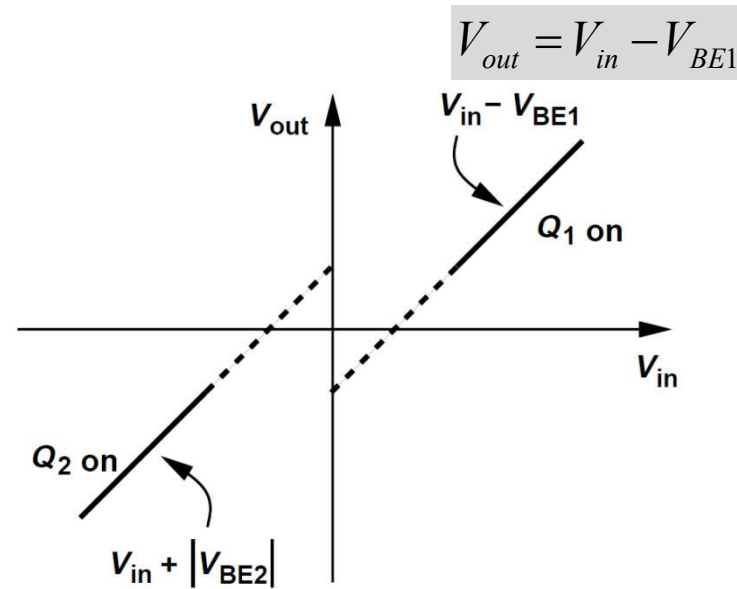
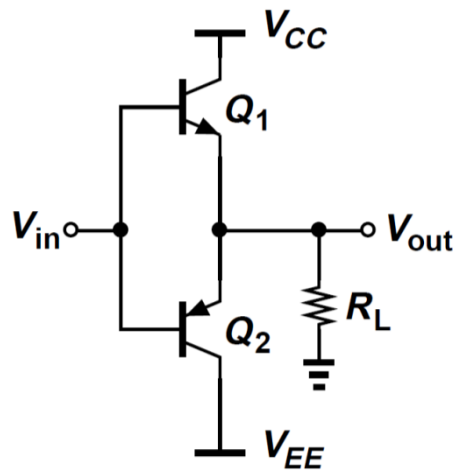
Struja I_1 bi mogla da se poveća samo kada je to potrebno.
Izvor konstantne struje je zamenjen *pnp* tranzistorom.



Ako je ulazni napon V_{in} dovoljno pozitivan, radi Q_1 , a Q_2 ne.
Ako je ulazni napon V_{in} dovoljno negativan, radi Q_2 , a Q_1 ne.
Kaže se da Q_1 „gura“ struju ka R_L (push), a Q_2 je vuče (pull).

Primer 1

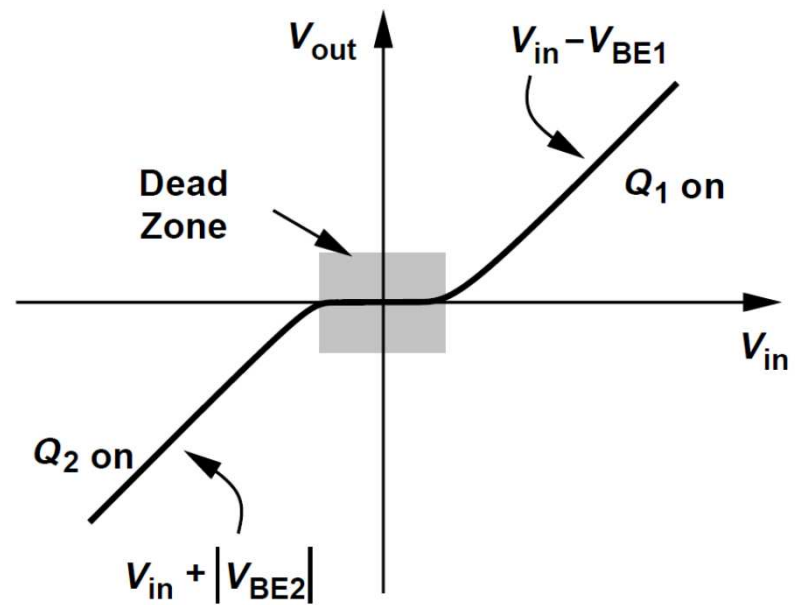
Skicirati ulazno/izlaznu karakteristiku push-pull sprege za vrlo pozitivne i vrlo negativne ulaze.



$$V_{out} = V_{in} + |V_{BE2}|$$

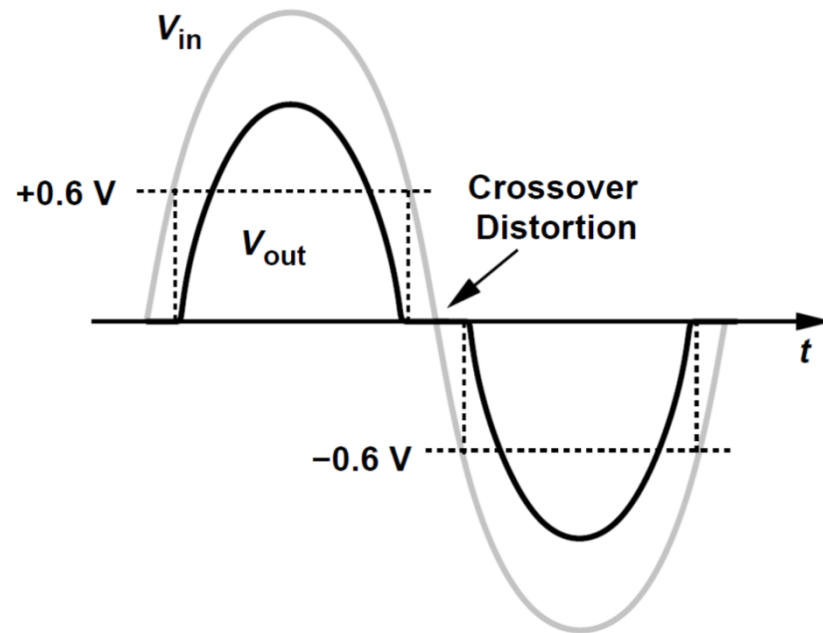
Push-pull sprega

Šta se dešava ako se V_{in} približava nuli?
Okolo nule se stvara „mrtva zona“.



Primer 2

Skicirati karakteristiku push-pull sprege ako je na ulazu sinusoida amplitude 4V.

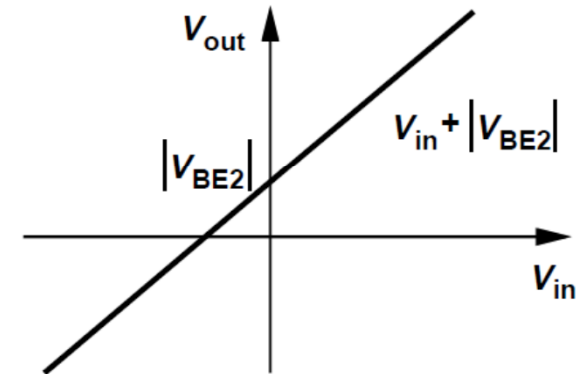
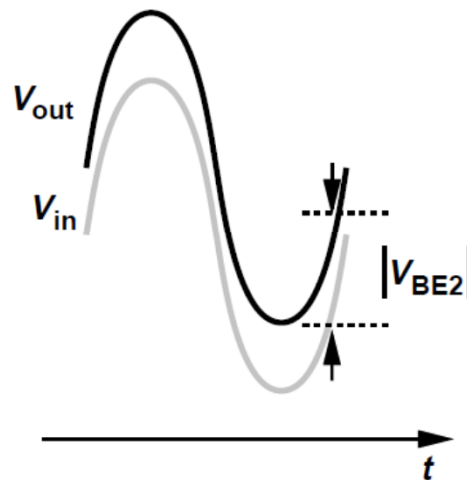
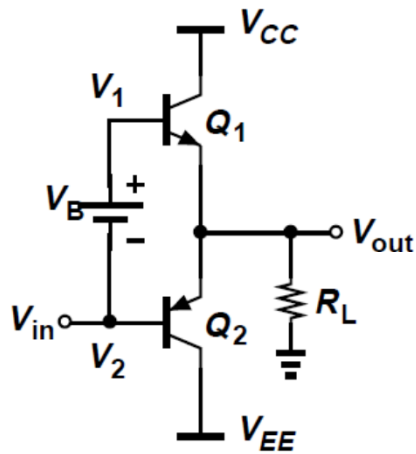


Poboljšana push-pull sprega

Ako Q_1 treba da bude uključen: $V_1 = V_{out} + V_{BE1}$

Ako Q_2 treba da bude uključen: $V_2 = V_{out} - |V_{BE2}|$

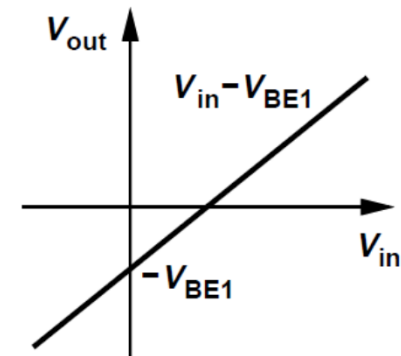
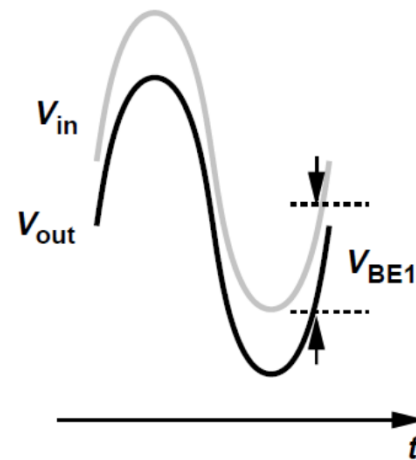
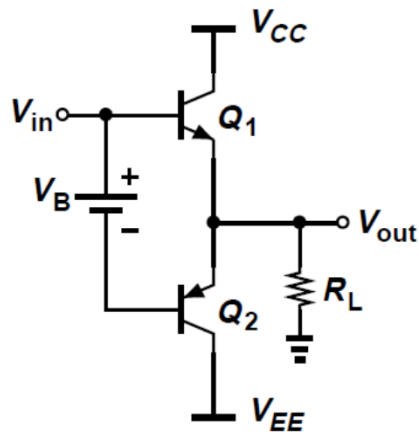
$$\Rightarrow V_B = V_1 - V_2 = V_{BE1} + |V_{BE2}|$$



„Mrtva zona“ je eliminisana.

Primer 3

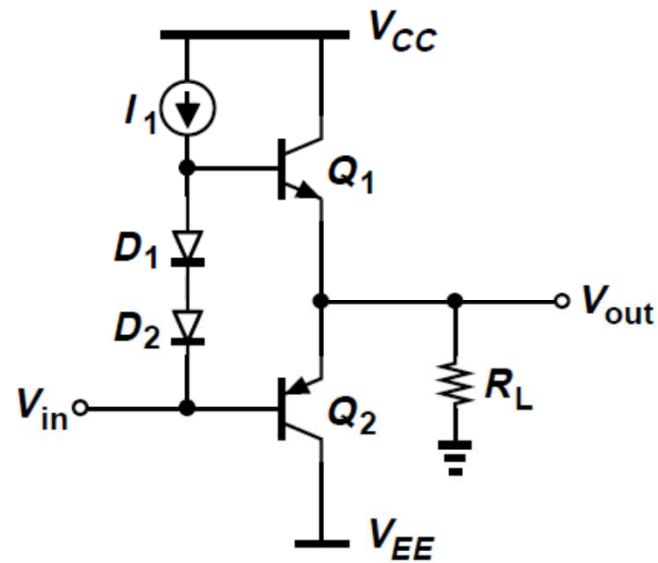
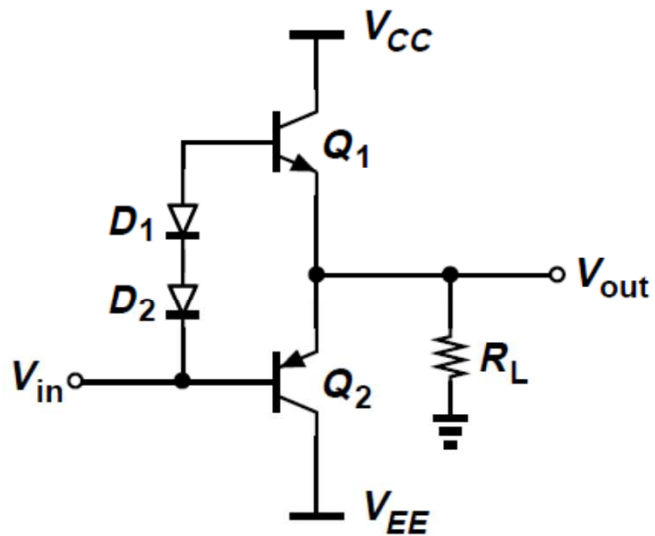
Proučiti ponašanje stepena prikazanog na slici. Pretpostaviti $V_B \approx 2V_{BE}$



Poboljšana push-pull sprega

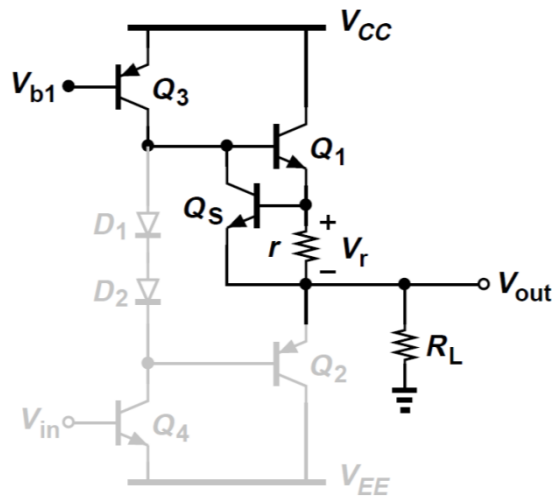
Kako se implementira baterija V_B ?

$$V_B = V_{BE1} + |V_{BE2}|$$



Zaštita od kratkog spoja

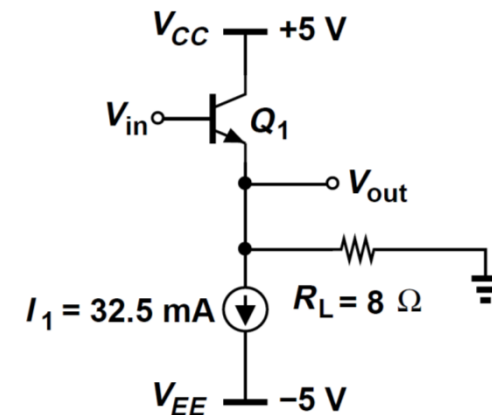
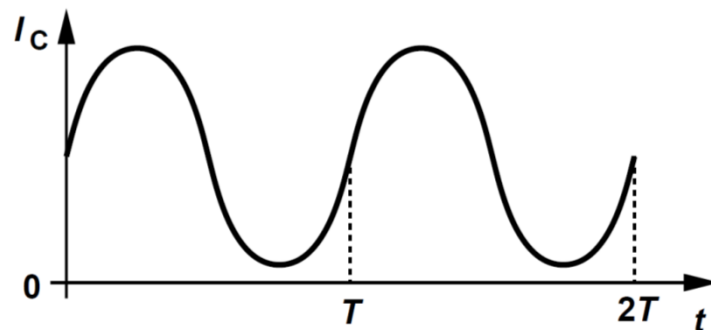
Elektronski uređaji mogu da se nađu u nepogodnim uslovima u toku rukovanja njima. Na primer, osoba koja želi da poveže zvučnik za stereo uređaj slučajno može da kratkospoji izlaz pojačavača na masu dok je uređaj uključen. Velike struje koje protiču kroz ova kola mogu trajno da unište izlazne tranzistore. Zato je neophodna zaštita od kratkog spoja.



Otpornik male vrednosti r smanjuje emitorsku struju tranzistora Q_1 ukoliko se napon V_r približava vrednosti od 0.7V. Ako je, npr., $r = 0.25\Omega$, onda je emitorska struja Q_1 ograničena na oko 2.8A.

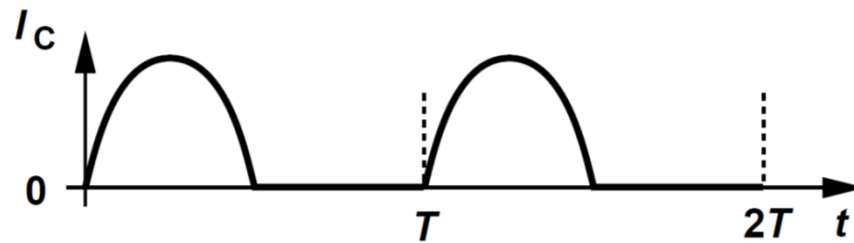
Klase pojačavača snage

Pojačavač kod koga je svaki tranzistor sve vreme uključen se zove „pojačavač u klasi A“. Oni imaju malu efikasnost, ali veću linearnost od drugih pojačavača. Primer je „emitter follower“ pojačavač.



Klase pojačavača snage

Kod „pojačavača u klasi B“, svaki tranzistor vodi polovinu periode.
Efikasnost je 78.5%, ali je distorzija veća.



Klase pojačavača snage

Kao kompromis linearnosti i efikasnosti, postoje „pojačavači u klasi AB“, gde svaki tranzistor vodi više od pola periode.

