

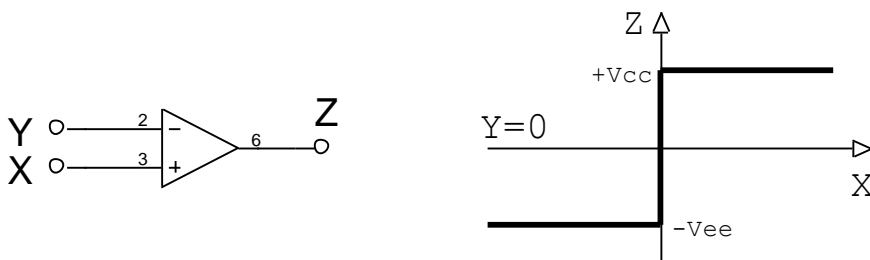
Komparator

Izhodna napetost operacijskega ojačevalnika na sliki 1a je:

$$Z = A(X - Y)$$

kjer je A zelo veliko število ($A = 10^5$).

Če je $Y = 0$ (kar pomeni, da je vhod Y ozemljen), potem podaja izhodno napetost v odvisnosti od vhodne napetosti slika 1b.

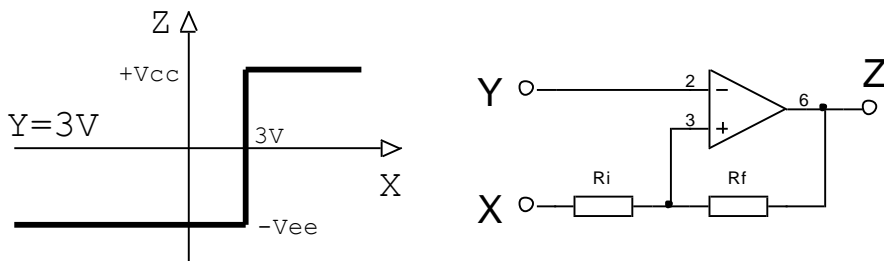


Slika 1: Operacijski ojačevalnik ter zveza med vhodno in izhodno napetostjo

Izhodna napetost hitro preskoči v bližini vhodne napetosti X blizu $0V$. Velikost izhodne napetosti ojačevalnika pa je omejena z njegovimi napajalnimi napetostmi V_{CC} in V_{EE} (ti dve napetosti sta ponavadi $+12V$ in $-12V$).

Če se dogovorimo, da pomeni V_{CC} logično 1, V_{EE} pa logično 0, potem lahko vezje na sliki 1a pove polariteto vhodnega signala X . Logična 1 na izhodu pomeni pozitivno vhodno napetost X , logična 0 pa negativno. Vezje je potemtakem ničelni komparator.

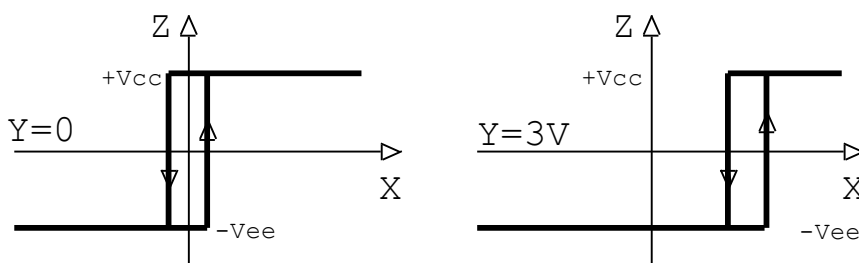
Vhodno napetost Y postavimo lahko različno od 0, denimo $3V$ (slika 2a). Tedaj vezje z logično 1 na izhodu pove, da je vhodna napetost večja od $3V$, z logično 0 pa odgovori, ko je vhodna napetost manjša od $3V$. Vezje je komparator, saj razlikuje med vhodnimi napetostmi, ki so večje ali manjše kot Y . Vendar pa je lahko izhodni signal Z tudi 0, če sta napetosti X in Y povsem enaki.



Slika 2: a) Z napetostjo na vhodu Y premaknemo točko preskoka, b) shema komparatorja s pozitivno povratno vezavo

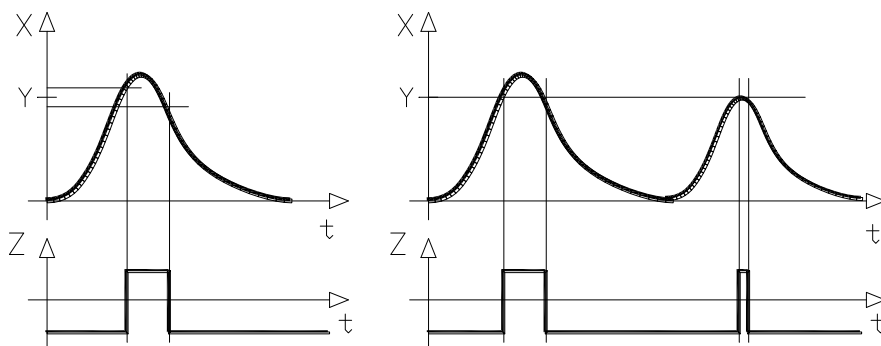
Da bi povečali občutljivost sistema, uvedemo pozitivno povratno vez (slika 2b). Vezje, ki je bilo prej stabilno, postane tako nestabilno. To pomeni, da sta na izhodu možni samo stanji V_{CC} ali V_{EE} . To lahko zlahka pokažemo. Vzemimo, da je napetost na obeh vhidih X in Y enaka $0V$. Tedaj pričakujemo, da bo $0V$ tudi izhodna napetost Z . Toda če postane izhodna napetost le neznatno različna od $0V$, kar je lahko že posledica šuma, se del te napetosti preko delilnika R_F/R_I prenese na neobračalni vhod (za naše vezje $1/100$). Pojav majhne vhodne napetosti, ki jo ojačevalnik mnogokrat ojači, povzroči vse hitrejšo in hitrejšo rast izhodne napetosti. Končno stanje V_{CC} ali V_{EE} je odvisno od začetne vrednosti izhodne napetosti.

Uvedba pozitivne povratne vezi tako prispeva k strmejšemu prehodu med nizkim in visokim izhodnim logičnim stanjem, kar kaže slika 3a.



Slika 3: Histereza, z napetostjo na vhodu Y lahko premaknemo histerezno zanko

Prehod iz nizkega v visoko stanje in prehod nazaj iz visokega v nizko stanje pa pri takem vezju nista pri isti vrednosti vhodne napetosti. V našem primeru ju loči napetostna razlika približno $0.02V$. Da bi to pojasnili, vzemimo, da je izhodna napetost visoka; denimo $10V$ zaradi enostavnejšega računa (to je zaradi napetosti nasičenja tudi precej res; izhodna napetost operacijskega ojačevalnika ne more doseči napajalne napetosti). Tedaj je pri vhodni napetosti $0V$ neobračalni vhod na napetosti $0.01V$. Do prekoka v izhodni napetosti bo prišlo, če bo ta vhodna vrednosti v operacijski ojačevalnik $0V$. To pa pomeni, da ga moramo potisniti navzdol z negativno napetostjo na vhodu. Podobno



Slika 4: Odziv komparatorja na sunke: s histerezo in brez histereze

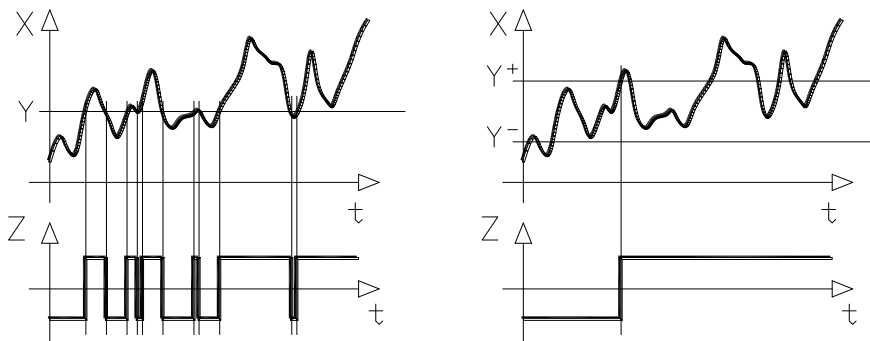
razmišljanje velja, kadar je izhodna napetost $Z = -10V$. Takrat povzroči preskok izhodne napetosti vhodna napetost približno $+0.01V$. Opisano lastnost imenujemo histereza.

Z naraščajočo vrednostjo upornika R_I (trenutno $1k$) na vходу in z manjšajočo se vrednostjo upornika R_F (trenutno $100k$) v povratni zanki postaja vpliv izhodne napetosti Z vse večji in histerezna špranja je širša.

Slednjič lahko tudi pri tem vezju premaknemo točko prehoda v levo ali desno z ustrežno izbiro referenčne napetosti Y (slika 3b). Zasledujemo, kako se odziva modificirani komparator na pulze. Referenčna napetost Y naj bo približno enaka amplitudi vhodnega sunka. Širina izhodnega sunka bo za komparator s histerezo še vedno končna (slike 4a), medtem ko gre pri verziji brez pozitivne povratne vezave zvezno proti $T=0$ (slika 4b), ko se manjša razlika med nivojem Y in amplitudo pulza.

Dotatna prednost uvedene histereze je bolj jasno prepoznavanje prehajanja slabo definiranih signalov prek referenčne napetosti Y . Podrobnosti so razvidne iz slike 5. Z močno zašumljenim signalom s slike bi števec sicer enkratni prehod štel večkrat, če uporabimo komparator s histerezo, pa le enkrat.

Povsod, kjer želimo hiter odziv na vhodni pulz, uporabljamo namesto operacijskih ojačevalnikov posebej konstruirane komparatorje. Ti so hitrejši od operacijskih ojačevalnikov predvsem zato, ker se hitreje vračajo iz prekrmljenja. Izhodna napetost, ki skače med vrednostima $-0.5V$ in $3.5V$ je prilagojena digitalnim vezjem družine TTL. Med tipičnimi predstavniki so stari 710 z odzivnim časom $30ns$, LM360 ($14 ns$), LM311 ($200 ns$), TL510 ($30 ns$) in Am658 ($6 ns$; najhitrejši, toda najdražji).

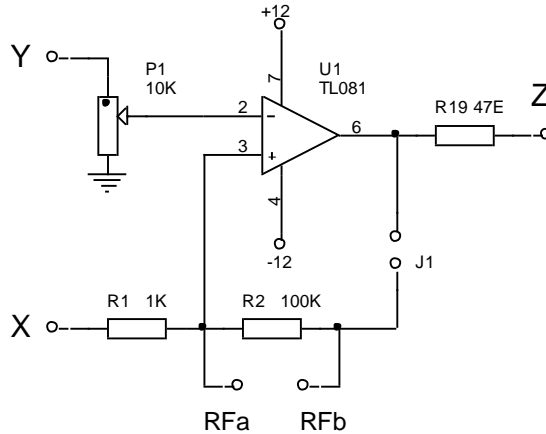


Slika 5: Histereza omogoči jasnejše razlikovanje

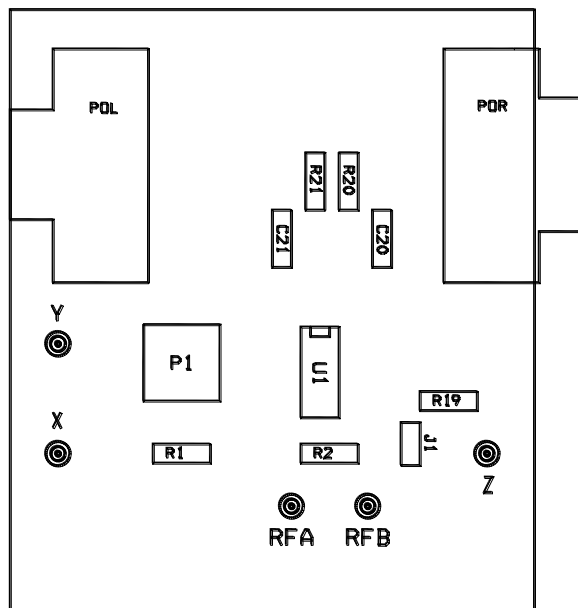
NALOGA. Načrt vezja, ki se uporablja pri vaji, kaže slika 6. Najprej boš preskušal odziv diskriminatorja brez upornika R_F v povratni zanki (jahač J_I ni vstavljen). Uporabi različne ploščice, ki imajo vstavljene različne operacijske ojačevalnike 741, LF 356 in LF 357. Uporabljalj trikotno vhodno napetost in opazuj poleg vhodne napetosti tudi izhodno napetost. Izkaže se, da je pri počasi rastočih ali padajočih vhodnih signalih izhodna napetost pri preskoku slabo definirana.

Zasleduj zvezo med vhodno in izhodno napetostjo prek X-Y prikaza na osciloskopu. Preveri odvisnosti, ki ju kažeta sliki 2 in 3. Poskusi najti primeren vhodni upornik in referenčno napetost, da bosta preklopni točki 0 in 4V.

Časi, v katerih preskoči izhodna napetost med skrajnima vrednostima, so različni pri različnih ojačevalnikih. Hitrost preskoka (slew rate) izražamo z $V/\mu s$. Oceni hitrost preskoka pri različnih operacijskih ojačevalnikih. Zapomni si območje od $0.5 V/\mu s$ za 741 (zelo počasen) in $1500 V/\mu s$ pri NE531 (ekstremno hiter).



Slika 6: Shema vezja komparatorja



Slika 7: Razpored elementov na ploščici tiskanega vezja