

Digitaalelektronika

III loeng

loogikalülituste ajalugu
TTL loogika



Meeldetuletus



- Kombinatsioonielemendid
 - VÕI, NING, EI, VÕI-EI, NING-EI, välistav VÕI
 - nende abil saab sooritada ükskõik kui keerulisi kombinatsioone sisenditest



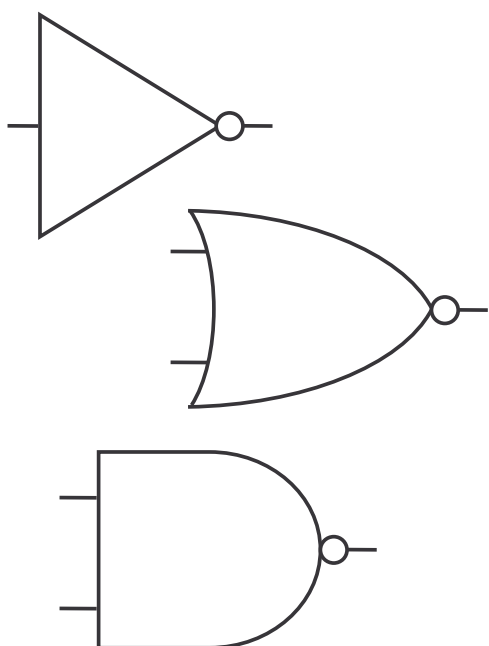
III loengu sisu

- loogikalülitused
 - iseloomulikud suurused
 - esimesed lülituste tüübid
- loogikalülitused TTL baasil
 - baaslülitus

3/4/2009

3

Loogikalülitusi iseloomustavad suurused



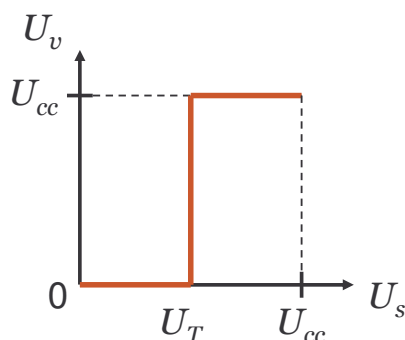
- pingeniivood
- mürataluvus
- võimsustarve
- tõusu ja languse ajad
- viiteajad
- sisendite ja väljundite arv

3/4/2009

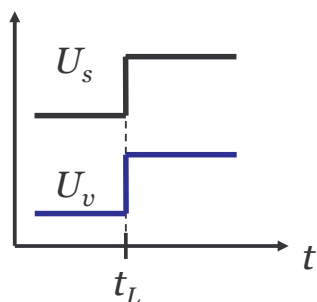
4



Ideaalne lüliti



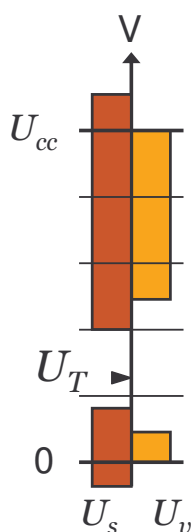
- lävepingest madalamal on väljund 0, kõrgemal U_{cc}
- lävepinge pool toitepingest – müra taluvus suurim
- lülitamine toimub viiteajata
- võimsustarve minimaalne
- sisendeid/väljundeid ükskõik kui palju



3/4/2009

5

pingenivood



- U_{sKmin} – minimaalne kõrgele seisundile vastav sisendpinge
- U_{sMmax} – maksimaalne madalale seisundile vastav sisendpinge
- U_{vKmin} – minimaalne kõrgele seisundile vastav väljundpinge
- U_{vMmax} – maksimaalne madalale seisundile vastav väljundpinge
- U_T – lävepinge, kus toimub ümberlülitus

3/4/2009

6

Mürataluvus “noise margin”



maksimaalne müra mille korral väljund säilitab oleku

võimalikud müraallikad:

- toiteallikas
- temperatuuri tõus
- välised impulsid

kõik loogikalülitused taluvad teatud tasemega müra

kõrge ja madal seisund erineva mürataluvusega

- madala seisundi mürataluvus
- kõrge seisundi mürataluvus

3/4/2009

7

võimsustarve



lülitused tarbivad töötamise ajal voolu (I)

$$P = U_{cc} \cdot I$$

kolme erinevat seisundit ja vastavat voolu:

- kõrge: I_K
- madal: I_M
- lülitus: I_L

erinevatel loogikaperekondadel erinevad voolud

võimsustarve võiks olla minimaalne:

- toite tarbimine
- soojenemine

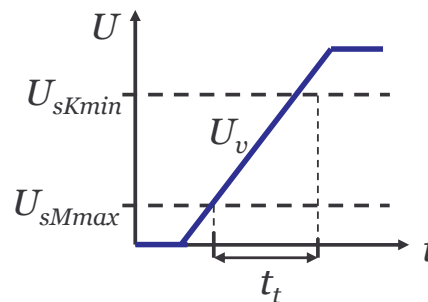
3/4/2009

8

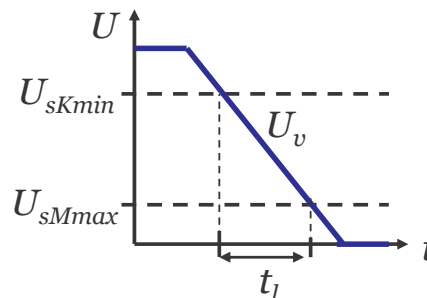
lülitamise kiirus



- tõusu aeg t_t “rise time” – aeg mille jooksul väljundpinge tõuseb U_{sMmax} -st U_{sKmin} -ni



- languse aeg t_l “fall time” – aeg mille jooksul väljundpinge langeb U_{sKmin} -st U_{sMmax} -ni



3/4/2009

9

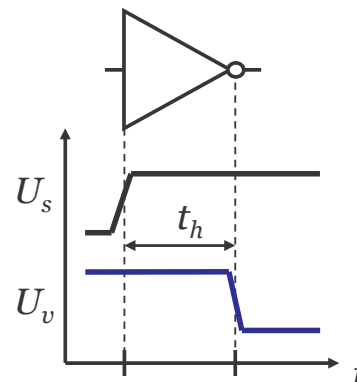
lülitamise kiirus



- hilistusaeg “gate delay” t_h – aeg mis kulub signaali levimiseks sisendist väljundisse

- mõõdetakse tõusu ja languse aegade keskelt

- üles ja alla lülitades ei ole sama



- kaasaegsetes seadmetes vajalik arvestada ka signaali juhtmetes liikumise kiirusega

3/4/2009

10

Sisendite ja väljundite arv



- sisendite arv “Fan-In” – lülituse sisendite arv
- maksimaalne lubatud arv sageli määratud lülituse sisendastmete voolutarbega
- mida suurem arv sisendeid, seda aeglasem
- väljundite arv “Fan-Out” – maksimaalne järgnevate astmete arv, mida lülituse väljundisse võib ühendada
- määratud vooluga mida lüliti suudab toita või tarbida
- suurema arvu väljundite korral lülitus aeglasem
- maksimaalsest suurema arvu korral ei taga pingeid

3/4/2009

11

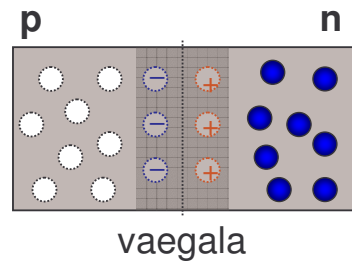
Diiodloogika



3/4/2009

12

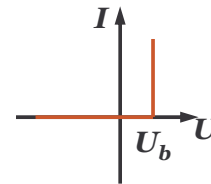
Diod



p-n siire — päripingestatult sees, vastupingestatult väljas

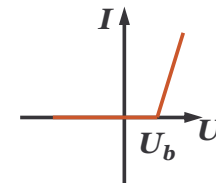


lisandub barjääripinge:



jadamisi takisti korral lineaarne sõltuvus:

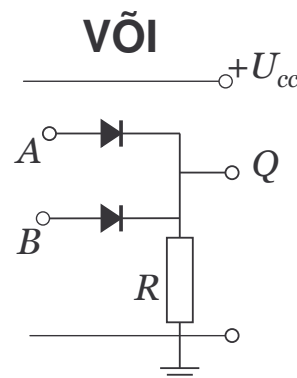
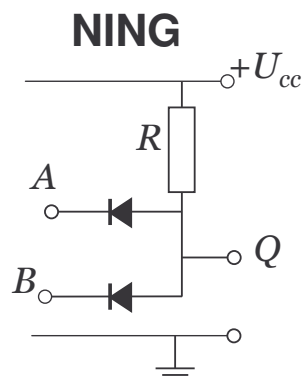
$$I = (U - U_b)/R$$



3/4/2009

13

Diodloogika lülitused (DL)

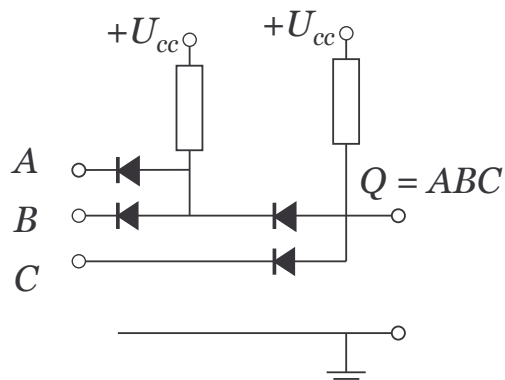


- inverterit ei saa realiseerida
- väljundi toite võetakse eelnevast astmest
 - ei saa kasutada suuremate loogikaskeemide korral

3/4/2009

14

Diodloogika probleemid

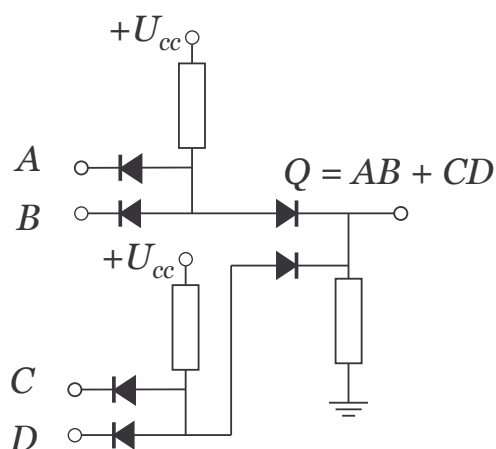


- aeglane kuna “kõrgesse” seisundisse üle takisti
- pingelang dioodil 0,5–0,7 V
 - ei saa järjestikku palju elemente kasutada
- mitut väljundit ei saa korruga juhtida

3/4/2009

15

Diodloogika probleemid



- AB või CD on 1
 - vastav diood VÕI lülitis avatud
 - eeldatavalt ühesugused takistid: kõigil sama pingelang ja lisaks dioodi oma
 - väljundpinge 2,1–2,2 V
- kõik sisendid on 1
 - väljundpinge 2,8–2,9 V
- toimib keelatud pingevahemikus

3/4/2009

16

Takisti-transistor loogika



3/4/2009

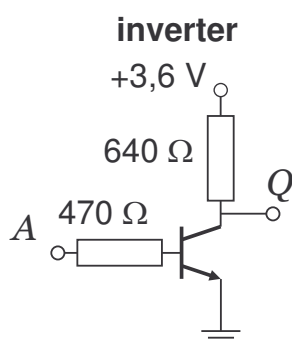
17

Takisti-transistor loogika (RTL)

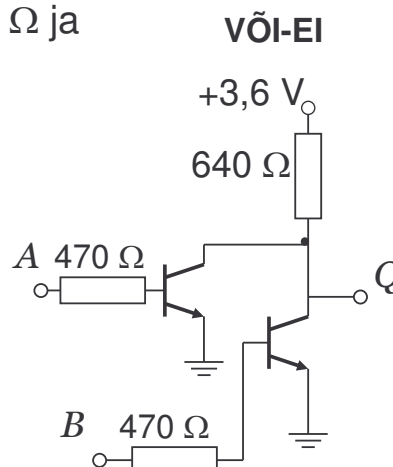
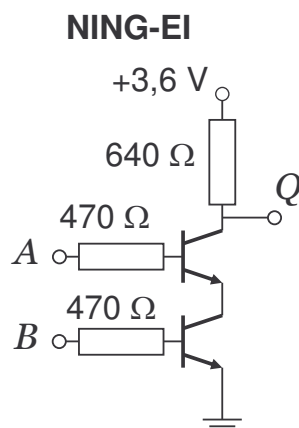


RTL – resitor-transistor logic

- 1962 Fairchild'lt esimesed transistoritel ja takistitel põhinevad loogikalülitused
- standardset pinget 3,6 V, baasitakisti 470 Ω ja kollektortakisti 640 Ω



3/4/2009



18

Takisti-transistor loogika (RTL)

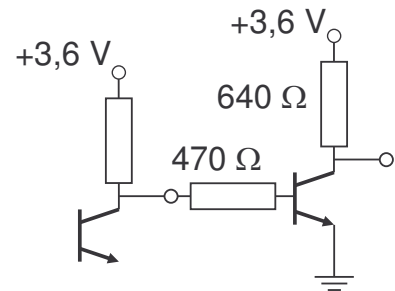


- rakendustes peaaegu ei kasutatudki
 - vilets mürataluvus
 - aeglane, kuna kõrge seisund üle takisti
 - keerukaim lülitus oli triger 4 MHz sagedusega

baasvool avatud olekus $\frac{3,6V - 0,65V}{640\Omega + 470\Omega} = 2,66mA$

30x võimenduse korral kollektorvool $78mA$

küllastusvool $\frac{3,6V - 0,3V}{640\Omega} = 5,1mA$ piisavalt varu



3/4/2009

saab tüürida mitut väljundit

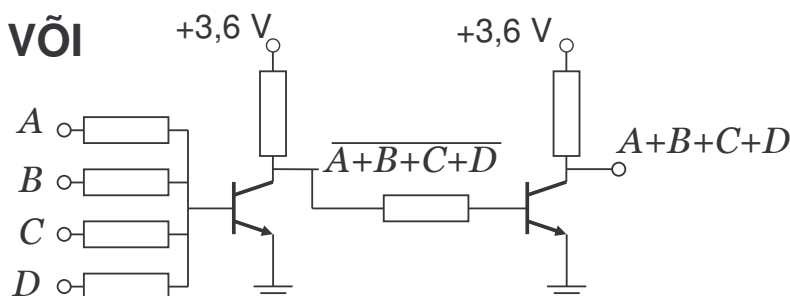
19

Takisti-transistor loogika (RTL)



- mitu sisendit, avaneb kui üks kõrgel
- teiste avamine transistori enam eriti ei mõjuta
- pinge avatud transistori baasil 0,65 V
- vool teistes baasitakistites $0,65V/470\Omega = 1,4mA$
- seab praktilise piirangu sisendite arvule

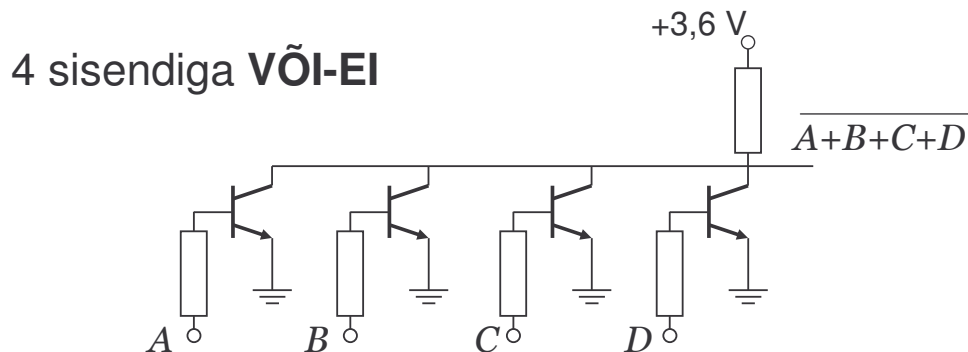
4 sisendiga **VÕI**



3/4/2009

20

Takisti-transistor loogika (RTL)



- parem lahendus on kasutada igal sisendtakistusel oma transistori
- standardne RTL
- kahe sisendiga näiteks μ L914 , mille vool 12 mA, kui sisendid 0 V

3/4/2009

21

Takisti-transistor loogika (RTL)



- standardne RTL lülitus
 - lubatud väljundisse ühendatavate lülituste arv “fan-out” 16, sisendisse ühendatavate lülituste arv “fan-in” on 3 (annab 16 ühikut väljundvoolu ja vajab 3 ühikut sisendvoolu)
- madala võimsusega lülitustel 1,5 k Ω baasitakisti ja 3,6 k Ω kollektortakisti
 - väljundisse vastavalt 3 ja sisendisse 1 lülitus ning viletsam töösagedus
- suurema sisendite ja väljundite arvu lubamiseks
 - puhvrid (inverterid) mille abil kuni 80 väljundlülitust
 - kahe sisendtransistori abil kuni 6 sisendlülitust

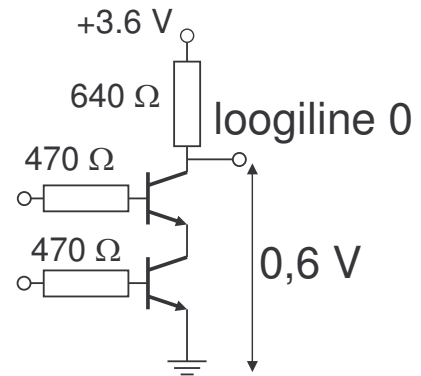
3/4/2009

22

Takisti-transistor loogika (RTL)



- lihtne NING-EI lülitus halb kuna pingelangud kollektori emitteri vahel 0,3 V
 - kahe sisendi korral 0,6 V ehk napilt alla järgmise astme avanemispinget
 - kolme sisendi korral juba üle
 - ka baaside takistid mõjuvad eelmisele astmele erinevalt
- reaalselt inverteeritakse NOR lüliti sisendeid



Diiod-transistor loogika



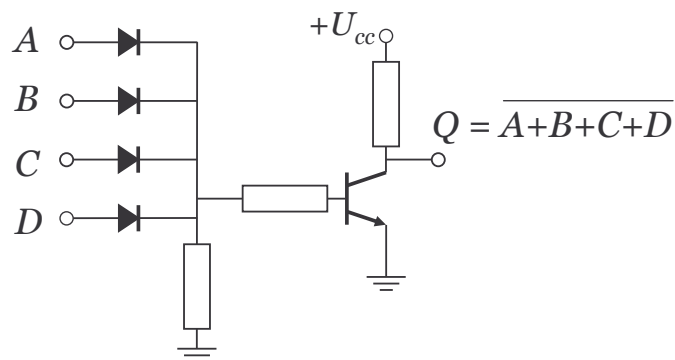
Diod-transistor loogika (DTL)



- ühendab DL ja RTL loogika head küljed (Signetic 1962 a.)
 - diodide korral signaal iga astme järel viletsam aga siin transistor vahepeal võimendab
 - kuna diodid sisendis, siis sisendid ei sega teineteist

4 sisendiga **VÕI-EI**

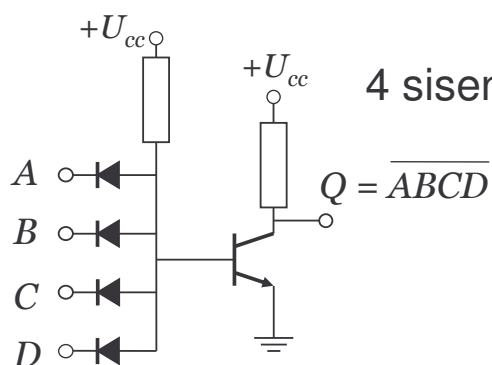
baasitakisti
aeglustab tööd



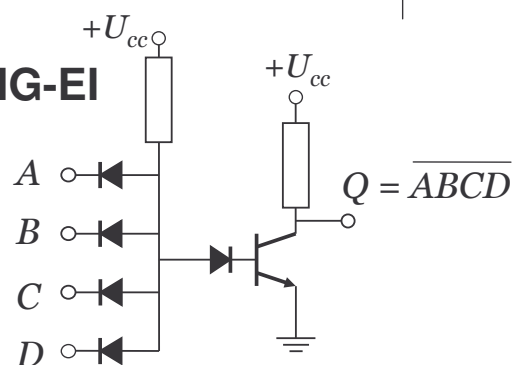
3/4/2009

25

Diod-transistor loogika (DTL)



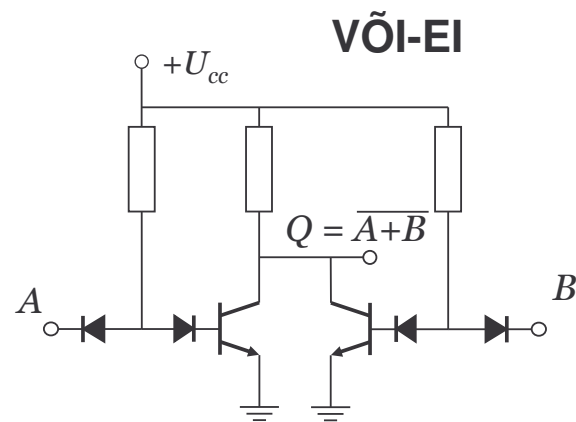
4 sisendiga **NING-EI**



- lihtne DTL NING lüliti esmapilgul parem aga tegelikult ka diodil 0,65 V mis on võrdne baasipingega
- lisades baasi ette diodi tõuseb lävepinge 1,3 V-ni ja veel ühe lisamisel väheneb ka temperatuuri mõju
- sisendeid võib lisada palju tahes ja võrreldes VÕI-EI lülitusega kiirem kuna baasitakistist võib loobuda

26

Diod-transistor loogika (DTL)



- kasutades kahte ühe sisendiga NING lülitust (inverterit) saab teha VÕI-EI lülituse säilitades kiiruse

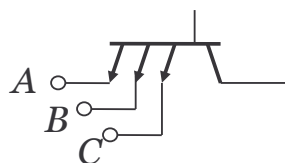
Transistor-transistor loogika



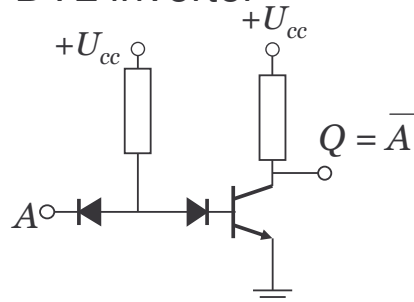
Transistor-transistor loogika (TTL)



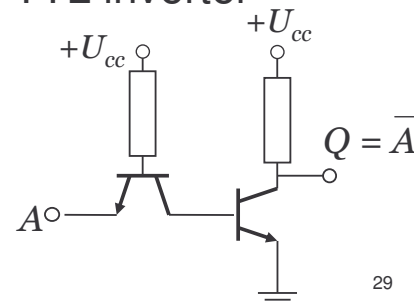
- DTL diod võtab samapalju ruumi kui transistor ja “maa” hind oluline
- vajadus vähendada sisend-diodide arvu
- npn transistor teeb ühe sisendi korral sama mis kaks diodi
- võimalik on lisada mitu emitterit ilma et võtaks oluliselt rohkem ruumi



DTL inverter



TTL inverter



- Sylvania 1963 (Texas Instruments 1964)

TI 7400 seeria sai standardiks

3/4/2009

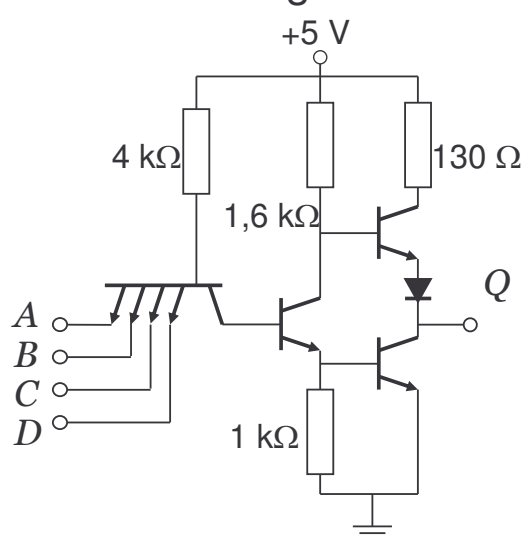
29

Transistor-transistor loogika (TTL)



- varasemate lülite probleem oli kiirus – laengu liigutamine läbi kollektortakisti (“passive pull-up”)
 - nii ahela osade, kui ka siirete mahtuvus
- lahendus: vastastakt-väljund (“totem-pole active pull-up”)
 - 7400/7500 seeria TTL kivides
- sisendite arv võib varieeruda

4 sisendiga NING-EI



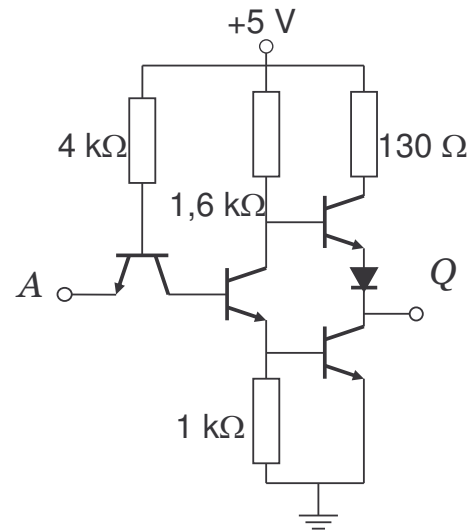
3/4/2009

30

TTL – baaslülitus



- eelised eelnevate ees
 - väljundtakistus mõlemas asendis väike
 - koormuse puudusel väike voolutarve sest üks transistor suletud (ka diood aitab kaasa)
 - ülemine transistor võib olla ka Darlington'i paar
 - $130\ \Omega$ takisti piirab voolu lülitamise hetkel (38 mA)
 - esimeste lülituste kiirus 25 MHz



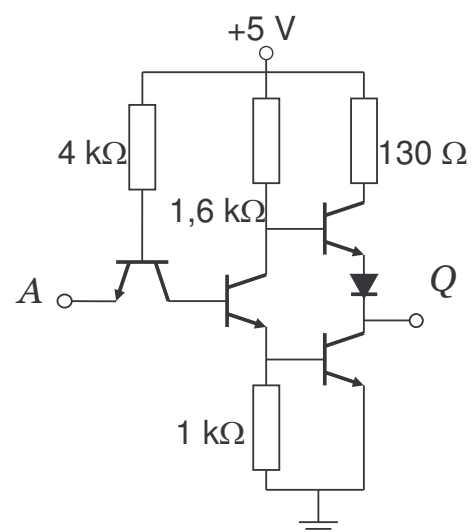
3/4/2009

31

TTL– baaslülitus



- TTL standard
 - pinge 5 V
 - lülitamiseks 10-20 ns
 - 50 ns on tagatud spetsifikatsioonides
 - kiirus kuni 50 MHz (pulss ise vähemalt 10 - 20 ns)
 - võimsustarve u. 10 mW
- tagatud 10 lülituse juhtimine väljundiga



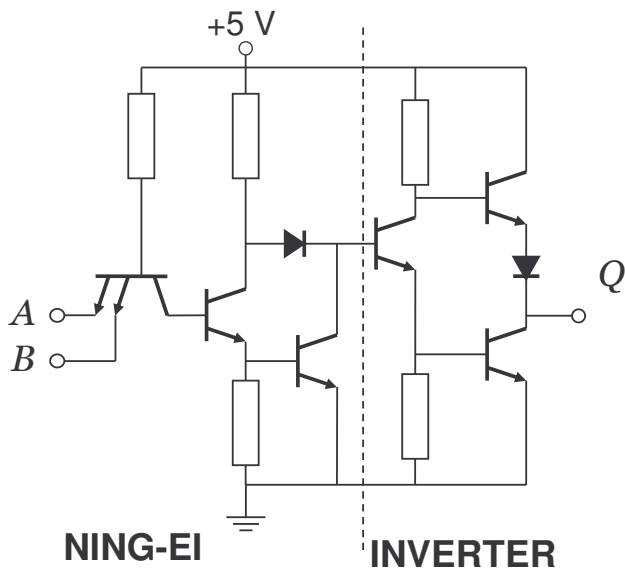
3/4/2009

32

TTL lülitused



NING

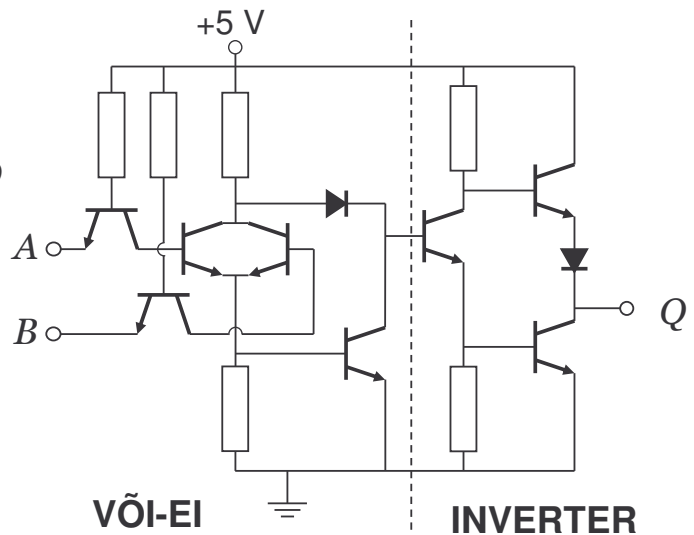


NING-EI

INVERTER

3/4/2009

VÕI



VÕI-EI

INVERTER

33

sisendite lisamine teeb keerukamaks