

Digitaalelektronika

I loeng

Ülevaade loengus räägitavast
Kahendsüsteem



Ülevaade



- Tutvutakse digitaalelektronikas kasutatavate põhimõtete ja komponentidega
 - kahendloogika (Boole'i algebra)
 - kahendloogika realiseerimine elektronika abil
 - kombinatoorsed loogikalülitused
 - trigerid, loendurid, mälud
 - mikroprotsessorid/mikrokontrollerid
 - AD/DA muundurid
- Käsitletavat teemad aineveebis olemas
 - Loengu slaidid ka samasse kohta

Loengumaterjalid



Soovituslikud loengumaterjalid

A.C. Fischer-Cripps. The Electron Companion, 2005.

Smith. Electronics: Circuit and Devices, Third Edition. 1989.

Millman, Grabel. Microelectronics, Second Edition. NY, 1988.

Floyd. Electronic Devices, Second Edition. NY, 1984.

Horowitz, Hill. The Art of Electronics. Cambridge, 1989.

Lloyd. R. Fortney. Principles of Electronics. NY, 1987.

CD "ABC" füüsikaraamatukogus.

A. Ots. Telekommunikatsiooni aluste praktikumi tööjuhend II, Tartu, 2004.

internet

Omandamise kontroll



- Kontrolltööd 3 tk.
 - kahendsüsteem ja loogikaelemendid
 - kombinatoorsed loogikalülitused, loendurid ja mälud
 - A/D ja D/A muundurid
- Eksam



I loengu sisu

- digitaalelektronika ja -signaali mõiste
- kahendsüsteemist digitaalelektronikas
- Arvusüsteemid ja teisendamine



Digitaalelektronika

- elektronika valdkond, mis tegeleb digitaalsete signaalidega
- analoogsignaali – pidevad suurused
- digitaalsignaali – suurused muutuvad vaid kindlate astmete kaupa



Digitaalsignaali

- naturaalselt diskreetsed signaalid
 - osakeste detektori impulsid
 - andmed klaviatuurilt, lülitilt, arvutist
- pidev signaal, mida soovitakse töödelda, salvestada või edastada digitaalsena
 - eksperimenditulemused
 - tööstusliku protsessi kontrollimine
 - satelliitside

2/19/2009

7



Digitaalsignaali eelised

- väiksem müratundlikus
 - teineteisest selgelt eristatud astmed – kuni müra ei ületa poolt astme ulatusest jääb signaal samaks
- täpsem signaali esitus
 - täpsust suurendab astmete (bittide) lisamine
 - analoogsignaali müra vähendamine
- tarkvara poolt juhitud süsteemi kergem muuta
- andmete parem säilitamine
 - sageli mahud suuremad ja põhimõtteliselt pikaajalisem
- korrigeerimisvõimalus

2/19/2009

8

Digitaalsignaali puudused



- mõnikord kulutavad digitaalsed seadmed rohkem energiat, kui samasuguseid toiminguid tegevad analoogseadmed
- väikestes tiraažides seadmed sageli kallimad
- maailmas enamasti analoogsignaali ja sageli vahepealne teisendamine digitaalsignaali muudab süsteemi asjatult keerukaks ja kalliks
- mõnedes digitaalsüsteemides juba 1 vigane bitt muudab kogu andmemassiivi vigaseks ja kasutuskõlbmatuks

2/19/2009

9

Digitaalsed arvusüsteemid



- käepäraseim digitaalne arvusüsteem on kümnendsüsteem

esineb ka teisi arvusüsteeme

- kahendsüsteem
- kuueteistkümnendsüsteem
- kaheksandsüsteem
- kaheteistkümnendsüsteem

2/19/2009

10

Kahendsüsteem digitaalses elektroonikas



2/19/2009

11

kahe stabiilse seisundiga elektriahelad

juhtiv või mitte juhtiv

kõrge ja madal seisund



näiteks pinge puudumisele vastab 0 (vale) ja mingi etteantud pinge tähendab 1 (tõene)

enamasti võetakse see pinge piisavalt suur, et vältida eksitusi müra tõttu (näiteks 1V, 5 V, 12 V või 24 V)

2/19/2009

12

Kahendsüsteem digitaalses elektroonikas

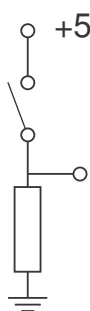


- kõrget või madalat pingeseisundit saab kasutada näitamaks kas:
 - lüliti on suletud või avatud
 - signaal on olemas või mitte
 - analoogväärtus on mingist tasemest kõrgemal või madalamal
 - sündmus on toimunud või mitte
 - peaks sooritama tegevuse
 - ...

2/19/2009

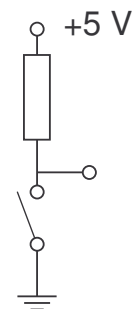
13

positiivne ja negatiivne loogika



kui tõesele väärtusele vastab kõrgele seisundile on tegemist positiivse loogikaga

kui tõesele väärtusele vastab madal seisund on tegemist negatiivse loogikaga



“tõese” või “1” seisundi (suletud lüliti) korral on väljund madalas seisundis

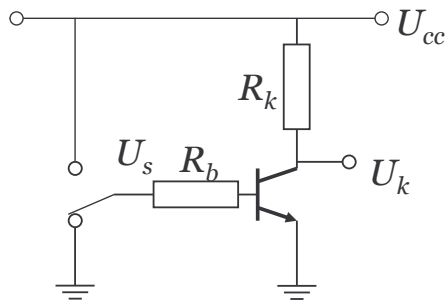
negatiivse pingega antud juhul seost ei ole

2/19/2009

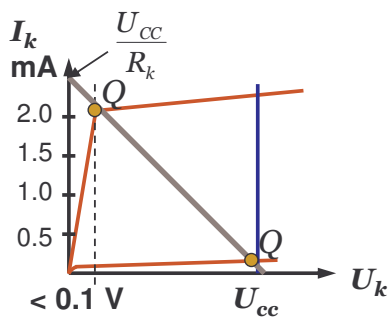
14



lihtsaim lülitus: BJT inverter

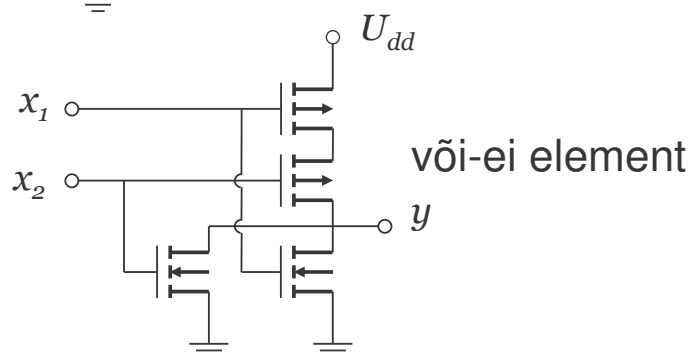
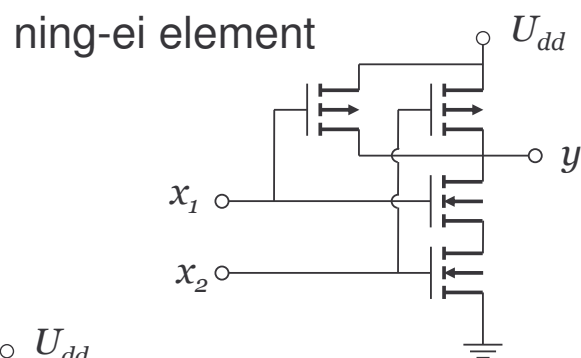
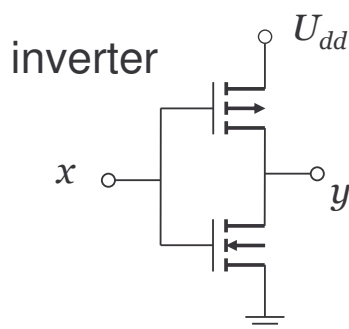


- kui U_b on kõrges seisundis, on transistor avatud ja vool maksimaalne: $U_k \approx 0$
- kui U_b on madalas seisundis, on transistor suletud ja vool minimaalne: $U_k \approx U_{cc}$



lülituse väljundi seisund vastupidine sisendile

lülitused KMOP baasil

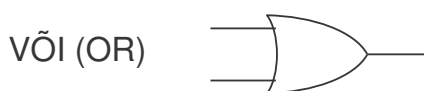
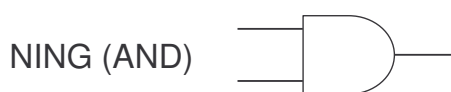


Loogikaelemendid



eeltoodud lülitused on kõige sagedamini kasutatud kuna nad on kõige lihtsamad

sagedamini esinevad tingmärgid:



2/19/2009

17

Kahendarvude süsteemid ja teisendamine



2/19/2009

18



- loogiline “tõene” ja “vale” esitamine kahendsüsteemis on lihtne
- arvude esitamine kahendsüsteemis on mõnevõrra keerulisem ja omab mitmeid võimalusi
 - lihtne kahendarv
 - BCD
 - Gray kood
 - täiendkood

Arvude baas



- näitab, millises arvusüsteemis arv on esitatud

näiteks 1214_{10} korral on tegemist kümnendsüsteemi arvuga

samasugune arv 1214_{16} tähendaks aga et tegemist on kuueteistkümnend süsteemi arvuga, mille väärtus on hoopis teistsugune

kahendsüsteemis ei saagi 1214 olla

1001011110_2 näitab et tegemist on kahendsüsteemi arvuga

Arvude teisendamine e. kodeerimine



- kümnendarv
 $137,06 = 1 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0 + 0 \cdot 10^{-1} + 6 \cdot 10^{-2}$
- kahendarv $1101_2 = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 13_{10}$
teisendus 10-nd süsteemi
- kahendsüsteemi teisendamine toimub jagades 10-nd süsteemi arvu 2-ga ja võttes kasutusele jäägid

$13_{10} : 2 = 6$ jääk 1; $6 : 2 = 3$ jääk 0; $3 : 2 = 1$ jääk 1; $1 : 2 = 0$ jääk 1
seega kokku 1101_2

Arvude teisendamine e. kodeerimine



- 1101_2
 - MSB (most significant bit) tähtsaim bitt
 - LSB (least significant bit) vähim tähtis bitt
- murdosa teisendamisel korrutatakse 2-ga ja võimalik tekkiv täisosa lahutatakse

$0,4_{10} = \dots$ $0,4 \cdot 2 = 0,8$ jääk 0; $0,8 \cdot 2 = 1,6$ jääk 1; $0,6 \cdot 2 = 1,2$ jääk 1;

$0,011_2$

- segamurru korral täisosa ja murdosa eraldi



BCD

(binary coded digital) e. kahendsüsteemis kodeeritud arvud

- ei ole sama, mis kahendesitus
- kümnendsüsteemi arvud jagatakse neljastesse gruppidesse

$$137_{10} = 0001\ 0011\ 0111 \text{ (BCD)}$$

$$137_{10} = 10001001_2$$

- raiskab palju biti positsioone
- kasulik, kui vaja näidata numbrit kümnendsüsteemis
 - teisenda iga BCD märk kümnendsüsteemi ja esita
 - BCD dekodeerid, draiverid ja näidikud

2/19/2009

23

kahendarvu teisendamine BCD-ks



- nihutada kahendarvu järjest vasakule
- kui kahendarvule vastavad nelja bitised rühmad esitab kümnendsüsteemi numbrit 0..8, siis uus nihe
- kui neli bitti rühmas esitavad väärtusi 9..15 või toimub ülekanne järgmisse neljasesse rühma, siis liidetakse rühmale kahendarv $0110_2 = 6_{10}$ ja vajadusel tehakse järgmisele rühmale ülekanne

2/19/2009

24



Kaaluga kahendsüsteemid

- BCD on 8-4-2-1 süsteem
- iga arv näitab vastava koha kaalu

9 näiteks on BCD-s

$$8 \cdot 1 + 4 \cdot 0 + 2 \cdot 0 + 1 \cdot 1 = 9$$

kümnend	8-4-2-1	2-4-2-1	5-2-1-1
0	0000	0000	0000
1	0001	0001	0001
2	0010	0010	0011
3	0011	0011	0101
4	0100	0100	0111
5	0101	1011	1000
6	0110	1100	1010
7	0111	1101	1100
8	1000	1110	1110
9	1001	1111	1111



Hex

- kahendsüsteemis on arvud pikad ja kohmakad
- kuueteistkümnendsüsteemist kahendsüsteemi üle minna on suhteliselt lihtne
 - arve 10-st 15-ni tähistavad a, b, c, d, e, f
- kuna f (15) vastab 1111-le saab nelja koha asemel kasutada ühte
- lihtne meelde jätta (võib ka jagada)

Hex



- mugavuse tõttu kasutatakse sageli
 - baidid (“hammustused”) e. 8 bitised andmesõnad
 - adresseerimine
 - ASCII – American Standard Code for Information Interchange
- algselt ka kaheksandsüsteem
 - lihtne ühest teise üle minna
 - baitide kasutamisel ebamugav

Gray kood



- ilma märgita positiivsed arvud
- üleminekul ühelt arvult järgmisele muutub korruga ainult ühe arvukoha väärtus
000 – 001 – 011 – 010 – 110 – 111 – 101 – 100
- teisendamine
 - $g_n = b_n \oplus b_{n+1}$
 - $b_n = b_{n+1} \oplus g_n$
- vigade tekkimise tõenäosus on väiksem
 - mehhaanilistes rakendustes või AD muundurites

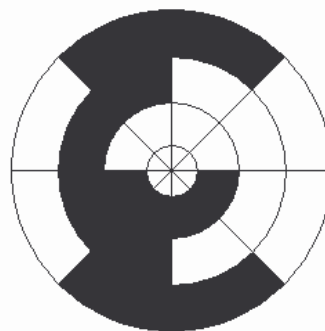
Gray kood



Kolmekohaline nurgaandur



Tavaline kahendkood



Gray kood

2/19/2009

29

Negatiivsed kahendarvud



- kasutada ühte lisabitti, mis näitab märki
- $\underline{1}0000001$ on “-1” ja 00000001 on “+1”
 - ebamugav, kui on vaja eri arve liita lahutada
 - võib esineda “+0” ja “-0”
- nihkekood kus väikseim võimalik arv on 0 ja maksimaalne on kõik 1-d
 - ikka ebamugav aga vaid üks 0
 - kasutatakse loenduris
- **täiendkood**

2/19/2009

30

negatiivse arvu teisendamine positiivseks



- leida negatiivse arvu täiendkood ja lisada 1

$$(X_t)_t = |X|$$

$$-37_{10} = 1011011_2$$

inverteerimine 0100100_2

liita 1 $\underline{\hspace{1.5cm}}_2$

$$+37_{10} = \underline{0}100101_2$$

+ märgi bitt

Paarsuskontroll



- võimaldab avastada vigu (andmete vahetamisel)
 - lisatakse täiendav bit kokkulepitud kriteeriumi järgi
 - vastuvõtja testib sama kriteeriumi järgi bittide vastavust paarsuskontrolli bitile
- kriteeriumid näit. andmesõna ja paarsusbitti "1"-de arv peab olema
 - paarisarv $\underline{0} 001 1101_2$
 - paaritu arv $\underline{1} 001 1101_2$