

8

Byg med digitale kredse

NIELS DREIJER



clausen bøger

Niels Dreijer

Byg med digitale kredse



clausen bøger ASCHEHOUG · KØBENHAVN 1978

ISBN 87-11-03624-9

Niels Drejjer: Byg med digitale kredse. Copyright © 1978 by Clausen Bøger. Omslagsfotoet er optaget af Mogens Aagreen. Bogens tegninger og fotos i øvrigt er udført af forfatteren. Mekanisk, fotografisk eller anden gengivelse af denne bog eller dele af den er ikke tilladt ifølge gældende dansk lov om ophavsret. Printed in Denmark by Poul Kristensen, Herning.

Andre Clausen-bøger om elektronik:

Niels Drejjer: Byg tilbehør til privatradio

—: Digital-teknik

—: Elektronik-byggesæt

—: Privatradio — Walkie-talkie

—: Elektronik-håndbogen

Kurt Forshäger: Amatørradio

Seved Martinson: Elektronik for begyndere

E. Dam Ravn: Bogen om el-orgler

—: Bogen om matematiske kalkulatorer

—: Bogen om operationsforstærkere

—: 24 elektronik-konstruktioner

—: Lær elektronik

Indhold

Forord	5
Logiske kredse	7
Symboler	8
Inverter	9
AND-gate	9
NAND-gate	10
Schmitt-trigger NAND-gate	11
OR-gate	12
NOR-gate	13
Gate-kombinationer	14
Exclusive OR-gate	14
Hjælpekredsløb	16
Batteriforsyning	17
Netdrift	18
Forstærkere	20
RC-led	22
Grundkredsløb	23
Firkantgenerator	23
Additionskredsløb	24
Flip-flop	26
Dekade-tæller	27
LED-dekoder	29
Elektronisk LED-roulette	31
Tværsums-beregner	32

Digital-analog	36
D/A-omsætter	36
A/D-omsætter	38
Digital-voltmeter	40
Forsinkelser	45
Impuls-former	45
Skifte-registre	46
Radiokredsløb	49
Signal-injektor	49
Forstærker med NAND-gate	50
Frekvens-synthesizer	51
Bil-elektronik	54
Automatisk lys-alarm	54
Nyttige formler og tabeller	57
Definitioner	57
Præfix	57
Fællesdata for 7400-serien	57
Ohms lov	58
BCD-koden	58
Komponenter og komponentkoder	59
Logiske symboler	60
Register	61

Forord

Logiske kredse er karakteristiske ved, at de er konstrueret til at behandle signaler, der kun kan antage to værdier: høj eller lav. Det er i modsætning til tidligere elektronik, analog-teknik, hvor et signal kunne antage enhver af de uendelig mange værdier i et interval. De logiske kredse er også karakteristiske ved at indeholde et eller flere komplette grund-elementer, således at brugeren undgår at skulle beregne hvert element i detaljer og kan nøjes med at bestemme elementernes indbyrdes sammenkobling. I den logiske kreds er altså mange komponenter - transistorer, modstande og dioder - integreret, så netop den ønskede virkning nås.

Denne bog beskæftiger sig med disse integrerede kredse som byggesten i kredsløb, hvis virkemåde forklares efter en kort introduktion af de forskellige grund-elementer. På denne måde eksperimenteres igennem del-kredsløb, der anvendes i logiske netværk - for eksempel i måleinstrumenter, moderne forbruger-elektronik og datamater. Hvorfor grund-elementerne er sammensat og kombineret på den givne måde, interesserer denne bog sig ikke for.

Skulle læseren efter læsningen have lyst til at få opklaret også dette spørgsmål, kan en populær introduktion til selve den beregningsmæssige logiske teknik findes i Clausen-bogen: Digital-teknik. Heri findes også anvisning på det værktøj og den monterings teknik, som er nødvendig at benytte ved større netværk. Kredsløbene i denne bog er dog ikke større, end at de vil kunne monteres på et af de mange universal-printkort, som findes i handelen.

Niels Dreijer



Logiske integrerede kredse fylder ikke ret meget - her er fire sammenlignet med et almindeligt 4,5 volt lommebatteri, der kan benyttes som strømforsyning.

Logiske kredse

I det følgende er beskrevet de logiske kredse, som er benyttet i denne bog. Kredsene stammer alle fra den internationalt anerkendte standardserie, 7400-serien. Der er tale om såkaldte TTL-kredse.

Indenfor logiske kredse opdeles alle signaler i to kategorier, nemlig høje signaler eller lave signaler. TTL-kredsene opfatter spændinger under 0,8 volt som lave signaler og spændinger over 2,0 volt opfattes som høje signaler. Generelt underforstås, at man arbejder med såkaldt positiv logik, hvis ikke andet er fremhævet. I positiv logik forkorter man lavt signal med tallet 0, og højt signal symboliseres tilsvarende med tallet 1.

De logiske kredse i denne serie skal alle forsynes med en forsynings-spænding på 5 volt. I langt de fleste tilfælde kan man dog godt snyde lidt og anvende et 4,5 volt batteri som strømforsyning. Det er for eksempel tilfældet overalt i denne bogs konstruktioner. Spændingsforsyningen tegnes som reglen ikke ind på koblings-diagrammet, der viser hvorledes de logiske kredse er forbundet. Den er underforstået overalt.

Indgangsspændingen på de signalledninger, som kan ses på selve diagrammet, må ikke overstige 5,5 volt. Dette krav er automatisk opfyldt i de viste konstruktioner, hvor der ikke er nogen direkte forbindelse fra ydre spændinger til de logiske kredse.

I en logisk kreds kan der være mange funktioner. De logiske kredse, der er benyttet i denne bog, er næsten alle gate- eller port-kredse. Gate er det engelske ord for (logisk) port. I disse kredse er der flere gates af samme type.

Der findes andre logiske kredse, hvor der er flere forskellige slags gates og andre grund-elementer, som er forbundet med indre ledninger. I TTL-kredse er det begrænset, hvor mange funktioner der kan bygges ind

8 Logiske kredse

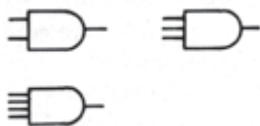
i et integreret kredsløb. Derimod kan der i de såkaldte CMOS-kredse findes alle elektroniske funktioner for et helt apparat i samme integrerede kreds. Et eksempel, som alle kender til, er de elektroniske armbåndsure.

CMOS-kredse er i princippet opbygget af de samme logiske grund-elementer som TTL-kredse. Forskelle i forsyningsspænding, logiske niveauer og andre karakteristiske størrelser gør imidlertid, at disse kredse ikke umiddelbart passer sammen med TTL-kredse.

Det må anbefales læseren i første omgang at forsøge sig med de kredse, der er beskrevet her i bogen. De er ganske billige på grund af deres udstrakte anvendelse, og meget robuste overfor elektrisk overbelastning. Overspændinger på indgangene, for høj forsyningsspænding, fejlpolarisering af batteriet og kortslutning af udgangene er typiske eksempler på overbelastning, som de robuste TTL-kredse normalt vil kunne klare.

Symboler

Hver enkelt logisk funktion har sit specielle symbol. På symbolet tegnes det antal indgange man har brug for til venstre. Som regel kan man ikke få gates med mere end fire indgange. Udgangen er på de viste symboler angivet til højre. Hver gate har kun én udgang.



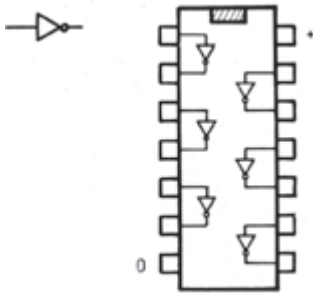
Symbol for samme type logiske element, men med et varierende antal indgange. Udgangen er tegnet til højre.

Ved at kombinere de forskellige gates kan man opnå en hvilken som helst logisk funktion - også de såkaldte flip-flops, der er en form for logisk hukommelse.

Forsyningsspændingen er underforstået og tegnes normalt ikke med ved symbolet, medmindre den er forskellig fra den almindeligt anvendte standard-spænding på ca. +5 volt.

Inverter

En inverter er en gate, der ændrer værdien af et logisk signal til det modsatte. Samtidig virker inverteren som en forstærker, idet den belaster som én indgang, men selv er i stand til at trække 10 almindelige indgange fra sin udgang.



Symbolfor en inverter. Til højre er vist forbindelser til de seks invertere i kredsen 7404 set fra oven.

Sættes to invertere efter hinanden, får man blot en forstærker, der kan benyttes når mere end 10 almindelige indgange skal trækkes fra samme udgang. To invertere efter hinanden giver nemlig ikke nogen ændring af det logiske signal.

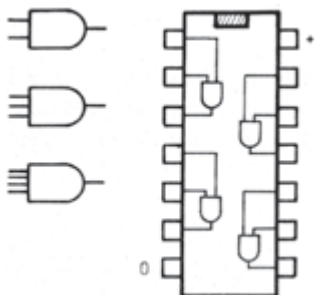
Inverteren har ligesom alle andre gates en vis reaktionstid, inden virkningen af et indgangssignal eventuelt viser sig på udgangen. Den opståede forsinkelse er uden betydning for de fleste af kredsløbene i denne bog, da den er af størrelsesordenen under en milliontedel sekund.

I denne bog benyttes typen 7404. Den indeholder 6 invertere, der er monteret i samme kreds, se tegningen. Terminalen plus er tilslutning til den positive pol på forsyningsspændingen - 0 er tilslutningen til den negative pol (stel).

AND-gate

En AND-gate svarer til den funktion, både og har i daglig tale. Oversat fra engelsk er en AND-gate da også en og-port. Alle indgangene på en AND-gate skal være 1, for at udgangen på gaten kan blive 1. Er blot én af indgangene 0, kan udgangen ikke gå på 1.

10 Logiske kredse



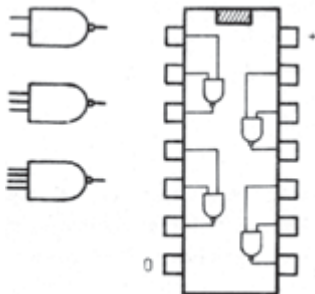
Symbol for AND-gate med et varierende antal indgange. Til højre er vist forbindelser til de fire AND-gates i kredsen 7408.

En praktisk AND-gate kan for eksempel have to indgange, der for nemheds skyld benævnes A og B. Udgangen er da kun lig 1, hvis både $A = 1$ og $B = 1$. En indgangstilstand som $A = 0$ og $B = 1$ giver et 0 på udgangen - det samme gør naturligvis både $A = 0$ og $B = 0$.

I denne bog benyttes typen 7408, der er en AND-gate med 2 indgange. 4 gates er monteret i samme kredse som vist på tegningen. Andre standard AND-gate kredse kan fås - i handelen findes også typer med henholdsvis 3 og 4 indgange og 3 og 2 gates i hver kredse.

NAND-gate

En NAND-gate er en NOT-AND gate. Det vil i daglig tale sige en ikke både-og port. Alle indgangene på en NAND-gate skal være 1, for at udgangen på en NAND-gate kan blive 0. Er blot én af indgangene 0, er udgangen konstant lig 1.



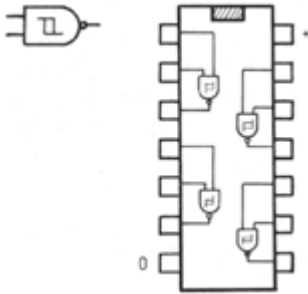
Symbol for NAND-gate med et varierende antal indgange. Til højre er vist forbindelser til de fire NAND-gates i kredsen 7400.

Får en AND-gate og en NAND-gate samme indgangssignaler, vil udgangene på de to gates altid være modsat, og det er derfor åbenlyst, at man kan erstatte en NAND-gate med en AND-gate efterfulgt af en inverter. Derfor tegnes NAND-gatens symbol som en sammentrækning af AND-gate og inverter symbolerne. Symbolet er en AND-gate med inverteringscirkel på udgangen. Inverteren var en forstærker-trekant med inverteringscirkel.

I denne bog benyttes som almindelig NAND-gate type 7400, der er en NAND-gate med 2 indgange. 4 gates er monteret i samme kreds som vist på tegningen. Andre standard NAND-gate kredse kan fås - i handelen findes også typer med henholdsvis 3 og 4 indgange og 3 og 2 gates i hver kreds.

Schmitt-trigger NAND-gate

En Schmitt-trigger NAND-gate er en særlig udførelse af en almindelig NAND-gate. En Schmitt-trigger NAND-gate kan udmærket benyttes i stedet for en almindelig NAND-gate. Derimod er det omvendte som regel ikke tilfældet.



Symbol for Schmitt-trigger NAND-gate med to indgange. Til højre er vist forbindelser til de fire Schmitt-trigger NAND-gates i kredsen 74132.

Grunden til at Schmitt-trigger NAND-gates kan være praktiske i visse tilfælde, er at hvis en almindelig NAND-gate modtager et indgangssignal i intervallet mellem maksimumværdien for et logisk 0 (0,8 volt) og minimumværdien for et logisk 1 (2,0 volt), er det usikkert, hvilken værdi udgangen på NAND-gaten vil give. Sidder en NAND-gate et sted i et

12 Logiske kredse

kredsløb, hvor den ikke fødes fra TTL-kredse, kan indgangen udmærket antages at ligge fast på værdier i dette interval.

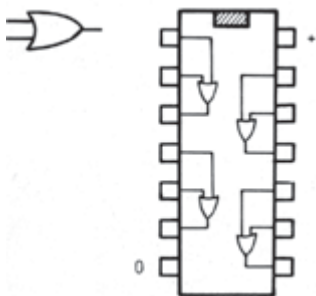
Den almindelige NAND-gates udgang vil derfor inden for dette interval ikke nødvendigvis være enten 0 eller 1. Udgangen vil måske ligge i det udefinerede interval fra 0,8 volt til 2,0 volt. Hele kredsløbet kan på den måde komme i en tilstand, som man absolut ingen kontrol har over.

I denne bog benyttes en Schmitt-trigger NAND-gate type 74132, der indeholder NAND-gates med 2 indgange. 4 gates er monteret i samme kreds som vist på tegningen. Denne gate vil typisk skifte til logisk 1 ved en spænding på 1,7 volt. Tilsvarende vil den typisk skifte tilbage til logisk 0 ved en spænding på 0,9 volt. Begge skift vil ske øjeblikkeligt, og udgangen på kredsen vil ikke kunne antage andre niveauer end logisk 0 og logisk 1 i modsætning til kredstypen 7400.

Afstanden på 0,8 volt imellem den tærskel, hvor udgangen skifter til logisk 1, og den tærskel, hvor udgangen skifter til 0, kaldes kredsens hysteres. I praksis betyder hysteresen, at udgangen ikke vil kunne stå og skifte hurtigt mellem logisk 1 og logisk 0, når spændingen ligger lige ved tærsklen. Der er jo typisk 0,8 volt afstand til den spænding, hvor der vil blive skiftet tilbage igen, når tærsklen først er overskredet.

OR-gate

En OR-gate svarer til den betydning, som eller har i daglig tale. Dog er der den tilføjelse, at man ikke skelner skarpt som et enten-eller, men udmærket kan acceptere at begge indgange på en OR-gate er logisk 1.



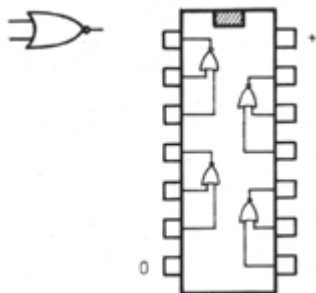
Symbol for OR-gate. Til højre er vist forbindelser til de fire OR-gates i kredsen 7432.

Er blot én af indgangene på en OR-gate logisk 1, vil den give 1 på udgangen. Det eneste tilfælde, hvor en OR-gate vil give 0 på udgangen, er når begge indgangene er logisk 0.

I denne bog benyttes typen 7432. 4 gates er monteret i samme kreds som vist på tegningen.

NOR-gate

En NOR-gate er en NOT-OR gate. Det vil i daglig tale sige en ikke-eller port. Blot én af indgangene på en NOR-gate skal være 1, for at udgangen bliver logisk 0. Kun når alle indgangene er 0, bliver udgangen 1.



Symbol for NOR-gate. Til højre er vist forbindelser til de fire NOR-gates i kredsen 7402. Bemærk at disse afviger fra de tilsvarende i OR-kredsen 7432.

Da det er åbenlyst, at man kan erstatte en NOR-gate med en OR-gate efterfulgt af en inverter, tegnes NOR-gatens symbol som en sammentrækning af NOR-gate og inverter symbolerne.

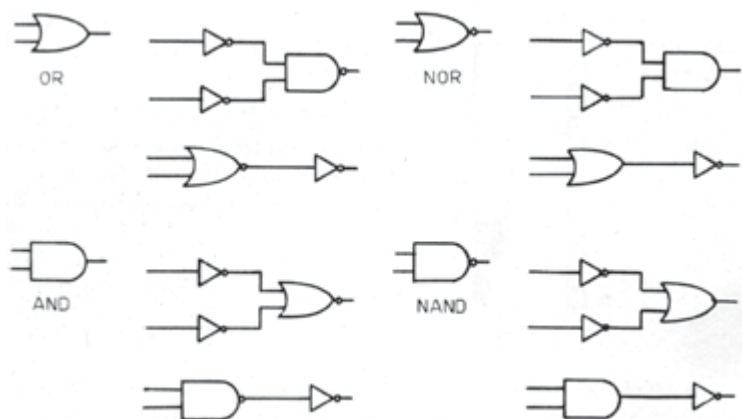
I denne bog benyttes som NOR-gate 7402. 4 gates er monteret i samme kreds som vist på tegningen. Bemærk, at benforbindelserne afviger fra de øvrige typer, idet udgangene ikke er forbundet til de samme terminaler.

Gate-kombinationer

På tegningen er vist, hvorledes forskellige gates kan bygges op ved brug af andre gate-typer. Det er ikke alle de forskellige muligheder, der er vist her.

Læseren kan sikkert selv finde på andre måder eller spare invertere i indgangene ved at anvende invertering af de udgange, der fødes fra.

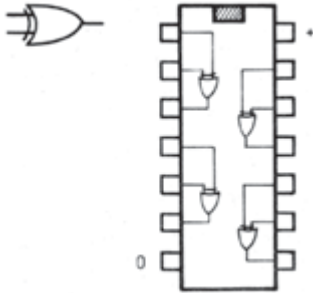
En særlig kombination af gates, som hyppigt anvendes uden dog at svare til nogen af de andre gate-typer, er exclusive-OR gaten.



Otte eksempler på gate-kombinationer, der kan erstatte henholdsvis OR-, NOR-, AND- og NAND-gates.

Exclusive-OR gate

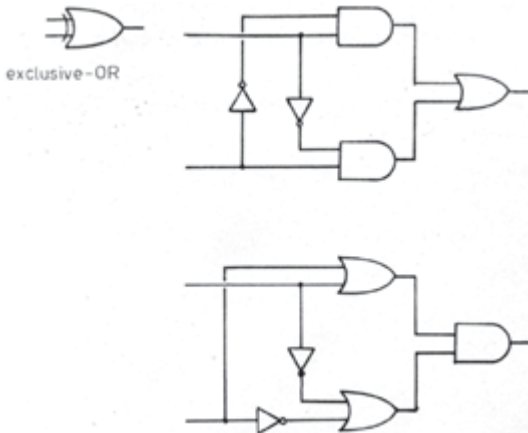
I modsætning til den almindelige OR-gate svarer exclusive-OR gaten fuldkommen til den almindelige opfattelse af ordet eller i betydningen enten-eller. Her skal altså mindst én og højst én af de to indgange være logisk 1, for at udgangen bliver logisk 1.



Symbol for exclusive- OR gate. Til højre er vist forbindelser til de fire exclusive- OR gates i kredsen 7486.

Er ingen eller begge indgange på en exclusive-OR gate logisk 0, vil udgangen fra exclusive-OR gaten være 0. Sagt på en anden måde: Udgangen bliver 1, når der er forskelligt logisk signal på de to indgange.

I denne bog benyttes exclusive-OR gate typen 7486. 4 gates er monteret i samme kreds som vist på tegningen. En exclusive-OR gate kan også fremstilles ved kombination af AND-gates, OR-gates og inverttere.



To eksempler på gate-kombinationer, der kan erstatte en exclusive-OR gate.

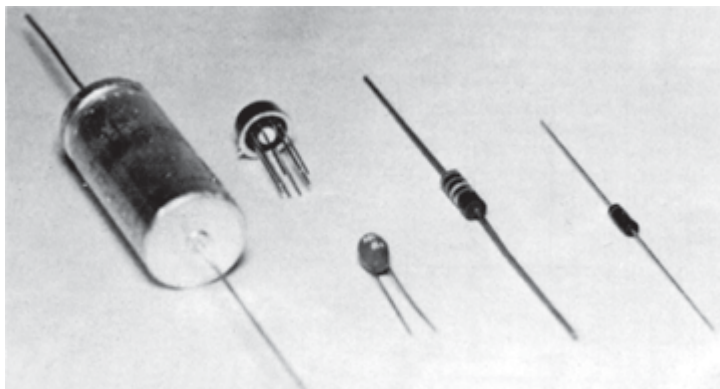
Hjælpekredsløb

For at få en digital opstilling med logiske kredse til at virke, kan man have behov for en række enkle elektroniske kredsløb. Her er kun beskrevet, hvorledes disse hjælpekredsløb kan opbygges med størst mulig anvendelse af de integrerede kredse, der kaldes operationsforstærkere.

Ved anvendelse af denne type integrerede kredse bliver arbejdet med at opbygge kredsløbene meget enkelt, og der skal kun benyttes ganske få komponenter til hjælpekredsløbene.

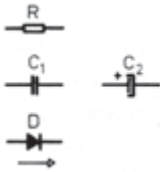
I visse tilfælde er man dog stadig nødt til at benytte diskrete komponenter som modstande, kondensatorer og dioder i en opstilling. Modstande modarbejder den elektriske strøm på samme måde, uanset om

Forskellige praktiske komponenter til hjælpekredsløb som modstande, kondensatorer, dioder og operationsforstærkere kan for eksempel se ud som her.



strømmen er jævnstrøm eller det er en vekselstrøm, der skifter retning med en eller anden frekvens (antal gange i sekundet). Kondensatorer modarbejder den elektriske strøm afhængig af frekvensen. Jo højere frekvens, des mindre modstand giver en bestemt kondensator overfor den elektriske strøm. Kondensatorer kan også benyttes til at oplagre elektrisk strøm, for eksempel for at udglatte en pulserende jævnspænding fra en ensretter. Dioder tillader kun den elektriske strøm at løbe den ene vej igennem sig. De benyttes blandt andet til fremstilling af ensrettere. Særlige dioder kan bringes til at udsende lys, hvis de gennemløbes af en strøm. Disse lysdioder er ofte udformet som cifferudlæsninger, der kan vise tallene 0-9.

Hjælpekredsløb til digitale kredse har deres største betydning i forbindelse med spændingsforsyning af kredsene, undertrykkelse af støj på de logiske signaler og sammenkobling af en digital TTL-opstilling med ydre kredsløb af anden type.

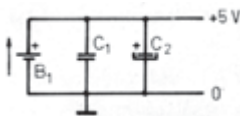


Komponentsymboler for modstand (R), kondensator (C) og diode (D). C1 er en normal kondensator, C2 en elektrolyt kondensator.

Batteriforsyning

Et almindeligt fladt 4,5 volt lommelygtebatteri kan udmærket anvendes som spændingsforsyning til de her benyttede TTL-kredse. Det går i reglen an at tilslutte et frisk batteri uden videre, og benytte det som forsyning, hvis ledningerne til kredsene er korte.

Efterhånden som batteriet aflades, stiger batteriets indre modstand mod at afgive strøm. Dette kan føre til ustabilitet og forstyrrelser af de logiske kredse, selvom batteriet egentlig ikke er udslidt.



Afkobling af forsyningsspænding fra et batteri. Stykliste: B1 batteri 4,5 volt IEC 3R12, C1 100 nF foliekondensator; C2 100 μ F 16 volt elektrolytkondensatorer.

18 Hjælpekredsløb

Almindeligvis vil man derfor foretrække at supplere batteriet med to kondensatorer umiddelbart ved de integrerede kredse. Herved tillades også brug af lange ledninger fra batteri til opstilling. Den ene kondensator skal være en 100 nF (nano-farad) kondensator direkte mellem plus og minus (stel). Denne kondensators tilledninger kan forbindes vilkårligt.

Den anden kondensator skal være en 100 μ F (mikro-farad) elektrolyt-kondensator med mindst 16 volt mærkespænding. Denne kondensator kan kun tåle spænding med en bestemt polaritet. Plus-terminalen på kondensatoren skal derfor forbindes til plus, og minus-terminalen til minus (stel). Hvor intet andet er opgivet, kan en 6,3 volt type benyttes til denne bogs konstruktioner.

Anvendes der en metalkasse til indbygning af de logiske kredse, bør kassen også forbindes til stel.

Netdrift

Skal der forsynes mange kredse, holder et lommelygtbatteri kun kort. Som en tommelfingerregel kan man regne med, at en gennemsnits-kreds bruger en strøm på ca. 40 mA (milli-ampere - tusindedele af ampere). Rene gate-kredse kræver dog kun ca. 10 mA.

Der skal derfor ikke ret mange kredse til, før det vil kunne svare sig at bygge en enkel strømforsyning. Den viste strømforsyning vil kunne trække mindst en snes TTL-kredse ved en konstant forsyningsspænding på +5 volt. De gode specifikationer er opnået ved brug af en særlig integreret kreds, der kaldes en spændingsregulator. Denne kreds evner både at holde spændingen konstant og at sikre netdelen imod kortslutning eller overbelastning af udgangsbøsningerne. Samtidig er den anvendte type spændingsregulator sikret mod for dårlig køling.

Ønsker man at kunne belaste regulatoren maksimalt, skal den skrues fast direkte på apparatstel, hvis kassen er af aluminium. I modsat fald skal anvendes en frit anbragt køleplade med en termisk modstand på højst 5 $^{\circ}$ C/W (grader celsius pr. watt).

Transformatoren, der skal have en spænding på 7-10 volt ved mindst 1 ampere (standardtypen 12 volt 1,2 ampere kan også anvendes), skal

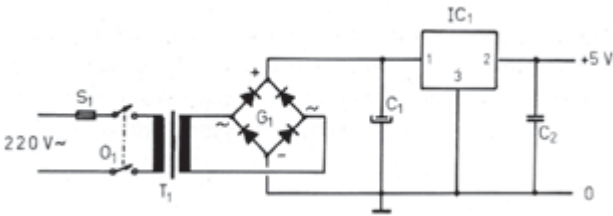


Diagram over strømforsyning til drift af TTL-kredse. Stykliste: C1 2200 μ F 40 volt elektrolytkondensator; C2 100 nF foliekondensator; G1 ensretterbro B40C2200, IC1 spændingsregulator 7805, S1 sikring 630 mA flink, O1 to-polet netafbryder, T1 transformator 12 volt 1,2 ampere.



Benforbindelser på 7805-kredse monteret i henholdsvis metalhus TO-3 og plast hus TO-220. Set fra oven.

være forsynet med en flink sikring i den ene net-tilledning som vist. Netledningen skal også være trækaflastet, hvorimod der intet er i vejen for at undvære den dobbelte netafbryder.

Den praktiske opbygning er enkel. Spændingsregulatoren monteres direkte i kontakt med chassis, eventuelt via en køleplade. Derved får hele opstillingen automatisk lagt minus til stel. Ensretteren monteres på en loddebuk eller eventuelt et særligt printkort sammen med elektrolytkondensatoren. Ensretteren bør være type B40C2200 eller tilsvarende. Elektrolytkondensatoren skal være mindst på 1000 μ F med 25 volt mærkespænding. Kondensatoren på 100 nF kan eventuelt udelades, hvis man husker at montere en eller flere lignende kondensatorer på hvert printkort med logiske kredse, der forsynes fra netdelen.

Ensretteren er en blok, der tilsluttes til transformatorens lavspændingsside som vist på diagrammet med terminalerne mærket med vekselspændingstegn (\sim). Plus- og minus-terminalerne forbindes til de tilsvarende terminaler på elektrolytkondensatoren og den tilsluttes regulatoren efter nummereringen. Kondensatoren på 100 nF kan vendes vilkårligt. I øvrigt gælder samme kommentarer som ved batteriforsyning ved brug af lange ledninger fra netdel til kredse.

Bruger man mindre end 0,1 ampere pr. spændingsregulator-flere kan kobles til plus-terminalen på ensretterbroen - kan hver regulator place-

20 Hjælpekredsløb

res direkte på et eventuelt printkort uden særlig køling. Skulle man komme til at trække større strøm, end regulatoren er kølet til, sker der ikke andet, end at forsyningsspændingen fra den pågældende regulator falder ud. Efter afkøling er regulatoren fuldt arbejdsdygtig igen.

Forstærkere

En forstærker kan opbygges ved hjælp af en integreret kreds, der kaldes en operationsforstærker. Denne forstærker er kendetegnet ved at have en tilnærmet uendelig bøj forstærkning, som indstilles til en endelig værdi ved hjælp af modstande.

Den type forstærker, der skal benyttes her, kaldes for en differential-forstærker. Den forstærker spændingsforskelle mellem to spændinger, og giver den forstærkede spændingsforskel ud på sine udgangsterminaler.

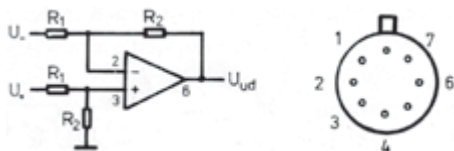


Diagram over operationsforstærker i differential-kobling. Til højre er vist benforbindelser til den integrerede kreds μA 741 - ben 7 er den positive-forsyningsspænding og ben 4 er den negative forsyningsspænding i forhold til stel. Eksempel på modstandsværdier ved 10 ganges forstærkning: R_1 begge $1\text{ k}\Omega$, R_2 begge $10\text{ k}\Omega$.

Kaldes spændingen på den ene indgang U_+ og spændingen på den anden indgang U_- , bliver spændingen U_{ud} på udgangen angivet ved dette udtryk.

$$U_{ud} = (U_+ - U_-) \times \frac{R_2}{R_1}$$

Er modstanden R_2 uendelig stor (ikke indsat) og modstanden R_1 nul (erstattet med kortslutning), bliver den forstærkede spændingsforskel i princippet uendelig stor. Det gælder, ligegyldigt hvor lille spændingsforskellen faktisk er.

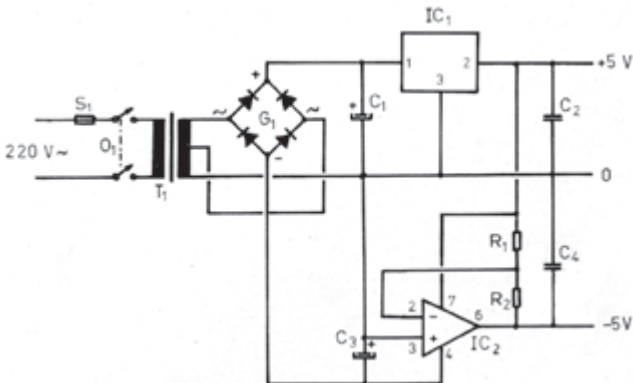
Selvom det ikke helt gælder i praksis, da udgangsspændingen ikke kan overstige forsyningsspændingen, får man på denne måde en indikering af spændingsforskellens fortegn - altså hvilken spænding, der er størst.

Bemærk, at man heller ikke på operationsforstærkere anfører forsyningsspænding i diagrammer, som alene viser virkemåden. Operationsforstærkere skal normalt have to forsyningsspændinger, nemlig en positiv og en negativ forsyningsspænding ud fra 0 (stel) af nærmere defineret størrelse.

Ved drift af operationsforstærkere kan man derfor som regel ikke klare sig med den strømforsyning, der driver de logiske kredse. De konstruktioner her i bogen, hvor der indgår operationsforstærkere, kan drives af to styk 4,5 volt batterier med separate afkoblinger som forbindes i serie til at give $\pm 4,5$ volt ud fra et fælles midtpunkt.

Der kan også benyttes en lidt udvidet modificeret netdel. Ved hjælp af en differentialforstærker-kobling med IC2, som undersøger om spændingen fra den negative forsyning på udgangen (ben 6) er lig den positive

Diagram over strømforsyning til drift af TTL-kredse og operationsforstærkere. Stykliste: R1 1 k Ω modstand, R2 1 k Ω modstand, C1 2200 μ F 40 volt elektrolytkondensator, C2 100 nF foliekondensator, C3 1000 μ F elektrolytkondensator, C4 100 nF foliekondensator, G1 ensretterbro B40C2200, IC1 spændingsregulator 7805, IC2 operationsforstærker μ A 741, S1 sikring 630 mA flink, O1 to-polet netafbryder, T1 transformator 0-12-24 volt 1,2 ampere.



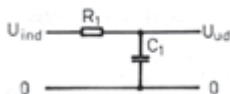
22 Hjælpekredsløb

forsyningsspænding, opnås en forsyning på ± 5 volt stabiliseret ved hjælp af yderligere nogle få ændringer ved ensretteren. Fra den negative forsyningsspænding kan dog højst trækkes ca. 15 mA.

RC-led

Et RC-led er en kombination af en modstand og en kondensator. Koblet som vist, kaldes kombinationen et lavpasfilter. Virkningen er, at høje frekvenser dæmpes. Hvad der er høje frekvenser i denne forbindelse afhænger af komponentværdierne for modstanden og kondensatoren.

Støj er ofte meget hurtige ændringer overlejret et signal, der ændrer sig langsomt. Hurtige ændringer svarer til høj frekvens. Føres et støjfyldt signal gennem et passende dimensioneret lavpasfilter (RC-led), kan man derved opnå at rense signalet for en del af støjen.



Opbygning af RC lavpas-led. Stykliste: $R1$ 330 Ω modstand, $C1$ i farad = tidskonstant i sekunder : 330 Ω .

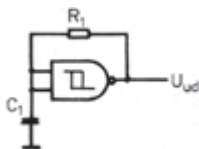
Grundkredsløb

Ligesom der er hjælpe kredsløb, som er nødvendige for at få et i øvrigt digitalt kredsløb til at fungere, er der også en række grundkredsløb, som benyttes i mange digitale kredsløb.

De kredsløb, som er valgt til dette kapitel, vil man hyppigt få brug for, hvis man selv eksperimenterer lidt med logiske kredse. Da de er ganske lette at lave, kan det anbefales læseren at prøve at fremstille dem i praksis og afprøve deres virkemåde.

Firkantgenerator

En firkantgenerator er en elektronisk opstilling, hvis udgangssignal er en firkantet spænding. Med en Schmitt-trigger NAND-gate kan der opbygges en enkel firkantgenerator, hvis udgangsspænding skifter uafbrudt mellem 0 og 1. Et hurtigt skift mellem 0 og 1 eller 1 og 0 svarer til et stort indhold af høje frekvenser. Det er netop karakteristisk for TTL-kredse, at de skifter meget hurtigt og kan følge med til høje frekvenser.



Firkant-generator med Schmitt-trigger NAND-gate. Stykliste: R_1 330 Ω modstand, C_1 100 nF foliekondensator.

Ved at føde udgangssignalet fra en NAND-gate med begge indgange koblet sammen som en inverter tilbage til indgangen, kan man opnå, at gaten vil stå og skifte hurtigt frem og tilbage mellem 0 og 1 med en hyppighed afhængig af forsinkelsen gennem kredsen. Er udgangen på 0,

24 Grundkredsløb

er indgangen også på 0 - og den vil da søge at bringe udgangen på 1. Når det sker, vil indgangen også være på 1 - og indgangen vil da søge at bringe udgangen på 0. Således vil forløbet gentage sig i det uendelige.

Ved at indsætte et RC-led mellem udgangen og indgangen vil man kunne opnå, at udgangsfrekvenser over en vis størrelse slet ikke vil kunne ses af indgangen. Generatoren vil derfor ikke kunne svinge på så høje frekvenser. Ved en bestemt frekvens vil der imidlertid lige akkurat være signal nok tilbage ved indgangen til at udgangen kan skifte. Denne frekvens vil NAND-gaten svinge ved.

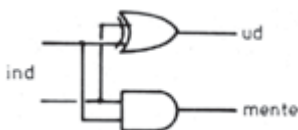
Over kondensatoren vil spændingen variere efter en kurve, som kan tilnærmes ved en trekant. Den laveste spænding over kondensatoren er Schmitt-triggerens nedre tærskelspænding, den højeste spænding er Schmitt-triggerens øvre tærskelspænding.

Almindelige gates kan ikke anvendes til generatoren med RC-led.

Additionskredsløb

Digitale logiske kredse arbejder ikke i det sædvanlige titals-system. Da der kun er to værdier at vælge imellem, nemlig logisk 0 og logisk 1, er man nødt til at arbejde med et totalsystem. Overfor er opført en tabel med de almindelige tal fra 0 til 9 skrevet med binær kodning. Læg mærke til, at man går fra et tal til det nærmeste højere ved at lægge 1 til.

Man tæller altså på nøjagtig samme måde som i titals-systemet, men må allerede ved $1 + 1$ få en mente, da 1 er det højeste tal, man kan skrive med et enkelt ciffer i totalsystemet. For at skrive 2 må man benytte mente og et nul, altså det binære tal 10.



Eksempel på et primitivt additionskredsløb, der ikke tager hensyn til en eventuel indgående mente i sine beregninger.

Decimaltal	Binærtal
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001

Med den såkaldte binært kodede decimalrepræsentation (BCD), erstatter man ganske enkelt hvert af tallene fra 0-9 med den gruppe på fire cifre, der svarer til tallet decimalt. Er der ikke fire cifre, fyldes op foran med nuller. Tallet 78 decimalt skrives derfor 0111 1000 i BCD-kode.

Et kredsløb, der er i stand til at lægge to éncifrede binærtal sammen, kaldes en adder. Er man ikke interesseret i menten, er en exclusive-OR gate en adder. Kaldes dens to indgange A og B, får man nemlig denne tabel:

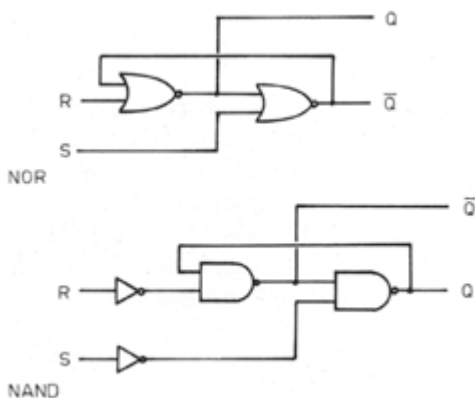
Ciffer A	Ciffer B	Resultat
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Ved at bygge lidt ud på exclusive-OR gaten, kan man også lægge tallene sammen, så man får en mente. En såkaldt full-adder har ud over de viste gates blandt andet ekstra AND-gates, så den kan tage en menteoverførsel med i sin beregning.

Flip-flop

En flip-flop er en slags elektronisk hukommelse. Flip-flops kaldes også for bistabile multivibratorer. Dette navn hentyder til, at en flip-flop har to stabile stillinger. En flip-flop kan blive stående i begge disse stillinger efter den påvirkning, som har sat den i denne stilling. Der skal en ny påvirkning til for at få den tilbage i sin anden stilling.

Der findes mange forskellige typer flip-flops. De kan allesammen bygges op ved hjælp af logiske gates. Den enkleste opbygning har den såkaldte SR flip-flop. Den kan fremstilles ved hjælp af to gates, for eksempel NOR-gates som vist på tegningen.



To eksempler på en SR flip-flop opbygget med henholdsvis NOR- og NAND-gates. Bemærk, at indgangene til en SR flip-flop med NAND-gates skal forsynes med invertere, hvis man ikke allerede har et inverteret signal til rådighed.

SR flip-flop er en forkortelse for set-reset flip-flop. Et logisk 1 på set-indgangen S vil sætte den bistabile multivibrator, så udgangen Q går på logisk 1. Den anden udgang \bar{Q} (stregen over Q betyder, at værdien af Q inverteres) går samtidig på 0. Udgangen Q vil derefter være logisk 1, til der påtrykkes et logisk 1 på reset-indgang R. Når dette sker, vil udgangen Q være på logisk 0. Den inverterede udgang \bar{Q} vil da naturligvis gå modsat på logisk 1.

Kredsløbets virkemåde er ikke særlig indviklet. Gå ud fra at udgang Q er på logisk 0, og udgang \bar{Q} er logisk 1. Desuden er begge indgangene S og R lagt på logisk 0. Nu lægges indgang S på logisk 1. Dermed er den ene indgang på den højre NOR-gate nu lagt på logisk 1, mens den anden stadig ligger på logisk 0 fra udgangen Q. Dette betyder dog ikke, at udgang Q forhindres i at gå på logisk 0. Når dette sker, er begge indgangene på den øverste NOR-gate nu pludselig lagt på logisk 0, da både \bar{Q} og R er logisk 0. Resultatet er, at denne NOR-gate på udgangen vil gå på logisk 1. Derved ligger begge indgangene på den nederste NOR-gate på logisk 1, hvilket ikke ændrer ved det faktum, at dens udgang allerede ligger på logisk 0.

Fjernes det logiske 1 på S-indgangen, vil den anden indgang fra Q på den nederste NOR-gate stadig være logisk 1. Denne NOR-gates udgangssignal ændres altså ikke som følge af S-signalets forsvinden. \bar{Q} er derfor stadigvæk logisk 0 og Q logisk 1.

Det er let at se, at kredsløbet med de to NOR-gates er symmetrisk, så en ganske tilsvarende forklaring gælder ved resetning med logisk 1 på indgang R.

Bliver både S- og R-indgangen lagt til logisk 1 samtidig, bliver begge de to udgange logisk 0 samtidig. Derved er \bar{Q} ikke længere Q-udgangens inverterede.

Dette er imidlertid uden praktisk betydning, da udgangen på en SR flip-flop ikke er defineret for både S og R lig logisk 1. En SR flip-flop opbygget ved hjælp af NAND-gates giver i denne situation i stedet logisk 1 på begge udgange. Den indgang, hvis værdi længst er på logisk 1, vil for begge praktiske udførelser af en SR flip-flop bestemme dens endelige tilstand.

Bemærk, at for en SR flip-flop opbygget ved hjælp af NAND-gates skal S- og R-signalerne inverteres, inden de føres til indgangene.

Dekade-tæller

Ved at sætte flere flip-flops sammen på bestemte måder kan man frembringe tællere. Der findes adskillige tællere som integrerede kredse, hvor de forskellige gates er forbundet indvendigt med hinanden. Udadtil skal

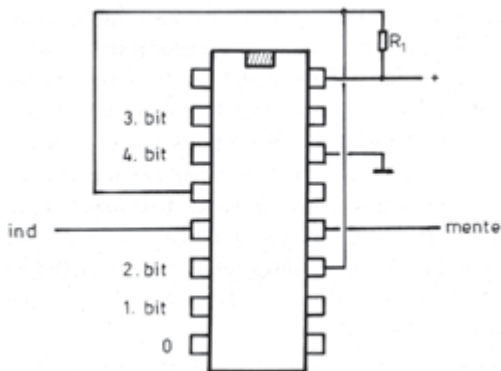


Diagram over dekadetæller med kredsen 74192. Stykliste: R_1 1 k Ω modstand.

der derfor kun forbindes fælles forsyningsspænding, impulserne som skal tælles, og med ledningerne til udgangene.

En dekadetæller er en tæller, der er beregnet til at tælle fra 0-9. Sættes flere tællere sammen, kan der tælles til større tal. Tælling 0-99 kræver to dekadetællere, tælling 0 til 9999 kræver fire dekadetællere. På udgangene angiver en sådan dekadisk tæller ved hjælp af BCD-kode, hvor mange impulser den er blevet påtrykt, efter sidste gang den har været sat på nul. Ved overgangen fra 9 til 0 afgiver hver tæller en mente, som kan føres ind i yderligere trin i den samlede tæller. Dette eller disse trin tæller det eller de mere betydende cifre.

Diagrammet viser, hvorledes man får kredsen 74192 til at virke som dekadetæller. Den viste 1 k Ω modstand kan godt undværes.

Den skal i stedet erstattes med en kortslutning til forsyningsspændingen. Dette kræver dog, at forsyningsspændingen ikke overstiger 5,5 volt på noget tidspunkt. Ifølge 7400-seriens fælles specifikationer (se bag i bogen) er det nemlig den højeste indgangsspænding, der må forekomme. Ved at indsætte modstanden sikrer man sig imod, at indgange ødelægges, selvom forsyningsspændingen skulle stige helt op til de + 7 volt, som er maksimum for kredsene.

En anden løsning er helt enkelt at lade være med at forbinde indgangene til logisk 1. TTL-indgange vil nemlig af sig selv gå på logisk 1, hvis de ikke belastes. Dette anvendes også meget, og har den fordel at eventuel støj på forsyningsspændingen ikke kan komme igennem til

TTL-indgangen. Man har imidlertid kun fuldstændig sikkerhed for, at indgangen virkelig ligger på logisk 1, ved at »tøjre« den til forsynings-spændingen gennem en $1\text{ k}\Omega$ modstand og sørge for, at forsynings-spændingen er afkoblet med 100 nF foliekondensatorer.

Er man ikke interesseret i at få talt impulserne op, men kun i at få en impuls for hver 10 impulser på indgangen, kan man benytte menten fra tælleren som den eneste udgang. De andre udgange er da ikke forbundne.

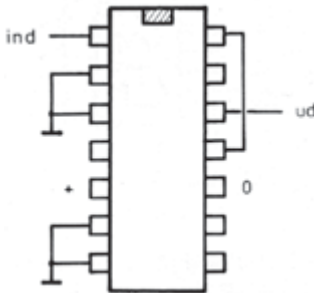


Diagram over symmetrisk ti-deler med kredsen 7490.

Anvendt på denne måde kaldes tælleren for en ti-deler. Benyttes 74192 som ti-deler, ligger signalet på udgangen ikke lige længe på 0 og 1. Det kan man komme uden om ved at benytte tælleren 7490 koblet som vist på tegningen.

Den samme tæller type 7490 kan også anvendes til at dele med 2 og med 5.

LED-dekoder

Et BCD-ciffer kan vises med lysdiode-tal ved hjælp af en såkaldt BCD dekoder/driver. En sådan kreds indeholder alle de gates, som skal til for at omdanne BCD-cifferet til en kode for tænding og slukning af de syv lysende diode-segmenter i de små cifferudlæsninger med rødt lys, der kendes fra lommeregnerne af lidt ældre dato.

Hvert af de syv segmenter er tildelt et bogstav fra a til og med g. Som ses på figuren kan man ved at tænde og slukke alle disse segmenter på en bestemt måde danne alle tal fra 0 til og med 9. Da der med 4 binære cifre egentlig er mulighed for at lave 16 forskellige kombinationer, har næsten

30 Grundkredsløb

alle dekoder/drivere også mulighed for at lave forskellige specialtegn. Disse specialtegn er anført med den tilhørende binærkode i datablade for dekoder/driver kredsen 7447.

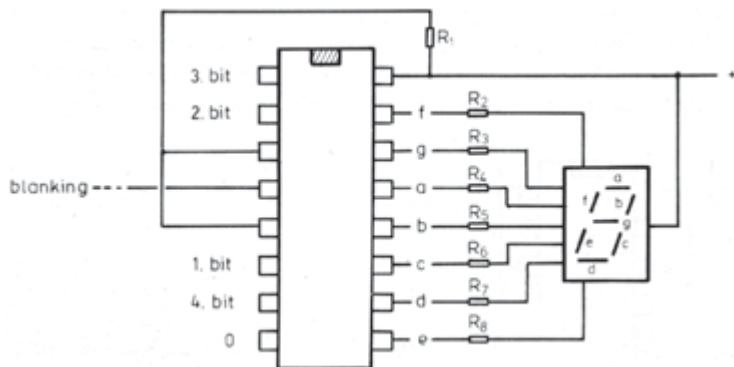


Diagram over en LED-dekoder til udlæsning aftalværdier med kredsen 7447 og en standard ciffer-udlæsning. Stykliste: R1 1 k Ω modstand, R2-R8 alle 470 Ω modstande.

Da hvert enkelt segment er forbundet til plus i stedet for minus, lyser dioden når det logiske signal på udgangen af udgangen er lavt - dette er i modsætning til den normale situation, hvor signalet opfattes hvis udgangen er høj.

Til at begrænse strømmen gennem dioderne er der anbragt nogle modstande i serie med udgangene. Disse modstande bestemmer samtidig strømmen gennem segmenterne. Jo større modstand, des mindre strøm og lys i dioderne. Modstandene kan i praksis vælges i området fra 470 Ω til ca. 4,7 k Ω . Almindeligvis skal man nok foretrække de 470 Ω , medmindre man er meget opsat på at spare strøm, for eksempel ved batteridrift.

En enkelt dekoder/driver kan bringes til at trække flere segmenter med forskellige tal på én gang. Dette kaldes for multipleksning, og benyttes meget blandt andet til elektroniske ure. I virkeligheden lyser hvert enkelt ciffer kun ganske kort tid ved multipleksning, men øjets træghed gør, at man ikke bemærker nogen flimren.

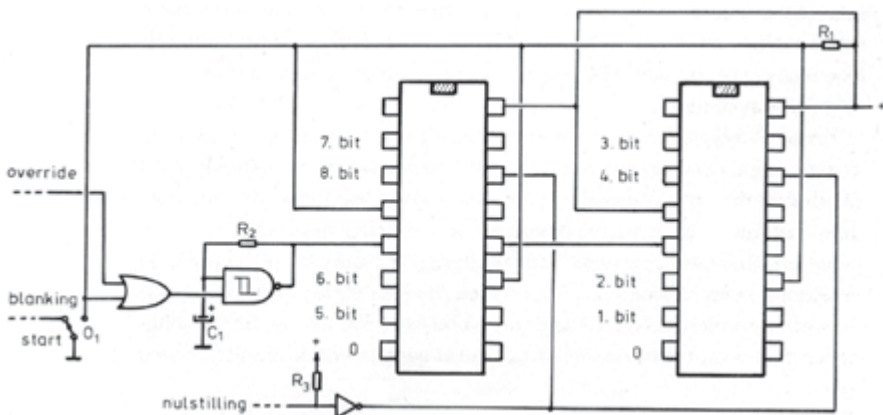
Elektronisk LED-roulette

Det er ikke særlig svært at fremstille en elektronisk roulette, der kan give ethvert tal mellem 0 og 99 med lige stor sandsynlighed. Tallene vises af bekvemlighedsgrunde dog ikke på en cirkel med lysdioder, men ved hjælp af lysdiodetal.

Konstruktionen er et første eksempel på, hvorledes man ved hjælp af en dekoder/driver kan udlæse et BCD-kodet signal med sandsynligheden 0,01.

Signalet skaffes fra en tæller med to cifre. Denne tæller er opbygget ved hjælp af to kredse af typen 74192. Tælleren fødes med signal fra en firkant-generator af samme konstruktion som beskrevet side 23-24.

Diagram over en to-cifret tæller med to kaskade-koblede 74192-kredse. Stykliste: R1 1 k Ω modstand, R2 330 Ω modstand, R3 1 k Ω modstand, C1 22 μ F elektrolytkondensator, O1 en-polet trykbelastet omskifter. Override-indgangen lægges til 0, hvis den ikke benyttes.



Ved hjælp af en trykomsifter kan man sammenkoble tæller og firkantgenerator med hinanden. Så længe trykomsifteren holdes nede, fødes der signal til tælleren. Tælleren vil derfor tælle uafbrudt så længe. I samme øjeblik trykomsifteren slippes, vil den fjederbelastede knap gå tilbage igen, og tælleren vil gå i stå. Det tal, der stod på tælleren, vil derfor læses ud på lyspanelet, til knappen igen trykkes ned og der igen er mulighed for firkantgeneratoren til at svinge.

Da tælleren læser hvert enkelt tal ud lige længe, og gennemløber hele rækken fra 0 til 99 omkring 100 gange i sekundet, har man ingen mulighed for bevidst at vente, til man får et bestemt tal på lysdioderne. øjet kan ganske enkelt ikke følge med, og displayet vil lyse fra alle 14 segmenter på én gang. De segmenter, som indgår i flest cifre, vil se ud til at lyse kraftigst.

Ved at anvende det stiplede blanking-kredsløb til de to dekode/drivere kan man helt undgå at få udlæsning mens tælleren kører.

Tværsums-beregner

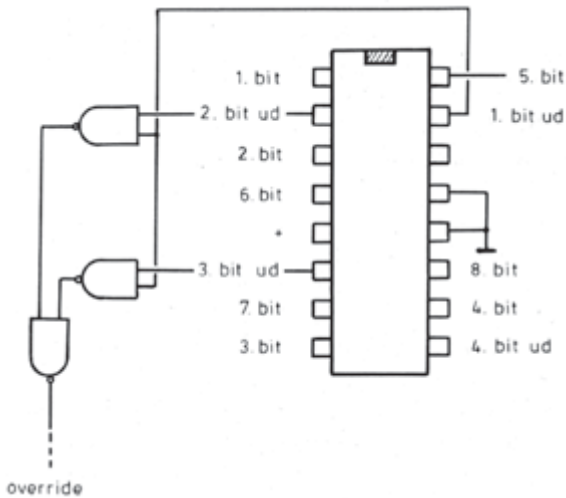
Summen af de to tal, der vises på lysdiode-panelet, kan anvendes til at eftervise adderens funktion. I kredsen 7483 findes to 2-bit addere. De er internt forbundet til at give en fuld såkaldt 4-bit binær adder, der kan addere to fire-cifrede binære tal. Er summen af de to tal på lyspanelet ikke større end 9 i titals-systemet, vil binærkoden på udgangen være fuldstændig mage til BCD-koden. Bliver summen større, vil lysdiode-tallene vise et special-tegn eller et tal, afhængigt af om binær-tallet er over 15 i titals-systemet.

For at undgå at skulle omsætte fra binær-tal til titals-systemet, hvilket kræver nogle ekstra komponenter, er tværsums-beregneren konstrueret således, at den hvis tværsummen er over 9 giver tælleren ordre om at gå videre til første tal, hvor tværsummen bliver 9 eller derunder. Tælleren giver nu altså ikke lige stor sandsynlighed for ethvert tal længere. I tabellen side 34-35 kan opføres sandsynligheden dels for tværsum og dels for roulette-tallet for hvert enkelt tal på basis af 300 forsøg.

Sandsynligheden bliver da for hvert enkelt tal: antal ganges udfald divideret med 300.

Rent praktisk skelner kredsløbet mellem tilladelige tal og tal, hvis tværsom vil give en udlæsning på mere end 9, ved at se om det første bit i resultatet er 1 og det andet ciffer i resultatet samtidig er 1, eller (i betydningen OR) om det første bit er 1 og det tredje bit i resultatet samtidig er 1. Er dette tilfældet, tæller tælleren videre til første lovlige tværsom.

Diagram over en enkel tværsoms-beregner med kredsen 7483.



34 Elektronisk LED -roulette

Sandsynlighed		Sandsynlighed	
tal	tværsom	tal	tværsom
00		30	—
01		31	—
02		32	—
03		33	—
04		34	—
05		35	—
06		36	—
07		37	0,0000
08		38	0,0000
09		39	0,0000
10	—	40	—
11	—	41	—
12	—	42	—
13	—	43	—
14	—	44	—
15	—	45	—
16	—	46	0,0000
17	—	47	0,0000
18	—	48	0,0000
19	0,0000	49	0,0000
20	—	50	—
21	—	51	—
22	—	53	—
23	—	54	—
24	—	55	0,0000
25	—	56	0,0000
26	—	57	0,0000
27	—	58	0,0000
28	0,0000	59	0,0000
29	0,0000		—

Sandsynlighed		Sandsynlighed	
tal	tværsam	tal	tværsam
60	–	80	–
61	–	81	–
62	–	82	0,0000
63	–	83	0,0000
64	0,0000	84	0,0000
65	0,0000	85	0,0000
66	0,0000	86	0,0000
67	0,0000	87	0,0000
68	0,0000	88	0,0000
69	0,0000	89	0,0000
70	–	90	–
71	–	91	0,0000
72	–	92	0,0000
73	0,0000	93	0,0000
74	0,0000	94	0,0000
75	0,0000	95	0,0000
76	0,0000	96	0,0000
77	0,0000	97	0,0000
78	0,0000	98	0,0000
79	0,0000	99	0,0000

Digital-analog

Inden for digital-teknik arbejder man med bestemte logiske mønstre, som alle signaler, der benyttes, skal kunne passe ind i. Har man for eksempel et digitalt system, hvor man kun på forhånd har taget hensyn til tilstandene 0, 1, 2 og 3, nytter det ikke at prøve at få tallet 2,5 til at passe ind i systemet. Man har kun tallene 0, 1, 2 og 3 til rådighed, selvom man strengt taget dækker intervallet 0 til 3.

I et analogt system, som dækker det samme interval, vil man godt kunne få tallet 2,5 (eller et hvilket som helst andet tal mellem 0 og 3 inklusive) til at passe. Til gengæld kan man ikke ramme tallene helt præcist i et praktisk analogt system. Selv om man to gange prøver at ramme tallet 2,5 vil det, da der er uendelig mange værdier til rådighed i intervallet, ikke være muligt at genskabe nøjagtig den samme tilstand.

Det lader sig gøre med det digitale system. Prisen er altså, at man ikke i praksis kan få en uendelig fin glidende opløsning, men må skifte mellem værdierne i spring.

Er det en spænding, man ønsker at måle ved hjælp af et digital-voltmeter, som beskrevet i det følgende, må man altså for eksempel finde sig i, at alle spændinger i intervallet 1,31-1,40 volt vises som 1,4 volt.

D/A-omsætter

En D/A-omsætter er en indretning, som kan omsætte fra en digital værdi til en tilsvarende analog værdi. En digital/analog omsætter kan fremstilles på mange måder. I handelen findes færdige kredse, der ved hjælp af en ydre reference kan afgive en udgangsspænding afhængig af et binært tal med op til 12 bits nøjagtighed. Disse kredse er imidlertid forholdsvist dyre og giver ikke nogen klar forestilling om, hvad det er, som foregår.

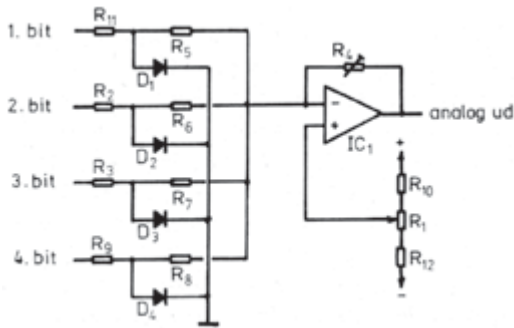


Diagram over en enkel D/A-omsætter med et enkelt decimalt eller fire-bit binært tal ind med kredsen 74192. Stykliste: R1 2,2 k Ω potentiometer, R2 1 k Ω modstand, R3 1 k Ω modstand, R4 2,2 k Ω trimmepotentiometer, R5 1 k Ω modstand, R6 2 k Ω modstand, R7 3,9 k Ω modstand, R8 8,2 k Ω modstand, R9 1 k Ω modstand, R10 3,9 k Ω modstand, R11 1k Ω modstand, R12 3,9 k Ω modstand, D1-D4 BA 100 silicium-dioder, IC1 operationsforstærker μ A 741.

Den D/A-omsætter, som man selv kan bygge efter beskrivelsen her, er meget enkel i sin opbygning. Til gengæld er den heller ikke særlig nøjagtig. Et enkelt til 1 ½ ciffers nøjagtighed kan imidlertid let nås med standardkomponenter.

Den lidt besynderlige angivelse af et halvt ciffer er blot en forkortet måde at angive på, at man også har en mente. Et 1-ciffer lysdiode-panel kan vise tal fra 0-9, hvor et 1 ½ ciffer lysdiode-panel kan vise tal fra 0-19. Det er altså 1-tallet til venstre, der er menten eller det »halve« ciffer.

Omsætteren består af en operationsforstærker-kobling, som kaldes en summator. Den lægger altså alle indgangsspændingerne, som den modtager, sammen. Ved at lade de forskellige bits give forskellige spændinger ved hjælp af at ændre summatorens følsomhed i de forskellige indgange, så de mest betydende bit (længst til venstre) får størst indflydelse på udgangsspændingen, kan man opnå at udgangsspændingen fra summatoren, der er analog, får en størrelse, der svarer til det digitale signal, som påtrykkes indgangen.

For at sikre, at alle spændinger fra de forskellige bit som skal lægges sammen, er ens på summatorens indgange, er der indsat nogle silicium-dioder mellem indgangene til summatoren og udgangene, som

summatoren fødes fra. Alle disse silicium-dioder, der skal være ens, vil have samme spændingsfald over sig i gennemgangsretningen, nemlig ca. 0,6-0,7 volt. Da de over for de udgange, som de trækkes at vil virke som en kortslutning ved et niveau på logisk 1, er der indsat modstande før dioderne til at begrænse strømmen. Derved virker de ikke som kortslutning af de drivende udgange længere. Udgangene er endda ikke kraftigere belastede, end at de udmærket er i stand til også at trække en dekoder til lys-tal, hvilket udnyttes senere.

På grund af operationsforstærkeren er man nødt til at anvende en dobbelt strømforsyning. Der kan enten benyttes to 4,5 volt batterier eller udvidelsen af den grundlæggende strømforsyning side 21.

Ved justeringen er man nødt til at have et enkelt universalinstrument til rådighed. Først justeres potentiometret R1 med logisk 0 fra alle de TTL-udgange, som man anvender til at drive digital/analog omsætteren, så udgangsspændingen bliver 0 volt målt i forhold til stel. Derefter justeres følsomheden på trimmepotentiometret R4, så logisk 1000 giver 0,8 volt ud.

Har man ikke noget universal-instrument, kan man anvende et billigt 100 mikro-ampere viserinstrument af typen KM-48 i forbindelse med en 8,2 k Ω modstand forbundet i serie. Instrumentet skal da vise henholdsvis 0 (0 volt) og 80 (0,8 volt) i det følsomste område. Ved at vælge forskellige modstande, kan man få fuldt udslag (100 delestreger) til at betyde henholdsvis 1,0 volt, 10 volt og 100 volt. Dette kræver modstande på henholdsvis 8,2 k Ω , 100 k Ω og 1 M Ω .

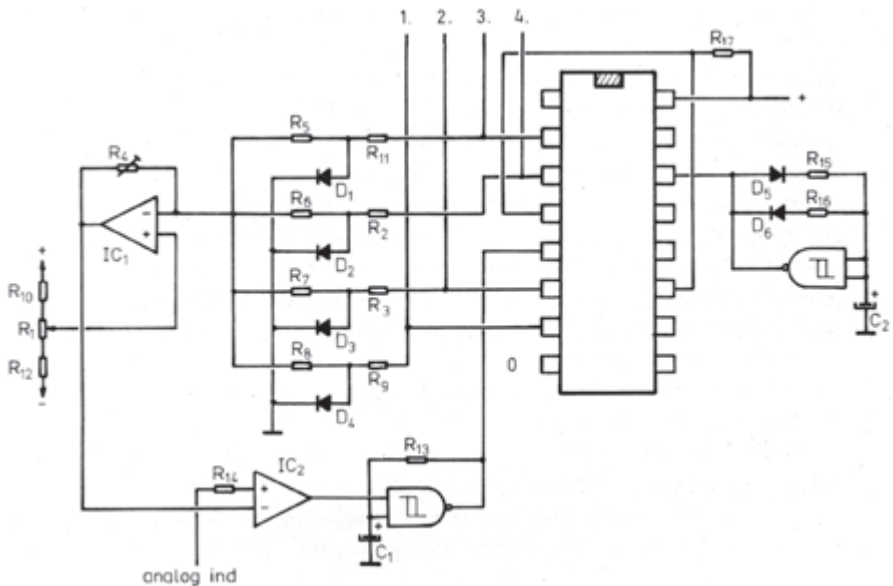
Disse funktioner kan man også få ved at opbygge et digital-voltmeter, der er beskrevet side 40-44. I så fald behøver man ikke at bygge dette lille universal-instrument for at foretage justeringen af digital/analog omsætteren. I stedet kan man ved justeringen af det komplette digital-voltmeter dreje på R4, til et nyt 1,5 volt tørbatteri giver et udslag på ca. 1,6 volt.

A/D-omsætter

En analog/digital omsætter kan let fremstilles på basis af en digital/analog omsætter. Det kan måske virke lidt mærkeligt i virkeligheden først at foretage en digital/analog omsætning, men derved fås et ganske enkelt princip.

Man føder den ukendte spænding, som man ønsker at måle, ind på den ene terminal af en differential-forstærker med uendelig høj forstærkning (se side 20). På den anden terminal føder man udgangsspændingen fra en digital/analog omsætter. Hvis den ukendte spænding er størst, giver dette sammenligningskredsløb, der også kaldes en komparator, en positiv udgangsspænding, der dog begrænses til logisk 1. Er spændingen fra digital/analog omsætteren størst, fås en negativ udgangsspænding, der svarer til logisk 0.

Diagram over en enkel A/D-omsætter svarende til D/A-omsætteren side 37 med kredsen 74192. Stykliste: R1 2,2 k Ω potentiometer, R2 1 k Ω modstand, R3 1 k Ω modstand, R4 2,2 k Ω trimmepotentiometer, R5 3,9 k Ω modstand, R6 8,2 k Ω modstand, R7 2 k Ω modstand, R8 1 k Ω modstand, R9 1 k Ω modstand, R10 3,9 k Ω modstand, R11 1 k Ω modstand, R12 3,9 k Ω modstand, R13 330 Ω modstand, R14 10 k Ω modstand, R15 100 Ω modstand, R16 330 Ω modstand, R17 1 k Ω modstand, C1 2,2 μ F elektrolytkondensator, C2 2200 μ F elektrolytkondensator, D1-D6 BA 100 silicium-dioder, IC1 operationsforstærker μ A 741, IC2 operationsforstærker μ A 741.



Man begynder hver enkelt omsætning fra analog til digital størrelse ved at nul-stille en dekadetæller (se side 27-29), som føder digital/analog omsætteren. Straks derefter begynder tælleren at tælle opefter, idet digital/analog omsætterens udgangsspænding selvfølgelig samtidig vokser.

Når spændingen fra digital/analog omsætteren er blevet lige så stor eller større end spændingen på indgangen af omsætteren, der skal måles, vil komparatoren kippe over. Derved står udgangen på -5 volt, og tællesignalet vil blive afbrudt af NAND-gaten. Signalet i firkantgeneratoren vil ikke mere kunne slippe igennem NAND-gaten, hvis udgang konstant vil ligge på logisk 1, da komparatorens udgang ligger lav.

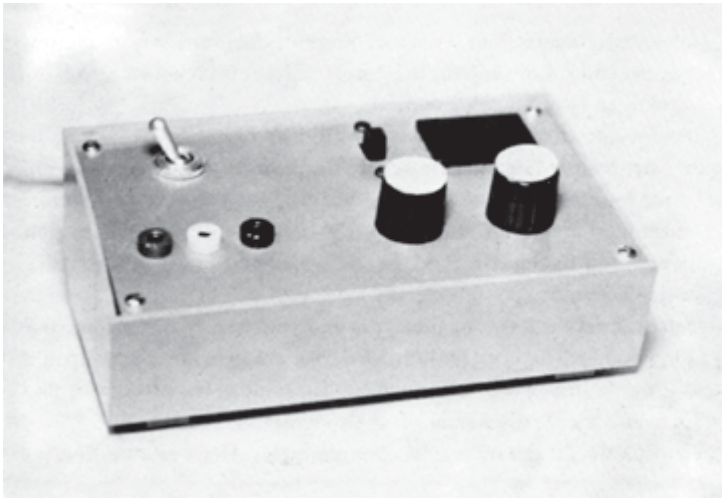
På udgangen af tælleren står nu et tal, der svarer til den spænding, som findes på indgangen til analog/digital omsætteren. Ved resetning af tælleren vil komparatoren igen kippe over og en ny analog/digital omsætning begynde.

Digital-voltmeter

En analog/digital omsætter kan benyttes til at lave et voltmeter, som i stedet for et viser-instrument benytter lys-tal til at vise måleværdien. Det her beskrevne digital-voltmeter er i stand til at måle spændinger i området 0,00-1,99 volt, området 0,0-19,9 og området 0-199 volt.

Målenøjagtigheden forslår ikke helt til sidste ciffer, hvis man benytter almindelige 5 pct. tolerance modstande ved opbygningen. De helt korrekte værdier, som eventuelt kan udvælges fra flere nominelt ens modstande, står angivet i styklisten. Alligevel kan det godt betale sig at tage sidste ciffer med, selvom der kun benyttes udmålte 5 pct. modstande, da det sidste ciffer giver mulighed for at se mindre ændringer, end man ville kunne se med en maksimal opløsning på kun 0,1 volt.

For at få det færdige instrument til at foretage målingen automatisk, når først det rigtige måleområde og den rigtige polaritet er valgt på omskifterne, er der tilføjet en automatisk nul-stilling på begge tællerne. Nulstillingen foretages ved en impuls fra en Schmitt-trigger firkantgenerator, som ved hjælp af to dioder er bragt til at give en varighed af nulstillingen, som er væsentligt kortere end varigheden af målingen og den efterfølgende udlæsning. Denne Schmitt-trigger firkantgenerator



Det færdige digital-voltmeter.

nulstiller samtidig en flip-flop, der holder styr på det ekstra halve ciffer.

Udlæsningen sker uafhængigt af valget af måleområde via et lysdiode-panel over to dekodere. Det ekstra halve ciffer fås fra menten på den sidste tæller via en flip-flop med to NAND-gates, idet den virker som en hukommelse, der husker om tælleren har givet mente eller ej - det vil sige, om det halve ciffer skal udlæses eller ej. Desuden driver denne flip-hop den del af D/A-omsætteren, der har med det halve ciffer at gøre. Da tallet på udgangen af tælleren altid vil være det samme, nemlig lig måleresultatets cifre uanset område-valget, er der ikke særlige problemer med forbindelse af udlæsningsenhederne. Dekoderen fra side 29-30 kan benyttes helt uændret.

Selve valget af måleområde sker ved hjælp af spændingsdelere, som deler indgangsspændingen ned i intervallet 0-1,99 volt uanset indgangsspændingens faktiske værdi. I det laveste måleområde sker der ingen deling. I det næstlaveste måleområde deles der med 10 og i det højeste måleområde med 100.

Områdevælgeren vælger ud over indgangsspændingsdeling samtidig

hvilket komma i lys-panelet, som skal lyse. I det lave måleområde lyser kommaet efter første ciffer. I det næstlaveste måleområde lyser kommaet efter andet ciffer. I det højeste måleområde lyser intet komma, idet tallet da direkte er spændingen i volt.

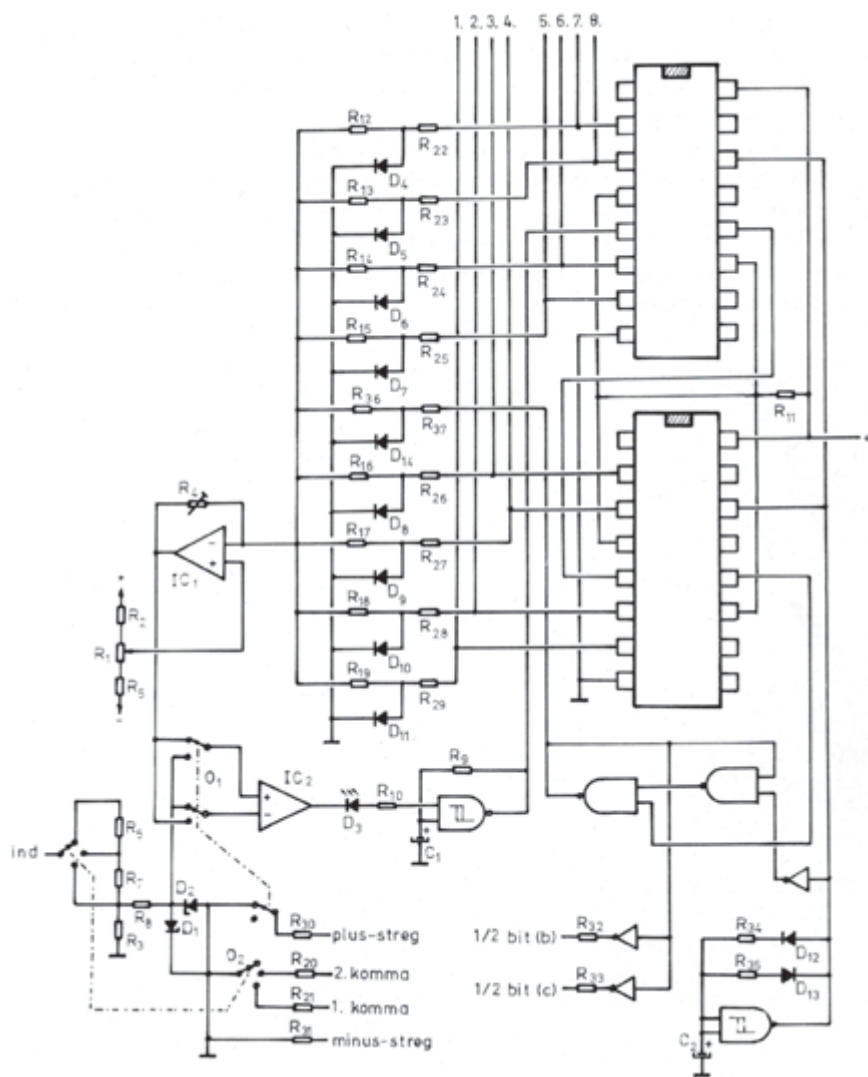
Selvom det er almindelig praksis altid at begynde en måling med måleinstrumentet i det højeste måleområde, kan det jo ske, at indgangsvælgeren kommer til at stå galt. Ved hjælp af nogle dioder er instrumentet sikret mod at operationsforstærkeren brænder af. Hvis polariteten af indgangsspændingen er forkert, så der slet ikke begyndes nogen måling, lyser der konstant en lysdiode D3.

Den praktiske opbygning afhænger af, hvad man vil bruge instrumentet til. Strømforbruget er ret højt, så derfor må netdrift ved hjælp af den modificerede netdel side 21 anbefales. En mindre transformator på ca. 7,5 VA vil være tilstrækkelig til at drive metret.

På forpladen findes trejusteringsmuligheder. Dette er afbryder, polaritetsvælger, områdevælger og nulpunktsjustering. Nulpunktsjusteringen er et potentiometer, der kan forskyde instrumentets måleområde ca. $\pm 0,5$ volt ud fra nul i det laveste område.

Når det samlede instrument skal justeres, behøver man blot at kon-

Diagram over et enkelt digital-voltmeter svarende til A/D-omsætteren side 39 med kredsene 74192. Stykliste: R1 2,2 k Ω potentiometer, R2 3,9 k Ω modstand, R3 47k Ω modstand, R4 2,2 k Ω trimmepotentiometer, R5 3,9 k Ω modstand, R6 4,22 M Ω modstand, R7 422 k Ω modstand, R8 10 k Ω modstand, R9 330 Ω modstand, R10 1 k Ω modstand, R11 1 k Ω modstand, R12 64,9 k Ω modstand, R13 127 k Ω modstand, R14 31,6 k Ω modstand, R15 16 k Ω modstand, R16 4,02 k Ω modstand, R17 7,87 k Ω modstand, R18 2 k Ω modstand, R19 1 k Ω modstand, R20 470 Ω modstand, R21 470 Ω modstand, R22-R29 1 k Ω modstande, R30-R33 470 Ω modstande, R34 100 Ω modstand, R35 330 Ω modstand, R36 499 Ω modstand, R37 1 k Ω modstand, C1 2,2 μ F elektrolytkondensator, C2 2200 μ F elektrolytkondensator, D1-D2 4,7 volt 400 mW zenerdioder, D3 CQY 26 lysdiode, D4-D11 BA 100 silicium-dioder, D12-D3 AA 119 germanium-dioder, D14 BA 100 silicium-diode, IC1-IC2 operationsforstærkere μ A 741, O1 to-polet tre-dobbelt omskifter, O2 tre-polet dobbelt omskifter.



44 Digital-analog

trollere at digital-voltmetret viser korrekt spænding. Det bedste er naturligvis at sammenligne med et godt instrument, der er kalibreret korrekt. Men man kan også justere følsomheden ved hjælp af R4, til udslaget bliver ca. 1,6 volt med et nyt 1,5 volt tørbatteri.

Herefter kan instrumentet benyttes. Målenøjagtigheden er ca. ± 4 pct. med udmålte E96 modstande, noget ringere med usorterede modstande. Indgangsmodstanden 20 k Ω pr. volt i alle områder. Da instrumentets nul er forbundet til kassen, må det ikke anvendes på apparater, som har spændingsførende stel, for eksempel ældre universal-radioapparater eller fjernsyn.

Forsinkelser

Forsinkelse af logiske signaler kan være nødvendig i mange tilfælde. Forsinkelse af logiske signaler kan ske på forskellige måder.

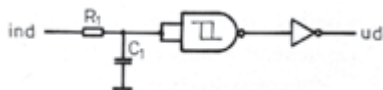
For meget korte impulser og forsinkelser kan benyttes den forsinkelse, som altid vil være i gates. Anbringes et lige antal inverttere efter hinanden, vil signalet på udgangen have samme logiske værdi som indgangssignalet, men være forsinket med antallet af inverttere gange løbetidsforsinkelsen i en invertter - typisk 10 nano-sekunder eller 0,000.000.010 sekund. Seks inverttere giver således typisk 60 nanosekunders forsinkelse.



Eksempel på opbygning af en forsinkelse med TTL-inverttere og de forsinkelser, der kan opnås gennem en sådan kæde.

Impuls-former

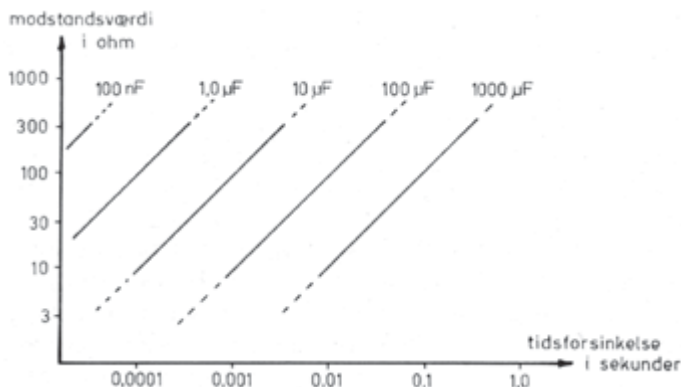
En Schmitt-trigger gate kan i forbindelse med et RC-led benyttes til at give forsinkelse af et logisk signal. Med de spændinger, som normalt



En impuls-former med RC-led og Schmitt-trigger. Stykliste: se kurveskare side 46.

46 Forsinkelser

optræder på udgangene af digitale kredse ved henholdsvis logisk 0 og logisk 1, er det en god tilnærmelse at sige, at forsinkelsen i sekunder er lig kondensatorens værdi gange med modstanden. Dette kaldes også RC-leddets tidskonstant. På kurveskæren er det angivet, hvilke modstandsværdier man skal anvende for at lå en given forsinkelse ved en bestemt kondensatorværdi.

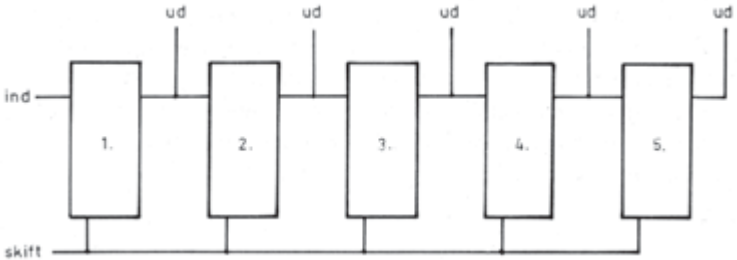


Oversigt over modstandsværdi/kondensatorværdi kombinationer, der kan anvendes ved forskellige ønskede tidsforsinkelser.

Den væsentligste anvendelse af Schmitt-trigger og RC-led sammen er imidlertid rensning af støj fyldte logiske signaler. Støjen vil nemlig ofte være hurtigt varierende støj spidser på signalet. Ved at indskyde et RC-led, som ikke har nogen indvirkning på signalet men heller ikke slipper de hurtige støjspidser igennem (tidskonstanten vælges ca. 0,3-0,4 gange den mindste forventede impuls-varighed), kan signalet renses mærkbart for støj.

Skifte-registre

Et skifte-register er en forsinkelse med indbygget hukommelse i form af flip-flops. Ved hjælp af en ydre firkant-generator kan man styre den forsinkelse, som et signal får på vejen gennem skifte-registret.



Principskema over skifteregister med 5 celler svarende til 7496 (se næste side)

Man kan populært forestille sig et skifte-register som en lang række lager-celler, som det logiske signal alle skal igennem. Der kan for eksempel være 5 sådanne lager-celler i form af flip-flops i en integreret kreds.

Kredsen tager for hver firkant-impuls, som den får ind på sin styreindgang, en prøve af signalet på indgangen og lægger det i den første celle. Indholdet i denne fører den over i den næste celle ved en ny impuls og så videre. Indholdet i den sidste celle fører den ud på udgangen.

Hyppigheden af denne flytning vil sammen med registrets længde bestemme, hvor længe et signal er om at komme igennem skifte-registret. Flere integrerede kredse kan naturligvis sættes sammen for at give skifte-registre af vilkårlig længde. Får et skifte-register et styresignal hvert 100 nano-sekund, vil det med 5 celler betyde en forsinkelse på 500 nano-sekunder eller 1/2 milliontedel sekund.

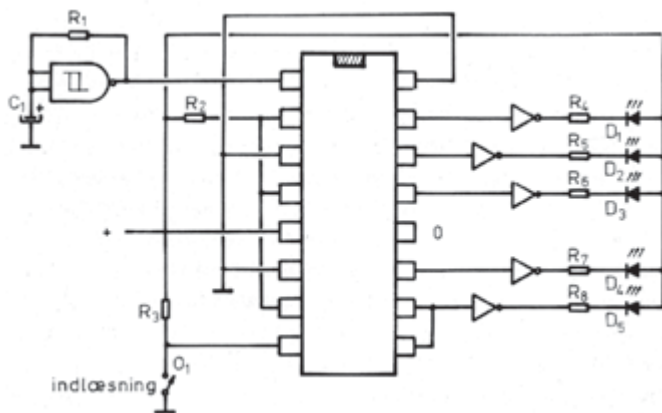
Et skifte-register anvendes som regel på en måde, som kaldes synkron, altså i takt med signalerne i kredsløbet, hvor det indgår, ønsker man at benytte et skifte-register i et kredsløb, hvor man kun har kendskab til den korteste varighed, som en signal-impuls kan have, må afstanden mellem hver styreimpuls være højst 0,3-0,4 gange denne tid. I øvrigt kan skifte-registret som regel benyttes som ellers. Man betaler kun for den manglende synkronisme ved at måtte benytte et skifte-register, der er ca. 2,5-3 gange længere end nødvendigt i et synkront kredsløb.

Man kan opbygge et lille lys-show ved at sætte et integreret skifte-regi-

48 Forsinkelser

stre sammen med udlæsning af hver enkelt position på en lysdiode, som lyser hvis tallet er logisk 1. Inden brugen programmeres skifte-registret ved at sende den ønskede kombination af nuller og 1-taller ind på indgangen. Derefter lukkes sløjfen, og den samme sekvens vil nu løbe henover lysdioderne i den takt, som firkant-generatoren fastsætter. Skift-hyppigheden er her fastlagt til 3 gange per sekund.

Diagram over et enkelt skifteregister-lysshow med kredsen 7496. Indlæsningen i sløjfen sker her med en enkel kontakt i et givet, fast mønster. Strykliste: R1 330 Ω modstand, R2 1 k Ω modstand, R3 1 k Ω modstand, R4-R8 alle 470 Ω modstande, C1 680 μ F elektrolytkondensator, D1-D5 alle CQY 26 lysdioder, O1 en-polet trykbelastet afbryder.



Radiokredsløb

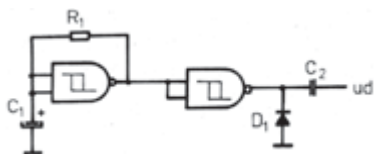
Logiske kredse anvendes efterhånden meget i radio-sendere og radiomodtagere. Det kan måske lyde lidt mærkeligt, men på mange områder er løsninger med integrerede logiske kredse blevet billigere end de traditionelle analoge løsninger, selvom løsningerne med integrerede logiske kredse er meget mere komplicerede, hvis man også medregner kredsens indmad.

Det er især i kommunikations-udstyr og TV-modtagere, at logiske kredse benyttes i større stil. Men efterhånden som teknikken udvikles, vil logiske kredse givetvis få stadig større indpas selv på steder, hvor de ikke giver andre fordele end lavere fabrikationsomkostninger for det færdige apparat.

De tre eksempler, som vises her, er ikke særlig typiske for logiske kredses anvendelse i radiokredsløb. De indgår dog alle på en eller anden måde som en del af de kredsløb med logiske gates, der anvendes i radioteknikken - blot ikke som en selvstændig enhed på samme måde som benyttet her. Skulle man vise eksempler med det ville det næsten være nødvendigt at bygge en hel radio først.

Signal-injektor

En signal-injektor er et fejlfindings-hjælpemiddel, som man kan bruge til at undersøge forstærkere, radiomodtagere og lignende med. I princippet er der faktisk kun tale om en firkant-generator helt mage til den, som tidligere har været omtalt. Den svinger med en frekvens på ca. 1 kHz (tusinde svingninger i sekundet) og efterfølges af en gate, hvis eneste formål er at forme udgangssignalet, så det bliver skarpest muligt. På



Signal-injektor med en grundfrekvens på 1 kHz. Stykliste: R1 330 Ω modstand, C1 2,2 μ F elektrolytkondensator, C2 100 nF foliekondensator, D1 diode AA 119.

selve generatoren er det nemlig en smule afrundet, da udgangen her skal trække RC-leddet i generatoren.

Et firkantsignal indeholder mange overtoner. På udgangen får man derfor ikke bare 1 kHz, men også 3 kHz, 5 kHz, 7 kHz, 9 kHz også videre. På en god modtager skulle det være muligt at detektere overtoner helt op til 10-11 MHz.

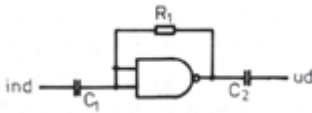
Når man anvender signal-injektoren, begynder man ved højttaler-udgangen med at røre ved forskellige dele i apparatet med spidsen af injektoren, der for eksempel kan indbygges i et stykke elektrikerør. Pas på spændingsførende dele! Herefter arbejder man sig fremefter mod indgangen på apparatet, til signalet ikke længere kan høres. Mellem det sted, hvor signalet sidst kunne høres, og der hvor signalet ikke længere har kunnet fås igennem, er fejlen sandsynligvis.

Det er naturligvis en gevaldig hjælp at vide så meget om elektronik, at man så derefter ved, hvor man skal forsøge at lede for at lokalisere fejlen helt nøjagtigt. Et direkte indgreb i apparatet for at forsøge at reparere det skal man altså ikke prøve på, førend man ved lidt mere om elektronik. Injektoren er dog indrettet sådan, at den kan forbindes næsten til hvadsomhelst i apparatet, uden at det går i stykker.

Forstærker med NAND-gate

Som omtalt i afsnittet om Schmitt-triggeren, kan en almindelig gate godt give et udgangssignal mellem logisk 0 og 1, som ikke er defineret. Med nogle få kunstgreb kan man derfor få en normal NAND-gate af typen 7400 til at fungere som en primitiv forstærker.

Tegningen viser en sådan enkel forstærker. Den kan benyttes til forstærkning af vekselspændinger, for eksempel tale eller musik, hvor man ikke kræver særlig god kvalitet.



Enkel forstærker med NAND-gate.
 Stykliste: R1 560 Ω modstand (må evt. findes ved forsøg), C1 100 nF foliekondensator, C2 100 nF foliekondensator.

Indgangen kan fødes fra en mikrofon, en forforstærker med lille udgangssignal eller lignende, men ikke en almindelig grammofon. Udgangen kan trække en normal forstærker eller et par hovedtelefoner. Derimod kan den ikke direkte trække en højttaler. Forstærkningen er ea. 6 gange.

Flere trin kan kobles sammen efter hinanden som vist. Er der tre trin, fås en samlet forstærkning på ca. 200 gange, nemlig $6 \times 6 \times 6 = 216$ gange eller forstærkningen i de enkelte trin ganget sammen.

Frekvens-synthesizer

Ud fra en vis referencefrekvens kan man ved syntese fremstille en anden frekvens, hvis forholdet mellem den ønskede frekvens og referencefrekvensen kendes og kan realiseres ved hjælp af et tæller kredsløb. Et kredsløb, som kan udføre denne syntese, kaldes en frekvens-synthesizer.

En meget almindelig anvendt måde at få syntetiseret en ny frekvens fra en anden på, er ved hjælp af en faselåst sløjfe. I en faselåst sløjfe indgår som en del af systemet en såkaldt programmerbar deler, der med visse begrænsninger kan bruges selvstændigt til en meget primitiv form for frekvenssynthese, som kan anvendes i blandt andet elektroniske orgler.

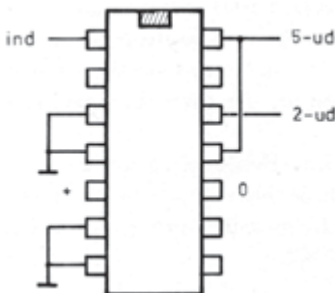


Diagram over en enkel frekvensdeler opbygget med kredsen 7490.

Tidligere i bogen (side 29) er det vist, at en tæller kan anvendes som frekvensdeler, ved at man udtager menten. Man kan koble kredsen 7490 til at virke som symmetrisk 10-deler, hvor den giver lige lang varighed af logisk 0 og logisk 1 i hver periode, som vist på figuren. Sender man derfor en firkantbølge med frekvensen 1 kHz ind på en 10-deler, vil frekvensen på udgangen være $1 \text{ kHz} : 10 = 0,1 \text{ kHz}$ eller 100 Hz (svingninger pr. sekund).

Med en modificeret forstærker svarende til den i forrige afsnit beskrevne, kan man prøve at lytte til signalet før og efter frekvensdeleren. Der kan for eksempel benyttes en lille billig øreprotelefon til aflytningen. Når man lytter efter deleren, bemærker man, at tonen lyder meget dybere end før deleren. Man har fået en ny frekvens af den gamle.

Når den kobles som 10-deler, virker kredsen 7490 i virkeligheden først som 5-deler, hvorefter den deler resultatet med 2 ($5 \times 2 = 10$). Ved at lytte på andre af benene på den integrerede kreds, kan man udtage de to øvrige toner.

Forsøgene kan også gennemføres ved at koble et tællerkredsløb med tilhørende dekodere på både ind- og udgang af delerne, og lade dem tælle på det samme begrænsede antal impulser i et kort interval. Hertil bør benyttes en firkantgenerator med lav frekvens, for eksempel med en elektrolytkondensator på 2200 μF .

Man kan tvinge 7490 til at frekvensdele med andre forhold end 2, 5 og 10. Det kan ske ved at lade tælleren gå tilbage til nul, hver eneste gang den forsøger at overstige et bestemt tal.

Ønskes for eksempel at dele med 8 (binært 1000), kan man lade en NAND-gate føle på de tre sidste cifre. I samme øjeblik, de alle bliver logisk 1, resettes tælleren til 0000 næste gang den får en indgangsimpuls, idet tællesignalet da i stedet ledes til resetindgangen. Man opnår altså at tælle over de decimale tal 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1, 2 og så videre. 7490 er endog konstrueret således, at anvendelse af ydre gates som regel kan undgås.

Virkemåden kan let efterprøves i praksis. Dekoderkredsløbet side 30 sluttes til udgangen, og 1 Hz generatoren, der blev benyttet før, sluttes til indgangen. Tælleren ses da umiddelbart at tælle i ottetals-systemet, eventuelt efter først at måtte tilbage til nul.

Ved hjælp af en digital komparator, kan man få tælleren til at tælle i et valgbart talsystem mellem 2-og 10-tals systemet. Komparatoren skal ikke forklares nærmere her, men den benyttes til samme formål som NAND-gaten og er i stand til at se, om tallet på dens indgange svarer til tallet på tællerens udgange.

Programmerer man derfor et 4-tal i BCD-kode ind på en komparator, vil den give logisk 1 på udgangen, når alle bits er parvis ens. Man kan i handelen få små omskiftere, der direkte giver BCD-koden ud, når man stiller dem på et bestemt decimal-tal på deres skala.

Bil-elektronik

Der kan fremstilles mange sjove opstillinger til bilbrug ved hjælp af logiske kredse. Her er det valgt at koncentrere sig om en helt enkel konstruktion, der kan bruges til at kontrollere lyset på bilen. På markedet findes imidlertid også en række specielle logiske kredse beregnet til biler med langt mere avancerede funktioner, der især tager hensyn til bilkonstruktørernes behov.

Da en bil ikke er den ideelle omgivelse for elektronik, bør man efter den endelige opbygning indkapsle hver opstilling med Araldit eller et lignende materiale. Der kan blandes ret store mængder fyldstof, for eksempel tørt savsmuld, i ved fremstillingen af indkapslingen, som bør udføres i et rum med lav absolut luftfugtighed.

Til at give de ydre forbindelser kan benyttes en nylon-klemrække. Den side, der efter indstøbningen sidder inde i kassen, påloddet de indvendige forbindelser. Den anden side, som sidder frit efter indstøbningen, benyttes til påskrining af de ydre forbindelser. Ønsker man at benytte spadebøsninger, kan der fås spadestik-rækker, som kan benyttes på lignende måde. De er som regel lettere at have med at gøre ved den indvendige pålodning end klemrækkerne er.

Automatisk lys-alarm

Denne lille konstruktion anvender en spændingsregulator til at omdanne bilens 12 volt batterispænding til de 5 volt driftsspænding, som den indgående Schmitt-trigge NAND-gate kreds behøver.

Enheden giver alarm i det øjeblik, man lukker døren op og forlader bilen med lys på, med en diskret lille hyletone på ca. 4 kHz. Så snart

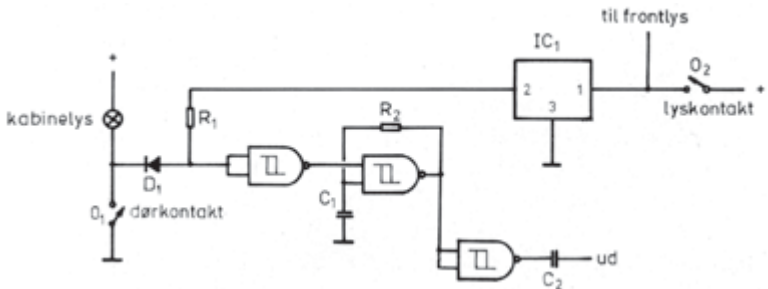
døren lukker, ophører hyletonen igen. Hvis man derfor har ladet bilens lys være tændt med forsæt, står alarmgiveren altså ikke og hyler hele tiden.

Som informationsgivere til enheden benyttes spændingen til køre- eller positionslyset, og spændingen over dørkontakten til kabinelyset. Ønsker man kun alarm for kørelyset (nær- og fjernlys), skal styrespændingen udtages umiddelbart inden nedblændingskontakten. Ønsker man alarm for både køre- og positionslys, skal spændingen tages fra forsyningen til positionslyset. Positionslyset skal nemlig være tændt uanset om der måtte være kørelys på, og derfor er lyskontakten indrettet, så der altid er spænding til positionslyset, når kørelyset er tændt.

Kabinelyset er indrettet på en speciel måde. Her er der nemlig spænding på kabinebelysningen hele tiden, uanset om døren er lukket op eller ej. Imidlertid er der kun returledning (stelforbindelse), når døren er åben. Derfor vil spændingen over dørkontakterne være 0, når døren er åben. Ellers vil den være bilens batterispænding, der er 12 volt.

Kredsløbet er derfor indrettet på den måde, at den logiske kreds og dermed hylegeneratoren kun får spænding, når bilens lygter er tændt. Hylegeneratoren er en helt normal firkantgenerator, som svinger på ca. 4 kHz, efterfulgt af en NAND-gate som buffer. Bufferen trækker en lille ørepropelefon, der rager ud over indstøbningsmassen.

Diagram til automatisk lysalarm opbygget med Schmitt-trigger NAND-gates.
 Stykliste: R_1 1 k Ω modstand, R_2 330 Ω modstand, C_1 470 nF foliekondensator, C_2 100 nF foliekondensator, D_1 diode AA 119, IC_1 spændingsregulator 7805, O_1 kontakt eller kontakter i bildøre, O_2 lyskontakt til nær- og fjernlys eller positionslys.



Til at trække styreindgangen på firkantgeneratoren anvendes en NAND-gate. Er styrespændingen til den lig logisk 0, vil generatoren kunne svinge. Det er netop tilfældet, hvis den forbindes over dørkontakterne i bilen, når døren åbnes. Generatoren vil så hyle på det ønskede tidspunkt.

Da spændingen på indgangen ikke må overstige de 5 volt, som gaten forsynes med, er der indsat en diode. Den vil spærre, så snart spændingen på dørkontakten overstiger 5 volt. I stedet vil modstanden over indgangen på NAND-gaten til plus påtrykke den logisk 1. Er spændingen over karmkontakten lavere (altså 0 volt svarende til logisk 0), løber der strøm fra modstanden gennem dioden til stel. Dioden er derfor ikke mere spærret, og indgangen til gaten ligger på logisk 0. På grund af dioden vil der ikke blive tappet strøm fra batteriet, når lyset er slukket på bilen.

Nyttige formler og tabeller

Definitioner

Spænding U måles i volt (V)

Strøm I måles i ampere (A)

Modstand R måles i ohm (Ω)

Effekt P måles i watt (W)

Frekvens f måles i hertz (Hz)

Kapacitans C måles i farad (F)

Præfix

mega (M)	gang med	1.000.000	= 10^6
kilo (k)	gang med	1.000	= 10^3
milli (m)	gang med	0,001	= 10^{-3}
mikro (μ)	gang med	0,000.001	= 10^{-6}
nano (n)	gang med	0,000.000.001	= 10^{-9}
piko (p)	gang med	0,000.000.000.001	= 10^{-12}

Fællesdata for 7400-serien

Logisk 0: maks. 0,8 volt, typisk 0,2 volt

Logisk 1: min. 2,0 volt, typisk 3,3 volt

Forsyningsspænding: + 5 volt \pm 0,25 volt, maks. + 7 volt

Indgangsspænding: maks. 5,5 volt på logiske indgange

Temperaturområde: 0-75 °C

Ohms lov

$U = R \times I$ - omskrivninger $R = U : I$ og $I = U : R$

BCD-koden

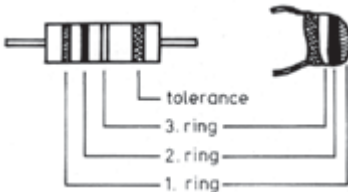
Decimaltal	BCD-kode
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	0001 0000
11	0001 0001
12	0001 0010
.	
.	
.	
99	1001 1001
100	0001 0000 0000
.	
.	
101	0001 0000 0001
110	0001 0001 0000
111	0001 0001 0001
112	0001 0001 0010
.	
.	
.	

Komponenter og komponentkoder

De komponentsymboler, der er benyttet i denne bog, er vist på tegningen. På listen er ikke angivet logiske symboler.

Ved kodemærkning af modstande og kondensatorer benyttes farvede ringe eller punkter. På kondensatorer, der er mærket ved dypning, løber naboringene ud i et hvis de har samme kulør. På modstande er mærkningen i ohm (Ω), på kondensatorer i pikofarad (pF). $1 \text{ nF} = 1000 \text{ pF}$. $1 \mu\text{F} = 1.000.000 \text{ pF}$. Ved små tolerancer (digitalvoltmetret) benyttes en ekstra ring til angivelse af de betydende cifre.

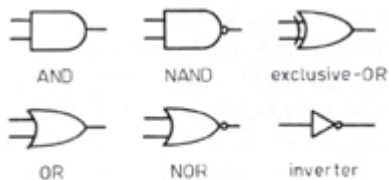
Farve	1. ring	2. ring	3. ring	4. ring (tolerance)
sort	0	0		
brun	1	1	0	$\pm 1 \text{ pct.}$
rød	2	2	00	$\pm 2 \text{ pct.}$
orange	3	3	000	
gul	4	4	0000	
grøn	5	5	00000	
blå	6	6	000000	
violet	7	7		
grå	8	8		
hvid	9	9		
intet				$\pm 20 \text{ pct.}$
sølv			x 0,01	$\pm 10 \text{ pct.}$
guld			x 0,1	$\pm 5 \text{ pct.}$



Mærkning af komponentværdier med farvekoder.

Logiske symboler

En kort oversigt over de gate-symboler og de tilhørende sandhedstabeller er givet nedenfor.



Oversigt over de grundlæggende gate-symboler.

Indgange		Udgang				
A	B	AND	NAND	OR	NOR	Excl.-OR
0	0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	0	0

Når indgangene A og B har de angivne værdier, bliver udgangen på de forskellige gates som vist her.

Register

- Adder 25
-, full- 25
A/D-omsætter 38-40, 40
alarm, lys- 54
ampere 57
analog-digital omsætter 38-40, 40
AND-gate 9, 14
Araldit 54
- Batteriforsyning 17-18
BCD-kode 25, 53, 58
bil-elektronik 51-56
binær kode 30, 32
binært kodet decimalrepræsentation (BCD-kode) 25, 53, 58
blanking 32
- Cifferudlæsninger 17, 29-30
CMOS-kredse 8
D/A-omsætter 36-39
dekoder, LED- 29-30
differential-forstærker 20, 21, 39
digital-analog omsætter 36-39
digital-voltmeter 17, 37-38, 42, 56
dioder 17, 37-38, 42, 56
-, lys- 17
- Effekt 57
ensretter 19
exclusive-OR gate 14-15, 25
- Firkant-generator 22, 49-50, 52
flip-flops 26-27, 27
- forsinkelse 9, 45, 45-48
forstærkere 20-22, 50-51
forsyningsspændingskrav 7, 21, 57
frekvens 22, 57
-syntese 51-53
full-adder 25
- Gate 7
-kombinationer 14
-symboler 8, 60
- hertz 57
hjælpekredsløb 16-22
hysteres 12
Hz (hertz) 57
- Impuls-former 45-46
inverter 9
- Kapacitans 57
kilo 57
klemrække 54
kodning, komponent- 59
komparator 39, 40
-, digital 53
komponenter, diskrete 16
kondensatorer 17, 22
kortslutning 18
kredsløb, additions- 24-26, 32-33
kredsløb, logiske grund- 23-30
køleplade 18
- LED-roulette 31-35

62 Register

- logisk 0 11, 57
- 1 11, 57
- logiske niveauer 11, 57
- lov, Ohms 58
- lys-alarm 51
- lys-dioder 17
- lys-show 48

- mega 57
- mente 25
- metalkasse 18
- mikro 57
- milli 57
- modstand, termisk 18
- modstande 16-17, 22
- multipleksning 30
- multivibrator, bistabil 26

- NAND-gate 10-12, 14
- nano 57
- netdrift 18-20
- NOR-gate 13, 14

- ohm 57
- Ohms lov 58
- operationsforstærker 20
- OR-gate 12, 14

- piko 57
- polaritet 42
- positiv logik 7
- præfix 57

- Radiokredsløb 49-53
- RC-led 22, 24, 45-46
- Sandhedstabeller 60
- sandsynligheds-tabel 34-35
- Schmitt-trigger 11, 23

- signal-injektor 49-50
- sikring 18, 21
- skifte-registre 46-48
- sløjfe, faselåst 51
- special-tegn 30, 31
- spænding 18, 57
- sregulator 18, 19, 55
- SR flip-flop 26-27
- støj 22, 28, 46
- strøm 57
- forsyning 17-22
- summator 37
- symboler, komponent- 17, 59
- synkronisme 46-47

- Ti-deler 29
- ti-tals system 24, 25, 32
- tidskonstant 46
- tolerancer, komponent- 59
- to-tals system 24, 25
- transformator 18, 21
- TTL-kredse 7, 8
- tværsums-beregner 32-35
- tæller, dekade- 27-29
- tællere 27-29, 31-32, 52, 53
- tærskelspænding 24

- Univérsal-printkort 5

- Viser-instrument 39
- volt 57

- watt 57

- øreprotelefon 52
- 7400-serien, fællesdata for 57

- Ω 57

Byg med digitale kredse

er skrevet for den, der ønsker at opnå praktisk erfaring i brug af digitale integrerede kredse. Bogen viser med en lang række eksempler, hvordan forskellige opstillinger kan bygges op. Opstillingerne er samtidig type-eksempler på anvendelsen af den meget udbredte standard-serie af digitale kredse, 7400-serien. I denne bog er vægten lagt på den praktiske brug af digitale kredse.

Teorien og beregningsteknikken for opstilling af logiske kredsløb findes ikke her, men er beskrevet i detaljer i en anden Clausen-bog af samme forfatter: *Digital-teknik*.

		1 ring	2. ring	3. ring	4. ring
	sort	-	0	-	
	brun	1	1	0	
	rød	2	2	00	
	orange	3	3	000	
	gul	4	4	0000	
	grøn	5	5	00000	
	blå	6	6	000000	
	violet	7	7		
	grå	8	8		
	hvid	9	9		
	sølv			x 0,01	± 10%
	guld			x 0,1	± 5%

