

INNFØRING I ELEKTRONIKK

Sigurd L. Limtun og Tore Sjøvold

Dette er en kortfattet oppdatering i elektronikk beregnet på lesere som har glemt tidligere skolepensum og innføring i en del nyere begreper.

Elektrisk strøm

Elektrisk strøm er per definisjon transport av elektrisk ladning. Strømmen oppstår når det er en elektrisk potensialforskjell (spenning) mellom forskjellige punkter i en leder.

Ladningen bæres enten av elektroner (i faste stoffer) eller av ioner (i vannbaserte løsninger, elektrolytter).

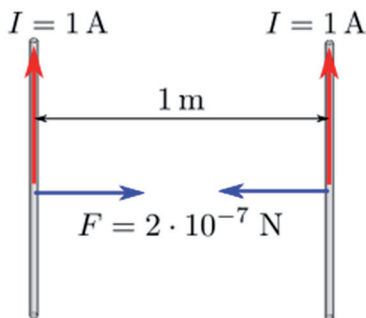
Strømmens størrelse kan defineres enten elektrostatiske, ved den elektrisitetmengde som passerer et tverrsnitt av lederen per sekund, eller elektromagnetisk, ved kraftvirkninger som skyldes strømmens magnetfelt.

Omkring en strømførende leder dannes et magnetfelt med feltlinjer som er lukkede kurver og omslutter lederen.

SI-enheten for elektrisk strøm er **Ampere**, kalt strømstyrke.

Definisjon på 1 ampere: «To parallelle og uendelig lange, rette, tynne ledere er plassert i vakuum med innbyrdes avstand én meter. Det går samme strøm i begge lederne. Dersom de påvirker hverandre med en lineær kraft på 2×10^{-7} newton per meter leder, er strømmen én ampere».

Ampere oppgis som regel i hele ampere (A) eller milliampere (mA).



Figur 1. Definisjon på ampere

Når en ladning Q passerer en snittflate på tiden t , er strømstyrken gitt ved (1):

$$I = \frac{Q}{t}$$

1 ampere kan også defineres som 1 coulomb per sekund. 1 coulomb tilsvarer et overskudd på $6,24 \times 10^{18}$ elektroner.

Enheten er oppkalt etter den franske fysikeren André Ampère (1775–1836).

Strømmens retning (både klassisk og teknisk) ble fastlagt før vitenskapen visste hva som egentlig bærer ladninger, eller elektrisk strøm. Den fastla positive ladningsbærere som flyter fra kildens plusspol gjennom lasten og inn i kildens minuspol. Denne innstillingen og de tilhørende definisjoner var det ingen grunn til å endre på etter at det ble oppdaget at det i virkeligheten er negativt ladde elektroner som er ladningsbærerne; definisjonen fører ikke til feil på noen måte. Nå som før brukes den klassiske strømretningen i analyser av koblinger. Det er alltid denne strømretningen som menes hvis ikke annet uttrykkelig er sagt. Fortegnet til elektronets ladning følger av strømretningens definisjon.

Strømretningen ble fastlagt av amerikaneren Benjamin Franklin (1706 - 1790).

Elektrisk strøm kan klassifiseres som **likestrøm** eller **vekselstrøm**. Likestrøm er ideelt sett en elektrisk strøm som oppviser en konstant strømstyrke og har en uforanderlig strømretning. Vekselstrøm er en elektrisk strøm som periodisk skifter retning (50 Hz; 50 svingninger per sekund) slik at summen av øyeblikksverdiene over tid er null.

I praksis er elektrisk strøm ofte en blanding av likestrøm og vekselstrøm, og når likestrømsandelen dominerer blir strømmen kalt likestrøm. Den har da uforanderlig strømretning, men varierende strømstyrke. Når strømstyrken varierer svært sterkt, kalles den pulserende likestrøm. Likestrøm brukes også om en strøm som har en tidvis

varierende verdi, men som ellers er konstant over et tidsrom.

Batterier er likespenningskilder og kan derfor produsere likestrøm til en elektrisk ledende last (ofte en motstand eller glødelampe). Likerettere brukes til å danne likestrøm fra en vekselstrømskilde, eller likespenning fra en vekselspenningskilde. Internasjonalt brukes betegnelsen «DC» (direct current) i motsetning til «AC» for vekselstrøm (alternating current).

Elektrisk strøm i forskjellige materialer

I *metaller* består strømmen av frie elektroner som beveger seg når de utsettes for virkningen av et elektrisk felt i lederen. Det er den negative ladningen som beveger seg, mens den positive er bundet til atomene i metallens krystallgitter. Bevegelsen foregår altså motsatt av den definerte strømretningen.

I *elektrolytter* skyldes strømmen positive ioner som beveger seg i strømretningen og negative mot strømretningen.

I *gasser* kan strømmen dels skyldes elektronbevegelse, dels ionebevegelse. Som regel vil det her være elektronbevegelsen som dominerer fordi de lette elektronene beveger seg mye raskere enn ionene.

Elektrisk strøm kan også skyldes bevegelse av elektrisk ladede legemer, f.eks. små partikler i en væske- eller gasstrøm, og kalles da *konveksjonsstrøm*.

Selvinduksjon og elektromagnetisme

Selvinduksjon

Selvinduksjon er det fenomen som fører til at når man varierer strømstyrken i en leder vil også magnetfeltet rundt lederen variere. Variasjonen i magnetfeltet vil indusere en motspenning som søker å motvirke variasjonen i strømstyrken. Selvinduksjon måles i Henry (H). 1H vil si at en strømvariasjon på 1 Ampere pr. sekund vil indusere en spenning på 1 Volt. Særlig høy selvinduksjon finner man i elektriske spoler. En spole er en ledning lagt i regelmessige vindinger rundt en kjerne. Spolens styrke (H) øker med antall vindinger. Hver vinding kan betraktes som en liten, ringformet elektromagnet.

Magnetfeltet i vindingens sentrum øker jevnt med antall vindinger. Hvis kjernen består av jern, vil magnetfeltet, og spolens selvinduksjon (H), øke betraktelig.

Legges 2 spoler ved siden av hverandre, vil forandringer i magnetfeltet i den ene indusere spenning og dermed strøm i den andre. Man får en transformator. Effekten blir betydelig øket hvis spolene har en felles jernkjerne som leder det magnetiske kraftfelt. Spenning som går inn og ut av en transformator vil stå i forhold til antall viklinger i de 2 spoler (Har spole nr 2 det dobbelte antall viklinger, blir spenningen fordoblet). Transformator fungerer bare ved vekselstrøm.

Det er ingen direkte kontakt mellom de 2 spolene og likestrøm vil derfor ikke passere. Transformator kobling kan derfor benyttes hvis man vil beskytte pasienter mot overslag av strøm (f.eks. defibrillerings-sjokk). Dette betegnes gjerne som «flytende inngang».

Elektromagnetisk stråling

Elektromagnetisk stråling kan oppfattes som bølger, derfor kalles det også *elektromagnetiske bølger*. Når de treffer en elektrisk leder vil det derfor oppstå elektrisk strøm i denne. Lederen blir en antenne. Enhver elektrisk leder vil kunne fungere som antenne (en ordinær radioantenne krever en feltspenning på ca. 2 mV pr. meter).

Elektromagnetisk stråling anvendes i mange menneskeskapte innretninger og teknologier – for eksempel til å overføre TV og radiosendinger. samt trådløse datanett og mobiltelefoni. Elektromagnetisk stråling benyttes også for å varme mat i mikrobølgeovner (som har vist seg å interferere med trådløse datanett). Alle strømførende ledere omgir seg med et magnetisk felt. Feltets størrelse øker med størrelse på strømmen og minsker med avstanden til støykilden. Det er liten tvil om betydningen av elektromagnetisk stråling for universet slik vi kjenner det. Den kosmiske bakgrunnsstrålingen er nok et eksempel på elektromagnetisk stråling.

Elektromagnetisk forstyrrelse (eller EMI, også kalt radiofrekvensforstyrrelser eller RFI) er en (vanligvis uønsket) forstyrrelse som påvirker en elektrisk krets på

grunn av elektromagnetisk stråling fra en ekstern kilde. Kilden kan være et hvilket som helst objekt, naturlig eller kunstig, som har hurtigskiftende elektriske strømninger, slik som en elektrisk krets, solen eller nordlys. Når et apparat eller system blir forstyrret i sin funksjon i det elektromagnetiske miljøet det er ment å fungere i, kaller vi fenomenet elektromagnetisk interferens, EMI.

Når et apparat eller system derimot er installert på en slik måte at det fungerer uforstyrret i sitt elektriske miljø, og heller ikke forstyrrer annet elektrisk utstyr, har vi elektromagnetisk sameksistens eller elektromagnetisk kompatibilitet, EMC. Et elektrisk apparats eller utstyrs grad av elektromagnetisk kompatibilitet består av to hovedkomponenter, immunitet og emisjon. *Immuniteten* er apparatets evne til å motstå elektriske forstyrrelser fra andre apparater eller naturlige kilder, det være seg ledningsbundet støy via nettleidninger og signalkabler, eller innstrålte elektromagnetiske bølger. *Emisjon*, eller utstråling, vil si i hvilken grad apparatet sender ut støy via tilkoblede ledninger og i form av elektromagnetiske bølger. Høy grad av elektromagnetisk kompatibilitet vil si høy immunitet og lav emisjon.

Pacemaker/ICD og EMI

En pacemaker- eller ICD-elektrode er som en antenne og kan plukke opp støy fra eksterne elektromagnetiske kilder.

En bipolar elektrode vil være mer immun mot EMI enn en unipolar elektrode.

Pacemakere og ICD har et båndpassfilter som skal filtrere bort signaler som ikke kommer fra hjertet, men elektromagnetisk interferens kan være et problem hvis pasienten kommer nær kraftige elektromagnetiske kilder, som store transformatorer, sendeutstyr for kommunikasjon (antenner), høyspentmaster, elektrisk sveiuststyr, elektromotorer, osv.

Pacemaker/ICD produsenten har anbefalte avstander til de mest vanlige kilder for EMI, som kan fås på forespørsel.

Støy som sees av en pacemaker kan tolkes som et signal fra hjertet og holde tilbake (stoppe) pacing.

Støy som sees av en ICD vil holde tilbake pacing og vil i tillegg kunne gi pasienten sjokkterapi som ikke er berettiget.

Ohms lov

Ohms lov er en observasjon av metallers ledningsevne. Den tyske fysikeren og matematikeren Georg Simon Ohm oppdaget at spenningen over en metallisk leder ved konstant temperatur er proporsjonal til strømmen gjennom den, dvs. når spenningen doubles, doubles også strømmen.

Denne loven sier at den elektriske spenningen U over endepunktene av en leder er proporsjonal med strømstyrken I gjennom lederen, altså at

$$U = \text{konstant} \cdot I$$

Proporsjonalitetskonstanten kalles lederens elektriske resistans og betegnes med R . Dermed kan Ohms lov skrives:

$$U = R \cdot I$$



Figur 2. Ohms lov

Loven ble funnet av Georg Simon Ohm i 1826 og gjelder med god tilnærming for metalliske ledere ved konstant temperatur.

Formelen gjelder bare for likestrøm når R er konstant for konstant temperatur. For vekselstrømkretser brukes en tilpasset form av Ohms lov der det tas hensyn til at impedansen for kondensatorer og spoler er frekvensavhengig.

Den elektriske motstanden fører til energitap i , eller oppvarming av lederen. Energitalpet i en Ohmsk motstand er gitt ved $P = U \times I$, hvor P er effekt (energitilførsel per tidsenhet), målt i Watt (W). Temperaturøkningen fører for det meste til økt verdi for R i metalliske ledere.

Eksempel på Ohms lov:

Du sitter med et lite kretskort med et par motstander på til sammen 500Ω . Du vet at kretsen har en spenningskilde på $12V$,

men ønsker å vite hvor mye strøm det går ut fra spenningskilden uten å dra frem multimeteret.

For å finne ut dette kan man sette opp følgende regnestykke:

$$12(\text{V}) / 500(\Omega) = 0,024\text{A} = 24 \text{ mA} (I = U / R)$$

Elektrisk konduktans og resistans

Elektrisk konduktivitet er et mål på et stoffs evne til å lede elektrisitet. Målet for elektrisk konduktivitet ρ (den greske bokstaven rho) er *siemens per meter*, oppkalt etter den tyske ingeniøren *Werner von Siemens*, grunnleggeren av bedriften Siemens.

Konduktansen for et velformet stykke materiale (for eksempel en jevn tråd) av stoffet blir (2):

$$G = \rho \cdot \frac{A}{l}$$

hvor

l er stykkets lengde i meter

A er stykkets areal (tverrsnitt) i kvadratmeter

G er konduktansen i Siemens, S eller Mho (Ohm baklengs)

Resistivitet er en materialegenskap, eksempelvis for materialer som vi lager motstander som komponenter av. Resistivitet er definert som resistansen i et materialstykke med lengde 1 meter og tverrsnitt 1 m^2 . Vanlig symbol for resistivitet er ρ og SI-enhet er Ohm-meter (Ωm). Også her brukes ρ som symbol, noe som kan være forvirrende. Temperaturen har som regel innflytelse på resistiviteten. Motstandsverdien øker med stigende temperatur for de aller fleste stoffer. 20 grader celsius blir ofte brukt som referansetemperatur ved spesifikasjon av resistivitetsens verdi.

Resistansen til et stykke materiale er gitt av (3)

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

hvor

l er stykkets lengde i meter

A er stykkets areal (tverrsnitt) i kvadratmeter

Resistiviteten har en enorm spennvidde for forskjellige materialer. Vi grupperer materialer i denne sammenheng som ledere, halvledere og isolatorer. Metaller som sølv, kobber, gull, aluminium og wolfram er gode ledere. De beste ledere har verdier nær $10^{-8} \Omega\text{m}$, mens isolatorer er å finne rundt $10^{16} \Omega\text{m}$.

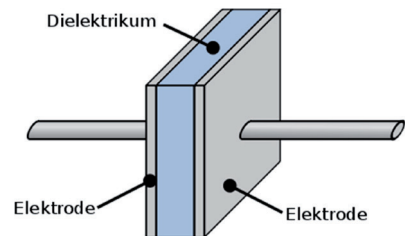
Av formlene over ser man at konduktans er den inverse størrelsen til resistans (4).

$$G = \frac{1}{R}$$

Kondensator

En kondensator er en elektrisk komponent som er fremstilt for å oppvise en elektrisk kapasitans. Kapasitans er en fysisk egenskap som gjør at elektrisk energi lagres i rommet mellom to elektriske ledere. Rommet mellom lederne sies da å oppvise et elektrisk felt. Feltet settes opp av den elektriske spenningen som ligger mellom lederne, og feltet inneholder energien. Feltet fører til at lederne tiltrekkes av hverandre med en kraft gitt av spenningen og geometrien. Vakuum kan inneholde et slikt felt; det er ikke avhengig av tilstedeværelse av stoff (atomer).

Enhver kapasitans karakteriseres av



Figur 3. Kondensator

mengden ladning som må til for å danne en gitt spenning mellom lederne. Kapasitansen C måles i Farad [F] (som er lik Q/U , Coulomb/Volt). Kapasitansen øker med ledernes felles areal og er omvendt proporsjonal med avstanden mellom dem. Eldre kondensatorer er merket med kapasitans målt i avstanden cm, hvor 1 cm tilsvarer 1,113 pF. Målesystemet er da CGS.

Rommet mellom lederne kan bestå av luft, vakuum eller et isolerende fast stoff,

i spesialtilfeller også væsker og gasser. Slike stoffer øker alltid kapasitansen i forhold til i vakuum. Endringen er en fysikalsk egenskap for stoffet som vi kaller permittivitet eller (tidligere) *dielektrisitetskonstant*. Stoffet selv kalles et dielektrikum og permittiviteten måles som faktoren av kapasitansens endring i forhold til i vakuum, med den samme geometrien.

Elektrolyttkondensatorer

For å oppnå store kapasitetsverdier på små volum er det tre veier å gå: 1) Å bruke et materiale med svært høy permittivitet (dielektrisitetskonstant). 2) Å få ned avstanden mellom platene. 3) Å få opp platenes arealer. Den første metoden brukes blant annet i små, moderne, overflatemonterte komponenter med høypermittive keramiske stoffer. De er ikke elektrolyttkondensatorer. De to siste metodene er samtidig i bruk i såkalte elektrolyttkondensatorer (figur 4). En elektrolytt er en løsning av et stoff som i vann spaltes i ioner som en syre eller base, og som derfor leder elektrisk strøm godt. Flatene er gjort svært skrukete, eller matte, ved etsing for å øke den effektive overflaten. Kondensatorer fremstilt på denne måten er polariserte; de tåler likespenning i kun en gitt retning. Feilpolarisering vil kunne skade komponenten permanent. Tilkoplingene er merket med + og -. Strøm gjennom kondensatoren kan gå i begge retninger

SMD-kondensatorer

Moderne kondensatorer fremstilles for å loddes direkte på printkortets overflate, de har altså ingen tilledninger. De lages så små som mulig. Materialet for ikke-elektrolytter er alltid keramisk og kondensatoren er



Figur 4. Elektrolyttkondensatorer

bygd opp med mange tynne stablete sjikt. Elektrolyttkondensatorer baserer seg på transisjonsmetallet *tantal*, et grunnstoff.

Ellers er parametere som kapasitetsvariasjon med tilført spenning viktig fordi den sier noe om hvor mye forvrengning kondensatoren kan innføre. Frem til nylig (2008) var det ikke mulig å lage klasse 1 SMD kondensatorer med verdier over cirka 4.7 nF. Nylig er det imidlertid kommet små klasse 1 kondensatorer på markedet, med verdier opp til cirka 220 nF i 25 og 50 V utførelser. Typisk blir klasse 2 kondensatorer brukt til avkoplinger og andre ukritiske formål, mens klasse 1 brukes i signalveier og for stabil tidsstyring.

Praktisk bruk av kondensatoren

Kondensatoren har mange bruksområder i elektronikken.

Defibrillator

I en defibrillator må det brukes en kondensator som kan lades opp med en høy energi for så å levere dette i en kort puls til elektrodene på pasienten.

Glatting

Elektrolyttkondensatorer blir brukt i kraftforsyninger for å jevne ut den likerettede spenningen slik at likespenningen opprettholdes mellom hver halvperiode.

Fasekompensering

Kondensatorer blir koblet inn sammen med induktive laster som f.eks. lysstoffrør eller elektriske motorer, for å oppheve faseforskyvningen mellom strømmen og spenningen. I en induktiv last, vil det oppstå en induktiv strøm som ligger 90 grader før den resistive strømmen, mens i en kapasitiv last vil den kapasitive strømmen ligge 90 grader etter den resistive strømmen. Ved å koble disse to kretsene sammen, opphever de faseforskyvningen til hverandre, slik at den resulterende strømmen vil ha mindre faseforskyvning fra spenningen og den resistive strømmen.

Koblingskondensator

Siden kondensatoren ikke har galvanisk forbindelse mellom platene, blokkerer den for likestrøm. Frekvensavhengig leder den

vekselstrøm. Kondensatoren blir derfor brukt til å separere ut et AC-signal som ligger på toppen av en likespenning, slik at man får et signal som varierer rundt null. Kondensatoren kan likeledes brukes til å legge et symmetrisk AC-signal på toppen av et knutepunkt som oppviser en likespenning. Det sistnevnte er typisk for en inngang, det førstnevnte for en utgang av et forsterkertrinn.

Tidsforsinkelse

I elektronikken blir kondensatoren brukt som en tidsforsinkelse ved å koble den i serie med en motstand. Ved å variere verdien på kondensatoren og/eller motstanden, kan man bestemme hvor lang tid det skal ta før kondensatoren har ladet seg opp til et visst spenningsnivå. Tiden det tar fra kondensatoren har ladet seg opp fra 0 V til 63 % av forsyningsspenningen kalles tidskonstanten og regnes ut ved $t = R \times C$ der R er motstandens resistans i Ohm og C er kondensatorens kapasitans i Farad. Etter 5 tidskonstanter sier man at kondensatoren er fulladet. Den samme formelen kan også brukes om utladningen av kondensatoren. Den vil da på et tidskonstant lade seg ut til 37 % av den opprinnelige spenningen, og etter 5 tidskonstanter vil den være helt utladet (0,67 %).

Halvledere, dioder og transistorer

Halvledere

Halvledere er stoffer som ikke er gode elektriske ledere i ren form, men som under visse omstendigheter vil kunne lede strøm godt.

Atomene i en halvleder låner bort elektronene i sine ytterste elektronskall til naboatomene, slik at atomene fyller opp hverandres ledige elektronplasser i de ytterste skallene. Dermed er alle ytterskallelektronene involvert i bindingene mellom atomene, og det er ingen igjen som kan bevege seg fritt. Når elektroner ikke kan forflyttes innen stoffets omfang, sier vi at stoffet ikke kan lede strøm, og stoffet er da en isolator.

Halvledere vil kunne lede noe strøm hvis de varmes opp, eller det settes på en

tilstrekkelig høy ytre spenning som river løs elektroner med makt. Annerledes er det hvis halvlederstoffet målrettet forurenses med små mengder andre grunnstoffer i fremstillingsprosessen, en prosess som kalles **doping**. De forurensende stoffene forstyrrer halvlederens lokale elektronbalanse og gir halvlederen enten et overskudd eller et underskudd av elektroner, alt etter hvilket grunnstoff halvlederen forurenses med. Elektronene som stammer fra forurensningen kan forflytte seg over hele stoffet, som altså slik er blitt til en leder. Når forurensningen er slik at det er oppstått underskudd av elektroner, vil elektroner fra naboatomer kunne flytte seg til de ledige plassene som er oppstått. Også denne mekanismen virker over hele stoffets omfang.

Dopingen foregår helst ikke ved fremstillingen av selve råmaterialet, men i fremstillingsprosesser under danningen av komponenten selv. Ofte blir dopingstypen endret av prosestetniske årsaker, for eksempel fra P til N ved at en ny doping overstyrrer den forrige. Doping kan foregå ved bestråling med atomer i vakuum eller ved å la halvlederen ligge i en egnet atmosfære over en tid, med styrt trykk, temperatur og konsentrasjon. Deler av komponenten maskeres midlertidig i de områder som ikke skal endres.

Plassene der det er underskudd av elektroner kalles for hull. Hull kan slik betraktes som egne positive ladningsbærere.

Det mest vanlige halvledermaterialet er i dag silisium (Si), som er utgangspunktet for mange moderne elektronikkomponenter som transistorer og dioder. Tidligere ble germanium (Ge) mye brukt.

Karbon (C) i diamantform er også en halvleder. Diskrete motstander er ofte laget av karbon. De nevnte halvlederne står under hverandre i Periodesystemet, og har 4 elektroner hver i sine ytterste skall. Noen få andre typer halvledere kan dannes ved å sette sammen flere grunnstoffer, som for eksempel Galliumarsenid (GaAs). Vann er også en halvleder.

Dioder

En halvleder kalles P-dopet (positiv) hvis den har overskudd av hull, og N-dopet

(negativ) hvis den har overskudd av elektroner. Ved å sette P- og N-dopede halvledere inntil hverandre oppstår et område der stoffet på den ene siden har hull og på den andre siden elektroner som ladningsbærere. Området kalles en P-N overgang og er en **diode** (figur 5). Dette utnyttes i stor skala i elektronikkindustrien blant annet i likeretterkretser.

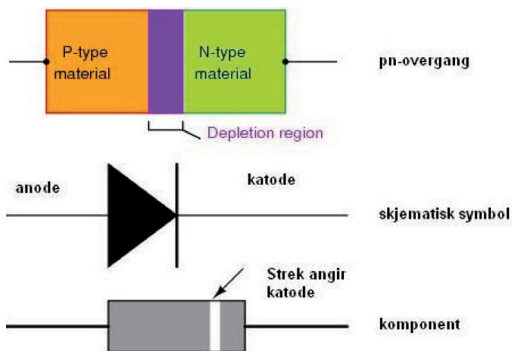
Dioden kan i all hovedsak kun lede elektrisk strøm fra anoden til katoden. Denne retningen kalles diodens lederetning og følger pilen i diodesymbolet. Når dioden leder strøm i lederetningen ligger en liten spenning over den. Denne spenningen kalles diodespenningen. Den stiger ulinjært med strømmen gjennom dioden. For de vanligste diodetyperne er diodespenningen noe under 1 volt.

Den andre retningen kalles diodens sperreretning. En spenning i sperreretningen fører praktisk sett ikke til elektrisk strøm gjennom dioden; dioden sies å sperre.

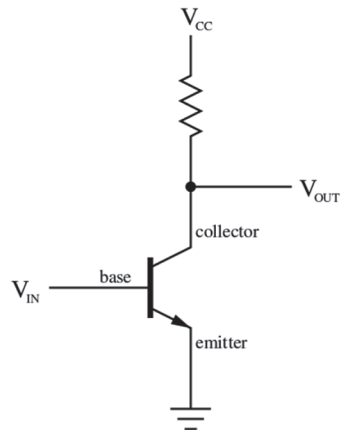
Transistorer

En transistor er en av de viktigste aktive elektroniske komponentene som er i bruk. At en komponent betegnes som *aktiv* betyr at den kan brukes til å forsterke et signal energetisk uten å forvrenge det i nevneverdig grad. Viktigste anvendelse er i forsterkerkretser og i switchekretser (styrer strøm av og på).

Transistorer finnes hovedsakelig i to varianter som har ganske forskjellige funksjonsprinsipper.



Figur 5. Dioder

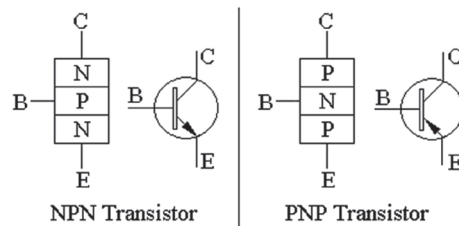


Figur 6. Transistorskjema

Bipolare transistorer, krever noe inngangsstrøm. Navnet kommer av at både hull og elektroner deltar i strømledningen.

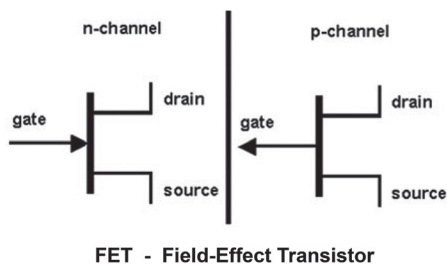
Med tre lag, eller to overganger, PNP eller NPN, kalles konstruksjonen en bipolar transistor. For bipolare transistorer vil en liten forandring i strømstyrken ved base kontrollere eller switche en mye større strøm mellom kollektor og emitter terminalene.

For NPN-transistorer er basen en felles anode og for PNP-transistorer er basen en felles katode



Figur 7. Bipolare transistorer. B er base, E er emitter og C er kollektor.

Felteffekttransistorer (FET-er; n-type eller p-type) (figur 8) styres av et elektrisk felt som inngangsspenningen setter opp, og det går ideelt sett ingen inngangsstrøm. Kalles også unipolare transistorer. JFET og MOSFET er to typer. En spenning ved gate kan kontrollere strømmen mellom source og drain.



Figur 8. Felteffekttransistorer

Seriekopling og parallellkopling

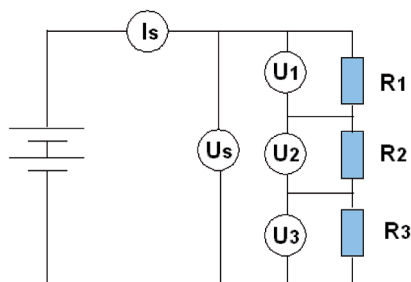
Seriekopling er to eller flere komponenter i en elektrisk krets som er koblet etter hverandre.

I en seriekrets deler spenningen seg, men strømmen er lik. I en krets der alle motstandene er like vil spenningen over hver motstand være gitt av den totale spenningen delt på antall motstander. Jo flere motstander i kretsen, jo flere ganger må spenningen deles og jo lavere spenning blir det over hver motstand.

En *parallellkopling* er en kobling av elektriske komponenter ved siden av hverandre i en krets slik at spenningen over alle komponentene er lik.

Selv om spenningen er lik vil strømmen gjennom den enkelte komponent vil være avhengig av komponentens resistans ved likespenning, og komponentens impedans ved vekselspenning.

Strømmen inn til en parallellkopling vil ved likespenning være lik summen av strømmene i de enkelte komponenter. Ved vekselspenning må strømmene summeres vektorielt.

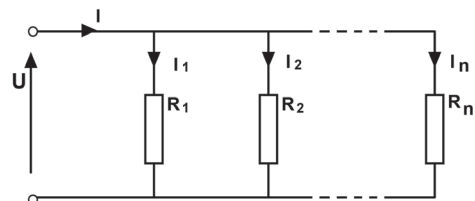


Figur 9. Seriekopling. Flere elementer hvor spenningen adderes. Samlet motstand i kretsen: $R=R_1+R_2+R_3$. Samlet spenning i kretsen: $U_s=U_1+U_2+U_3$

Mikroelektronikk

Mikroelektronikk omhandler utvikling, produksjon og anvendelser av elektroniske kretser.

Elektriske komponenter (ofte flere



Figur 10. Parallellkopling. Samlet motstand i kretsen: $1/R=1/R_1+1/R_2+\dots+1/R_n$. Spenningen blir lik over alle motstandene: $U=U_1=U_2=\dots=U_n$. Samlet strømmengde i kretsen: $I=I_1+I_2+\dots+I_n$

tusen), av mikroskopisk størrelse, er koblet sammen enten inne på en liten brikke av halvleder materiale (integreerte kretser) eller der flere teknologier kombineres (hybridkretser).

Monolittiske integrerte kretser

En monolittisk krets er en integrert enhet på en liten silisium halvlederbrikke. Kompliserte elektroniske kretser kan lages ved kombinasjoner av p- og n-dopede materialer, dioder, transistorer, ledninger (belegg av ledende stoff), motstander (tynnere ledninger) og kondensatorer (ledende stoff med isolerende lag mellom). Elementene legges veldig tett, men begrensningene er effektforbruk, fremstillingsprosess og hvor god kvalitet det er på fotomaskene som brukes ved produksjon av kretsene.

Arealet til kretsen er typisk i størrelsesorden kvadratmillimeter til over en kvadratcentimeter.

LSI (Large Scale Integration) vil si storskala integrasjon, der opptil flere tusen komponenter kan lages på en brikke. Moores lov (eller rettere sagt observasjoner) indikerer at antall transistorer på en chip (brikke) dobles annethvert år. Den første transistoren som ble konstruert av Bell i 1947 var "stor nok" til at den kunne håndleses. I dag får man plass til 6 millioner 22 nm transistorer (nanoelektronikk) på arealet på punktum i denne setningen.

Hybridkretser

Hybridkrets er en krets som består av forskjellige teknologier. Utgangspunktet er tynne eller tykke filmer på et substrat av glass eller keramikk der motstander, kondensatorer og ledningsføring fremstilles. De aktive elementene i form av små dioder, transistorbrikker eller integrerte kretser festes til substratet ved hjelp av en legeringsprosess. Den ferdige kretsen kapsles inn i en pakke av metall, keramikk eller plast.

Nanoelektronikk

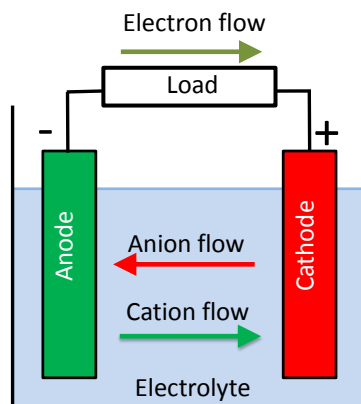
Nanoelektronikk viser til bruk av nanoteknologi i elektroniske komponenter. Begrepet dekker et stort mangfold av enheter og materialer, med felles kjennetegn at de er så små at inter-atom interaksjoner og kvantemekaniske egenskaper studeres. Noen eksempler er hybridmolekylære/halvlederelektronikk, endimensjonalt nanorør/nanotråder, eller avansert molekylærbiologisk elektronikk. 22 nm transistor befinner seg innenfor begrepet nanoelektronikk. Nanoelektronikk skiller seg fra mikroelektronikk ved at man befinner seg på atom og molekylærnivå.

Nanoelektronikk kan komme til nytte i medisin i form av blant annet avanserte biosensorer.

Elektrisk element, batteri

Batterier deles gjerne i to grupper, engangs-batteriene (de primære) og de oppladbare (de sekundære). Det finnes en mengde forskjellige typer batterier i omløp, det enkleste av disse er sink-karbonbatteriet og de mer avanserte er Li-ione batteriene.

Selv om batteriene baserer seg på svært forskjellig kjemi, så er alle batteriene bygget relativt likt. Et batteri består av to elektroder, en for katodematerialet og en for anodematerialet samt en elektrolytt som skiller disse fra hverandre. Anoden består av materialet som helst vil bli oksidert / lettest lar seg ruste, gjerne et av de litt mindre edlere metallene Zn, Cd, eller Li. Katoden består på den andre siden av et materiale som gjerne tar opp elektroner / lar seg redusere. Her har oksider av mangan spilt en viktig rolle i mange av batteritypene. Elektrolytten er ofte en væske, eller gele, som kun leder ioner og ikke elektroner.



Figur 11. Batterikonstruksjon

Cellepotensialet, spenningen, til et batteri blir bestemt av kjemien som batteriet er basert på. Det er gunstig med så stor spenning som mulig, da det vil gi muligheter for mer arbeid, men dette krever igjen materialer som har meget lyst til å reagere, og gjerne kan skape andre uønskede reaksjoner. Det er fullt mulig å lage batterier som gir over 4 V med cellespenning, men disse vil ikke være sikre å slippe i et større marked. Cellepotensialet kan sees på som et mål på anode- og katodematerialenes ønske om å reagere med hverandre.

Batteri i Pacemaker og ICD

Litiumjodidbatteriet ble konstruert av Wilsson Greatbatch for bruk i pacemakere og ble først brukt på pasienter i 1972 og er fortsatt det mest brukte pacemakerbatteriet.

Litiumjodidbatteriet er et stabilt og forutsigbart batteri ved kroppstemperatur. Utladingskurven gjør at tid for batteribytte kan forutses før batteriet går tomt, da batterispenningen vil synke og internimpedansen øke sakte mot slutten av levetiden.



Figur 12. Pacemakere

Batteriet kan kun levere små strømmer og egner seg ikke der det må leveres mer energi enn en pacemaker behøver.

En ICD trenger et annet batteri som kan levere mer energi for å lade opp en kondensator hurtig til sjokkterapi.

Litium/sølv vanadium oksid (Li/SVO) batteriet ble utviklet av Wilson Greatbatch og ble implantert på ICD-pasienter fra 1987 og har vært standard ICD-batteri hos alle leverandører opp til i dag.

Det er i dag flere kjemiske sammensetninger i batteriene enn Litium/jodid for pacemaker og Li/SVO for ICD, en av disse er et batteri med kjemi Li/MnO₂. Et Li/SVO₂ batteri vil ha en økning i internimpedansen etter noen års bruk for så å synke igjen, økning i batteriets intern impedans gir lengre ladetid til kondensatoren som leverer sjokkterapi.

Et Li/MnO₂ batteri har en stabil internimpedans under livslengden, noe som gir en stabil ladetid for kondensatoren til sjokkterapi under hele livslengden. Internimpedansen vil øke sammen med at batterispenningen synker mot slutten av batterilevetiden.

Tabell 1 viser noen kjemiske sammensetninger i litiumbatterier som kan brukes til elektrisk stimulering i implantater, med amperetimer for masse og volum.

Kapasiteten til et batteri måles i ampere timer (Ah eller mAh).

Kilder

1. Wikipedia
2. Guidant/Boston teknisk dokumentasjon

Tabell 1. Batterisammensetning og kapasitet.

Cathode Material	Gravimetric Capacity (mAh/g)	Volumetric Capacity ^a (mAh/CC)
Iodine	211	1041
Trionil chloride	451	746
CF _x	860	2322
SVO	315	1521
MnO ₂	308	1540
LiCoO ₂	131	668

^a *Volumetric capacity based on the true density of the active cathode materials.*