

Transistorradioen

– øjenåbner og løftestang



Regency TR1

Den 1. november 1954 kom verdens første kommercielle transistorradio på markedet. Med den fik verden øjnene op for, hvad transistorer kunne bruges til. Siden er de små transistorer blevet grundlaget for utallige apparater, hvorved de har fået afgørende indflydelse på vores tilværelse.

Transistoren, som er den grundlæggende enhed i al moderne elektronik, blev opfundet i 1947 som erstatning for de store, dyre, skrøbelige og strømforbrugende radiorør. Uden transistorer ville vi ikke have mobiltelefoner, pacemakere, fladskærms-tv eller alle de andre gadgets, der fylder vores hverdag. Men der gik nogle år, før transistoren for alvor kom i brug.

elektronikfabrikanter med hensyn til at benytte de nymodens transistorer i stedet for de velkendte radiorør.

Et wake up call

En af de første producenter af transistorer var firmaet Texas Instruments, som havde betalt 25.000 dollars for rettighederne. For at få noget ud af den investering mente selskabets vicedirektør, Pat Haggerty, at det var nødvendigt at give elektronikindustrien et *wake up call*, og at det kunne gøres i form af en transistorbaseret radiomodtager. Så i foråret 1954 konstruerede ingeniørerne hos Texas Instruments en lille transistorradio. Der var imidlertid ingen af de store radiofabrikanter, der var interesseret i at være med til at producere og markedsføre den.

I begyndelsen var transistorerne så vanskelige at producere, at kun ca. hver femte virkede efter hensigten. Resten måtte kasseres. Så de var ofte dyrere end de radiorør, de skulle erstatte. Derfor blev de første transistorer hovedsageligt brugt til militære formål og i enkelte andre sammenhænge, hvor størrelsen var vigtigere end prisen, fx i høreapparater. Der var nok også en vis skepsis hos de etablerede

Forfatteren



Hans Buhl,
Museumsinspektør,
Steno Museet,
Aarhus Universitet
hans.buhl@sm.au.dk

Opfindelsen af transistoren

Transistoren blev opfundet i et forsøg på at finde en erstatning for de radorør, som man siden omkring 1915 havde brugt til at forstærke elektriske signaler i fx telefonledninger og rador-modtagere. Radorørene havde nemlig forskellige ulemper, og derfor var der flere opfindere, som fra midten af 1920'erne forsøgte at lave en komponent, som havde radorørets egenskaber, men i stedet var baseret på såkaldte halvledere.

Umiddelbart efter 2. Verdenskrig blev der på Bell Laboratorierne, telefonselskabet AT&T's forsknings- og udviklingscenter, nedsat en gruppe, som skulle forsøge at konstruere sådan et "halvlederradorør". Gruppen bestod bl.a. af fysikerne William Shockley, Walter Brattain og John Bardeen. Shockley, gruppens leder, var den visionære, som indså halvlederteknologiens muligheder. Brattain var pilfingeren, der kunne bygge indviklede eksperimenter og få dem til at fungere, mens Bardeen var hjernen, der kunne forstå og forklare, hvorfor det fungerede. Tilsammen udgjorde de et perfekt team.

De angreb problemet ved at undersøge, hvordan strømmen løber i en halvleder under forskellige betingelser. Op mod julen 1947 opdagede Brattain og Bardeen, at de kunne opnå en lille strømforstærkning, hvis de anbragte to elektroder meget tæt på hinanden på en germaniumkrystal, som så udgjorde den tredje elektrode.

Bardeen havde beregnet, at elektroderne skulle sidde så tæt, at afstanden mellem dem kun udgjorde en tredjedel af diameteren på deres tyndeste ledninger. Da det i praksis var umuligt, fandt Brattain på at sætte et stykke guldfolie rundt om hjørnet på en lille plastiktrekant. Når han derefter skar folien over med et barberblad lige på hjørnet, havde han de to elektroder med en hårsbredde imellem. Pga. af geometrien kaldes denne type transistor en punktkontakttransistor.



Da de den 23. december præsenterede den nyopfundne transistor for deres kolleger, udbød Shockley, at det var en storslået julegave. Den nærtagende Shockley blev dog hurtigt utilfreds med, at opfindelsen blev krediteret Bardeen og Brattain, da han følte, at de havde konstrueret transistoren "bag hans ryg". For at vise, hvem der var den egentlige hjerne i projektet, satte han Bardeen og Brattain til det administrative arbejde med patentansøgningen og opfandt selv en helt ny type transistor, den såkaldte junction-transistor, som var betydeligt mere robust og lettere at producere end den oprindelige type. Derfor blev de alle tre tildelt nobelprisen i fysik i 1956 "for deres forskning i halvledere og opdagelsen af transistor-effekten".

Transistorens opfindere, Bardeen, Brattain og Shockley (siddende), kom på forsiden af septemberudgaven af *Electronics magazine* i 1948. Brattain havde dette billede, fordi Shockley havde sat sig ved opstillingen med verdens første transistor, selvom han slet ikke deltog, da de to andre fik det egentlige gennembrud.

Derfor blev verdens første kommercielle transistorradio produceret i samarbejde med det relativt ukendte firma Industrial Development Engineering Associates (IDEA) i Indiana.

Missionen lykkedes

Hen over sommeren arbejdede de to firmaer på at udvikle en produktionsmoden version, og den 18. oktober 1954 kunne de annoncere verdens første kommercielle transistorradio, som var til salg over hele USA fra begyndelsen af november.

Regency TR1, som radioen blev kaldt, var en fiks lille AM-radio i et plastikkabinet, som målte ca. 8 × 13 × 3 cm. Den blev markedsført som en lommeradio, selvom der skulle ret store lommer til at rumme den. Der er eksempler på, at ekspedienter i

radioforretninger fik syet skjorter med ekstra store lommer, for at den kunne være der.

Radioen var udstyret med 4 transistorer og blev drevet af et 22,5 volts batteri, som havde en typisk levetid på 20-30 timer. Den havde en indbygget højttaler, men der kunne også tilsluttes en øretelefon.

Prisen var 49,95 dollars svarende til ca. 3.000 danske 2015-kroner. På trods af den ret høje pris blev der solgt ca. 150.000 eksemplarer. Succesen skyldtes dog nok snarere nyhedens interesse og radioens statusværdi end dens tekniske kvalitet. Men TR1'eren viste vejen, og i de følgende år blev markedet oversvømmet af relativt billige og driftssikre transistorradioer i forskellige størrelser og udform-

Transistorradioen gjorde det muligt at høre sin yndlingsmusik hvor som helst og når som helst. Det fik enorm betydning for udviklingen af ungdomskulturen i 1950'erne og 60'erne.

Beskrivelse fra kilden:
Junior Farmers picnic at Mount Morgan, ca. 1955.



ninger. Haggertys plan var lykkedes i og med, at der var grundlagt et massemarked for billig, bærbar forbrugerelektronik.

Rock'n'roll og ungdomskultur

Transistorradioen stimulerede ikke blot elektronikens udvikling. Den fik også enorm betydning for ungdomskulturen i 1950'erne og 60'erne. Den lille radio gjorde musikken bærbar, hvilket revolutionerede den måde, man lyttede til musik på.

Hvor radioen tidligere havde været et møbel i den fælles stue, kunne teenagerne nu tage den med sig, væk fra forældrenes misbilligende ører, så de selv kunne bestemme, hvad de ville høre. Valget faldt

ofte på den nye rock'n'roll-musik, som var ved at bryde igennem, da transistorradioen kom frem. De korte, friske sange med en distinkt sound og et godt omkvæd passede godt til de små bærbare radioers ikke altid overbevisende lyd kvalitet. Så numre som *Rock Around the Clock* og *Shake, Rattle and Roll* blev hjulpet godt på vej af transistorradioen, som i det hele taget blev formidler af de kulturelle, sociale, økonomiske og politiske omvæltninger, der fulgte i rockmusikkens kølvand.

Sony

Den store efterspørgsel, som musikken skabte, gjorde transistorradioen til elektronikindustriens hidtil største succes. Det anslås, at der blev produceret flere milliarder transistorradioer op gennem 60'erne og 70'erne. Mange af disse kom fra Japan.

Det skyldes i høj grad, at Masaru Ibuka, medstifter af den lille japanske virksomhed Tokyo Tsushin Kogyo, var i USA i 1952 og dér købte en af de licenser, som Bell Labs solgte til produktion af deres transistorer. De første par år herefter gik med at lære at fremstille driftssikre transistorer, men fra 1955 blev der produceret transistorradioer til det japanske marked. Det internationale gennembrud kom i 1957 med modellen TR63, som var lidt mindre end Regency TR1'eren. Det viste sig dog, at amerikanere havde svært ved at udtale firmaets navn såvel som forkortelsen Tot-suko, så derfor ændrede firmaet sit navn til det mere mundrette Sony.

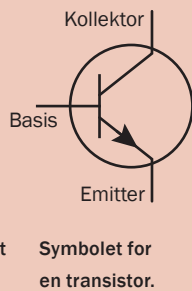
Transistorradioen var let at betjene. Det var en fordel, når man som forfatteren blev interesseret i den allerede i 1-årsalderen.

Privatfoto, 1962.



Sådan fungerer en transistor

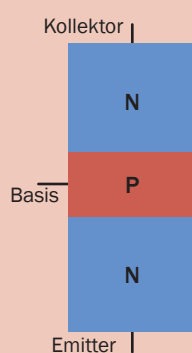
En transistor er en elektronikkomponent med tre tilledninger. Den har den grundlæggende egenskab, at strømmen mellem to af tilledningerne, kaldet emitter og kollektor, kan reguleres af strømmen gennem den tredje, som kaldes basis. Da strømmen gennem transistoren er mange gange større end basisstrømmen, svarer det til at basisstrømmen er blevet forstærket.



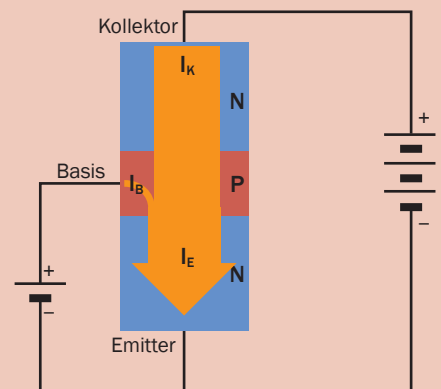
Derfor kan en transistor bruges til at forstærke svage elektriske strømme, så eksempelvis signalet fra en mikrofon kan drive en højttaler. Men strømmen i basisledningen kan også bruges til at tænde eller slukke strømmen gennem transistoren. Det er denne egenskab som elektrisk kontakt, der benyttes i digitale kredsløb.

Virkningen er baseret på de særlige egenskaber ved såkaldte halvledere, dvs. faste stoffer, som hverken er ledere (fx kobber) eller isolatorer (fx glas). I begyndelse brugte man som regel germanium, men nu oftest silicium.

Halvledermaterialet i en transistor er dopet eller "forurenset" af andre grundstoffer, så det fremstår som to forskellige typer: n-typen er dopet med fx fosfor eller arsen, som giver et overskud af ladningselektroner, mens p-typen er dopet med fx bor, som giver et underskud af ladningselektroner svarende til positive huller. Hvis man sammensætter de to typer halvleder, dannes der en såkaldt pn-overgang, som har den interessante egenskab, at den tillader strømmen at løbe den ene vej, men ikke den anden. Den fungerer altså som diode.



Principskitse af en npn-transistors sandwichopbygning med et tyndt basislag i midten.



Når basis tilsluttes en positiv spænding og kollektor en højere positiv spænding, kan der løbe en strøm mellem kollektor og emitter.

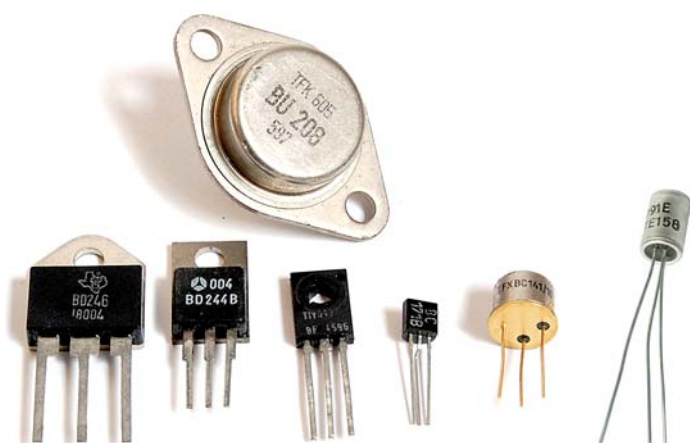
Der findes flere slags transistorer, som virker på forskellige måder, men den klassiske bipolare junction-transistor er opbygget som en sandwich af tre lag med en npn- eller pnp-struktur. Den kan derfor opfattes som to modsatrettede dioder, der deler det midterste lag. Da den ene af dioderne altid vender den "forkerte" vej, kan der ikke umiddelbart løbe strøm mellem emitter og kollektor. Men hvis basislaget er tyndt nok, vil en strøm i basisledningen ændre fordelingen af ladningsbærere i laget, således at der åbnes for, at der alligevel kan løbe en stor kollektor-emitter-strøm. Jo mere strøm, der løber i basisledningen, desto mere åbner transistoren for gennemgang mellem kollektor og emitter. Variationer i basisstrømmen vil således skabe tilsvarende variationer i den noget større strøm gennem transistoren.

TR63-modellen solgte over 110.000 eksemplarer, og samtidig var firmaet vokset fra en halv snes medarbejdere i 1952 til ca. 500. Sony er vokset lige siden, ikke mindst i kraft af, at firmaet til stadighed har introduceret nye produkter baseret på transistorer og sidenhen integrerede kredse til det brede marked. Som eksempler kan nævnes det første transistor-tv, Walkman-kassetteafspilleren, den første CD-afspiller, DAT-båndoptageren og PlayStation-spillekonsollen etc.

I 2014 havde Sony-koncernen 141.000 ansatte og en omsætning på 440 mia. kr. Så de 25.000 dollars til transistorlicensen var givet godt ud!

Jo mindre, jo bedre

I forbindelse med introduktionen af de små transistorer skete der en generel miniaturisering af de komponenter, som indgår i elektroniske kredsløb. For at forbinde disse komponenter med hinanden så kompakt som muligt,



begyndte man allerede i 1940'erne at montere dem på såkaldte printkort. Det er kunststofplader, hvorpå "ledningerne" mellem komponenterne udgøres af smalle strimler af kobberfolie. Men selv når man benyttede disse trykte kredsløb, fyldte forbindelserne mellem komponenterne ofte uforholdsmæssigt meget.

Eksempler på transistorer i ca. naturlig størrelse. Større strømme kræver typisk montering på en køleplade.

Foto: Tysk Wikipedia.

Videre læsning:

Ernest Braun og Stuart Macdonald, *Revolution in Miniature. The History and Impact of Semiconductor Electronics*. Cambridge University Press, Cambridge, 1982.

Om Regency TR1-radioen: www.regencytr1.com/

Dele af artiklen er baseret på kapitlet om Transistoren i bogen *50 Opfindelser*, som udkommer på Aarhus Universitetsforlag i slutningen af året (2015).

For at løse dette problem udviklede den amerikanske ingeniør Jack Kilby i efteråret 1958 det såkaldte integrerede kredsløb, hvor alle de nødvendige transistorer og komponenter i øvrigt var konstrueret i et og samme stykke germanium. Selvom konstruktionen var meget primitiv i forhold til nutidens integrerede kredsløb, var den så banebrydende, at Kilby i 2000 fik nobelprisen for sin andel i opfindelsen af den integrerede kreds eller mikrochippen, som den også kaldes.

Ufattelig regnekraft

Siden fremkomsten af de integrerede kredsløb har producenterne forsøgt at presse stadig flere transistorer ind på den samme plads. I 1971 lykkedes det flere chipproducenter at skabe over 2.000 transistorer på en enkelt siliciumchip, hvilket var nok til, at alle de centrale dele af en computer kunne være på sådan en chip. Disse såkaldte mikroprocessorer blev i begyndelsen brugt til lommeregner, printere og mindre automatiksystemer. Men efterhånden, som de blev videreudviklet, gjorde de det også muligt at bygge computere, som ikke fyldte et helt lokale, men kunne stå på et skrivebord. Intels Pentium-processor fra 1993, som typisk blev brugt i pc'er, bestod af godt 3 mio. transistorer. I 2014 blev der produceret mikroprocessorer med over 1 mia. transistorer.

Vor tids potente mikrochips er grundlaget for, at en smartphone, som er væsentlig mindre end den første transistorradio, ud over mobiltelefonen også rummer fx en computer, en musikafspiller, et digitalkamera med fotoalbum, en gps, en lommeregner og som regel også en transistorradio.

Transistorer overalt

Som nævnt spillede transistorradioen en central rolle for halvlederteknologiens kommercielle gennembrud. Da det siden er blevet stadig billigere at konstruere stadig mere komplekse kredsløb, findes der transistorer i utallige af de apparater, som vi omgiver os med i vores hverdag. Det gælder ikke blot de velkendte eksempler som computere og mobiltelefoner, men også mange andre apparater, hvor transistorerne virker mere i det skjulte. Der er fx mikrochips med utallige transistorer i selvspillende fødselsdagskort, automatiske vaskemaskiner, bilers motorstyring, industrirobotter, medicinsk udstyr, flyvemaskiner og satellitter. Det, at utallige produkter på denne måde er blevet "smarte", har givet os et hav af nye muligheder gennem de seneste årtier. Derfor er der god grund til at kipe med flaget for transistorradioen, som var med til at sætte denne udvikling i gang for godt 60 år siden. ■