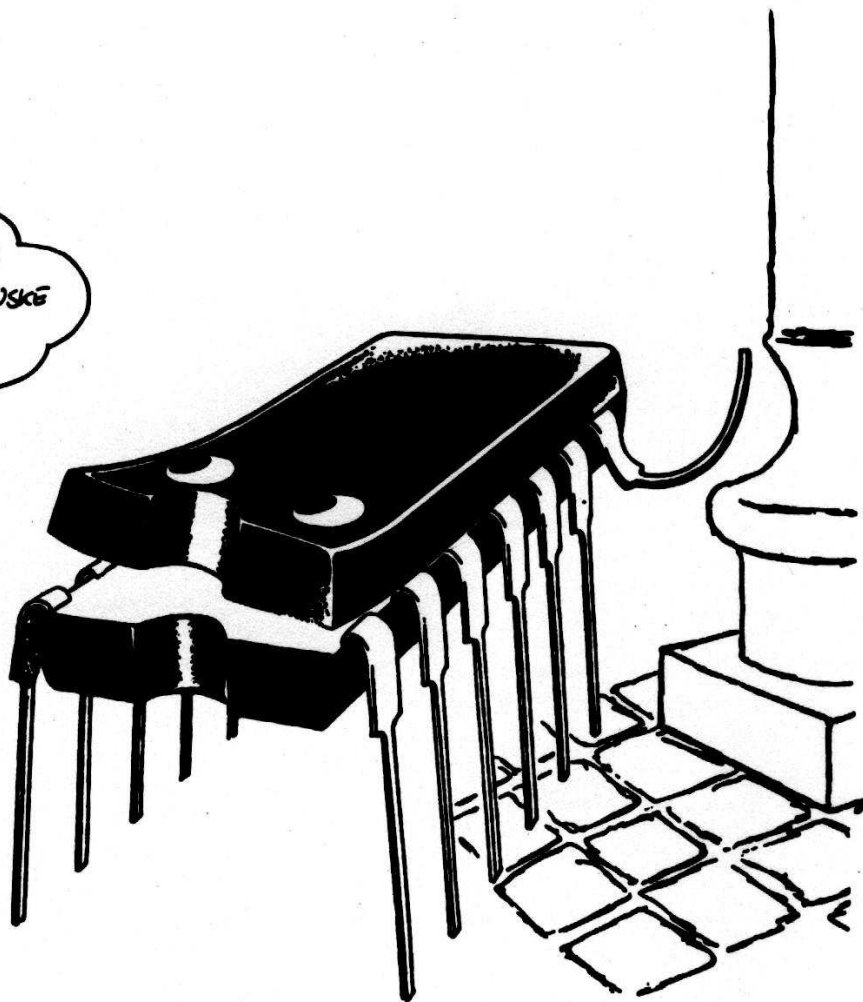


ELEKTRONIK i FOLKESKOLEN

3. UDGAVE

LÆRERTEKST

MED SÅ MANGE BEN
ER DET SVÆRT AT HUSKE
HVOR UDGAVEN ER!



ISBN 87-85220-00-0

DANMARKS LÆRERHØJSKOLE
FYSISK INSTITUT
1978

INTRODUKTION

TIL "ELEKTRONIK I FOLKESKOLEN" 3. UDGAVE

Dette materiale til undervisning i valgfaget elektronik på 8. og 9. klassestrin, består af tre dele:

- 1) Elevtekst (123 sider). ISBN 87-85220-02-7.
- 2) Lærertekst (201 sider + 10 sider indledning).
ISBN 87-85220-00-0.
- 3) Teknisk Appendix (51 sider). ISBN 87-85220-04-3.

Elev- og lærertekst er opdelt i 5 kapitler, hvoraf de tre første (+ måske noget af kapitel 4) dækker undervisningen på 8. klassestrin, mens resten af kapitel 4 samt kapitel 5 er tiltænkt 9. klassestrin:

	<u>Elevtekst</u>	<u>Lærertekst</u>
Kapitel 1: Frekvens og toner (FT)	E 1 - E 9	L 1 - L 19
Kapitel 2: Kontrol og styring (KS)	E 10 - E 25	L 20 - L 52
Kapitel 3: Signaler og forstærkning (SF)	E 26 - E 43	L 53 - L 93
Kapitel 4: Radiomodtagning (RM)	E 44 - E 52	L 94 - L 129
Kapitel 5: Elektronisk tælling (ET)	E 53 - E 123	L 130 - L 201

Bagest i Teknisk Appendix findes en fortegnelse over de materialer, der er nødvendige til undervisningen, samt et overslag over omkostningerne.

Der er redegjort for de pædagogiske og faglige tanker og ideer bag materialet i indledningen og i forbindelse med de enkelte delemner i lærerteksten. Her vil vi blot fremhæve, at der er tilstræbt en nøje overensstemmelse med fagets formål, som de er præciseret i "Bekendtgørelse nr. 658 af 28. november 1975".

Flere steder i lærerteksten er der indsat "tillægsopgaver" til eleven. Disse opgaver falder i stil og sværhedsgrad lidt uden for opgaverne i elevteksten, og skal - som materialet ellers - benyttes som læreren finder det rigtigst

Alle dele af materialet må kopieres og mangfoldiggøres af enhver interesseret til ethvert undervisnings-, studie- eller orienteringsformål eller lignende.

DERIMOD ER DET STRENGT FORBUDT PÅ NOGEN MÅDE AT KOPIERE ELLER CITERE NOGEN DEL AF MATERIALET I KOMMERCIELT ØJEMED AF HVAD ART TÆNKES KAN.

I tvivlstilfælde skal skriftlig henvendelse rettes til:

Danmarks Lærerrhøjskole

Fysisk Institut

Emdrupvej 115 B

2400 København NV.,

der alene kan træffe beslutninger i sådanne tilfælde.

I udarbejdelsen af materialet har blandt andre deltaget:

Jørgen Ambjørnsen	Mogens Jensen
Bent Andersen	Kai Støvring Jensen
Børge Bay	Frede Løfvall
Egon Ditlevsen	John Off
Oscar Ekstrøm	Erling Persson
Johannes Hvas	Per Tværgård
Jørgen Jensen	Povl Vedelsby,

der besidder ejendomsretten til materialet.

I læseårene 1976/77 og 1977/78 har følgende deltaget i forsøgsundervisningen:

Bodil Jørgensen, Vestre Skole, Middelfart
 Marius Bøgh Mortensen, Østre Skole, Middelfart
 Hans-Jørgen Hørning, Kjellerup Skole, Kjellerup
 Søren Nørgård, Fårvang Skole, Fårvang
 Harald Oksbjerg, Lyshøjskolen, Kolding
 Per Rysbjerg, Thisted Borgerskole, Thisted
 Arne Slagor, Statens Pædagogiske Forsøgscenter, Rødovre.

Specielt om 3. udgave:

Denne adskiller sig fra 2. udgave på følgende punkter:

- 1) I kapitel 1-4 er der rettet fejl og foretaget mindre ændringer i såvel elev- som lærertekst.
2. og 3. udgave kan for disse kapitlers vedkommende bruges sammen uden problemer.
- 2) Kapitel 5 er fuldstændig omarbejdet i både elev- og lærertekst. De to udgaver kan ikke bruges sammen.
- 3) Teknisk Appendix er ændret i overensstemmelse med ændringerne i kapitel 5, ligesom dele af det nu er flyttet til kapitel 5 i 3. udgave af lærerteksten.

Ideerne til det reviderede kapitel 5 er fremsat af forfattergruppe og forsøgslærere i forening, mens den egentlige udformning af såvel elev- som lærertekst er foretaget af:

Kai Støvring Jensen, Sjælsøskolen, Birkerød
 Povl Vedelsby, DLH, Fysisk Institut.

Jørn Lyngesen, DLH, Fysisk Institut har ydet os værdifuld faglig bistand og hjælp ved korrekturlæsningen. Manuskriptet er renskrevet af Winnie Burchard, DLH, og tegningerne er tegnet af Povl Vedelsby.

Danmarks Lærerhøjskole
 Fysisk Institut
 April 1978
 Povl Vedelsby

INDLEDNING,

som handler om motivation og om nogle erfaringer fra elektronikundervisningen.

De fleste lærere har vel på ét eller andet tidspunkt spekuleret på, hvorfor nogle skoleelever i vort moderne, industrialiserede samfund er så vanskelige at motivere.

En af forklaringerne herpå kan være følgende:

Disse elever møder alt for sjældent udfordringer, som de føler sig direkte motiveret for at tage op. Intet af det, de sættes til eller får tilbud om i skolen, er nødvendigt for, at de kan blive møtte den dag, eller for at andre primære behov kan blive opfyldt. For mange elever er det en sjælden oplevelse, at det, de beskæftiger sig med, kan bruges straks - og af dem selv. De kan måske heller ikke se nogen sammenhæng mellem de færdigheder, som skolen ønsker opøvet, og det arbejde, som de måske i en usikker og fjern fremtid vil komme til at beskæftige sig med. Tidligere tiders situation, hvor børnene som en selvfølge gik i forældrenes fodspor, forekommer sjældent.

Når nogle elever alligevel virker velmotiverede i skolen, er en væsentlig grund måske, at de ønsker at leve op til forældrenes og lærernes forventninger - altså en indirekte motivation.

Når andre elever fungerer dårligt, kan det skyldes, at de har haft så mange negative oplevelser i og uden for skolen, at forældres og læreres forventninger ikke er tilstrækkelig til at give dem den nødvendige motivation.

Men hvis vi i skolen kan give eleverne en direkte motivation gennem selve undervisningen, så er dette også meget bedre en enhver indirekte motivation.

Denne intention har været væsentlig ved udarbejdelsen af det foreliggende undervisningsprogram i elektronik. Materialet er blevet prøveført med adskillige elevhold - både af arbejdsgruppen og af specielle forsøglærere. Det er med en vis undren - men med tilfredshed -, at vi har konstateret en tendens til, at materialet ikke blot passer godt til velfungerende elever, men at også de dårligt tilpassede eller ligefrem adfærdsvanskelige elever synes at befinde sig godt under dette undervisningsprogram.

Og hvad kan grunden så være til, at tingene tilsyneladende fungerer?

De elever, der volder besvær i traditionelle undervisningssituationer, savner tilstrækkelig motivation.

*"Hvis en elev keder sig, så vil han være modtagelig for ethvert tilbud om forandring, da han ikke ønsker (søger) noget bestemt. Tilbudet fra kammerater er for hans "mål" lige så passende som undervisningstilbudet, og da kammeraternes tilbud antalsmæssigt overstiger lærerens, så er sandsynligheden stor for forstyrrende adfærd - set fra lærerens synspunkt." **

Hvad kan læreren så gøre for at motivere denne elev?

- Han kan
- a) forsøge at gøre undervisningen spændende, varieret og underholdende,
 - b) prøve at gøre undervisningen mere praktisk betonet eller
 - c) stille eleven over for udfordringer, idet han forsøger at engagere eleven i problemløsninger og at appellere til hans kreative evner.

Undervisningsprogrammets tilsyneladende gode resultater med disse elever kan skyldes, at det indeholder elementer fra alle tre punkter.

Hele undervisningsforløbet kan - på grund af selve arbejdsprocessen, blinkene, lydene, gruppesamarbejdet og ikke mindst kampen for at få noget til at virke - blive spændende, varieret og underholdende. I mange afsnit bestemmer eleven individuelt sin egen udformning af det, der skal fremstilles (en printtegning, en tones højde og klangfarve, en forstærkningsfaktor osv.). Han har også ofte mulighed for at følge sine egne intentioner og praktiske ønsker i valg af opgaver og undersøgelser. Han er altså til en vis grad herre over sit eget arbejde. Programmets opgaver stilles sådan, at eleven stadig udfordres og tvinges til at løse problemer. Når det lykkes bedst, er det ikke lærerens, men elevens egne problemer, han giver sig

i kast med. De er opstået af hans egen situation, og han har måske oven i købet selv formuleret dem. Det er det induktive princip med deraf følgende direkte motivation.

*"Læreren skal skabe tvivl, skal rejse spørgsmål og etablere konflikter hos sine elever. Den fremkaldte tilstand af konflikt kan kun afklares af eleven selv Det betyder, at der vil være overensstemmelse mellem konfliktafklaringen - der først og fremmest er elevens mål - og det mål, som læreren har opstillet for sin undervisning." **

Når alt dette er sagt, bør det ikke skjules, at forsøgslærerne af og til har oplevet, at eleverne har reageret med modvilje og surhed på grund af den savnede styring. De har også beskyldt undervisningen for at være "fusket" ("hvorfors ikke straks gå til de gennemprøvede opstillinger?") og efterlyst mere "professionelle" hjælpemidler som byggesæt, indbygningskasser osv. Vi mener dog, at den valgte linie byder på den sundeste udfordring, og at eleverne kan forfølge deres "professionelle" ønsker i deres hobbyarbejde hjemme.

Det skal heller ikke være nogen hemmelighed, at den meget fleksible form kan føre til, at læreren pludselig føler, at det hele flyder, og at han har brug for 2 hoveder og 6 hænder. Det er dog sikkert en risiko, man må lære at leve med eller imødegå - enhver efter sit eget temperament.

Følgende læseplan fra Birkerød (1976) dækker i det store og hele de intentioner, der har ligget til grund for arbejdet.

* Citater fra: Tom Plough Olsen: Nysgerrighed og indlæring.
D.E. Berlynes teori. (Munksgaard).
(Side 17 og side 45).

LÆSEPLAN

for valgfaget elektronik i folkeskolen

1. Citat fra bekendtgørelse nr. 658 af 28. november 1975:

"Bekendtgørelse om undervisningen i folkeskolens valgfag"

§ 1. Der kan tilbydes eleverne på 8.-10. klassetrin undervisning i følgende fag og omner: maskinskrivning, fotolære, drama, filmkundskab, historie, geografi, biologi, formning, musik, håndarbejde, sløjd, hjemkundskab, motorlære samt kendskab til uddannelsesforhold og til vilkårene i arbejdslivet (arbejds-kendskab).

Stk. 2. Der kan endvidere tilbydes eleverne undervisning i andre værkstedsfag, herunder i elektronik, under forudsætning af, at undervisningen tilrettelægges som værkstedsundervisning med overvejende vægt på fagets praktisk-tekniske sider.

Stk. 3. I faget arbejdskendskab indgår besøg og praktikophold i virksomheder og institutioner efter de herom fastsatte bestemmelser.

§ 10. Formålet med undervisningen i elektronik er, at eleverne erhverver viden om grundlæggende elektroniske kredsløb og deres funktioner og et praktisk kendskab til fagets arbejdsmetoder.

Stk. 2. Det skal tilstræbes, at eleverne opnår nogen færdighed i at konstruere og opbygge simple enheder, således at de får et grundlag for selvstændigt at løse elektroniske opgaver og problemer.

Stk. 3. Undervisningen skal medvirke til, at eleverne får forståelse for elektronikkenes betydning i samfundet.

2. Generelle bemærkninger

Den teoretiske beskrivelse af elektroniske kredse bygger på de grundlæggende love og sammenhænge, der kendes fra elektricitets- og magnetismelæren. Denne bygger imidlertid selv på en række idealiserede modeller, der kun i en vis udstrækning er gyldige i praksis, og elektronik er - ligesom andre naturvidenskabelige fag - derfor et fag, hvor viden og erfaring i udstrakt grad hentes gennem eksperimenter.

Målet for arbejde med elektronik er oftest at frembringe kredsløb med specifikke funktioner. Set i denne sammenhæng vil det i reglen være særdeles upraktisk - og undertiden umuligt - at beskrive kredsløbet ved hjælp af grundelementerne (strøm, spænding og komponenter). Tænk f.eks. blot på det virvar af komponenter, der findes i en almindelig transistorradio: Det er ikke hensigtsmæssigt at beskrive radioen ved f.eks. at fortælle hvilken strøm, der løber gennem hver enkelt komponent. Mere rimeligt er det at berette om radioens funktion (f.eks. hvor mange stationer, den kan tage, hvor højt den kan spille etc.). Herefter kan man beskrive hvilke grundlæggende elektroniske kredsløb (enheder), radioen er sammensat af, og

man kan beskrive de enkelte enheders funktion i helheden. Det er således muligt at beskrive forholdene i den enkelte enhed detaljeret uden at miste overblikket, og uden at lade sig distrahere af komponenter, der hører til i andre enheder i radioen.

Skolefaget elektronik er placeret som et værkstedsfag, og formålet med undervisningen er centreret omkring "grundlæggende elektroniske kredsløb og deres funktioner" og "fagets arbejdsmetoder". Det vil derfor være naturligt i så vid udstrækning som muligt at adoptere de faglige beskrivelses- og betragtningsmåder, og anvende dem i skoleundervisningen.

3. Faglige og metodiske synspunkter

En undervisning, der lægger hovedvægten på enheder, kredsløb, funktioner og arbejdsmetoder, kan realiseres efter følgende retningslinier:

Man lader eleverne starte et undervisningsforløb med - efter en forskrift - at opbygge en elektronisk kreds ved hjælp af grundkomponenter - uden nødvendigvis at have kendskab til disse og til deres specifikke funktion. Her efter undersøger eleverne - gennem mere eller mindre stærkt strukturerede opgaver - enhedens funktion bl.a. ved hjælp af det til rådighed værende relevante måleapparatur.

Der bør lægges vægt på, at eleverne erkender sammenhængen mellem ændringer i komponenter og komponentværdier, og de deraf følgende ændringer i enhedernes funktion. Derfor skal den monterings teknik, der bruges, være så enkel, at de ønskede ændringer i en opstilling let kan foretages, og komponentsamlingen skal være tilstrækkelig stor.

Det skal tilstræbes, at eleverne gennem erkendelse af komponenternes funktion i helheden, efterhånden skaber sig praktisk anvendelige forestillinger om den enkelte komponent og dens anvendelse i andre sammenhænge.

Efterhånden som elevernes erfaringsområde udvides, bør opgaverne struktureres mindre og mindre stramt under hensyntagen til den enkelte elevs evner og formåen. Opgaverne bør formuleres på en sådan måde, at eleverne inspireres til - under fornøden vejledning - at forfølge egne ideer, til at udvide og ændre de lærerforeslåede forsøg, til selv at finde på forsøg, og herigennem at få bekræftet - eller afkræftet - deres ideer (teorier) ad eksperimentel vej. Ligeledes bør elevernes medindflydelse på karakteren af opgaverne øges i takt med deres faglige indsigt og kendskab til arbejdsmetoder og -muligheder.

Der kan i undervisningen indlægges en række "opfinderfaser", hvor eleverne udfordres til selvstændigt at prøve (afprøve) deres erhvervede kunnen på praktiske problemer - eventuelt selvvalgte - af passende sværhedsgrad.

Undervisningen kan således hvile på et induktivt, analytisk princip, hvor eleverne gennem studiet af de funktionelle egenskaber også når ned i detaljerne til et niveau, der afhænger af den enkelte elev.

Dette arbejdsprincip er særdeles nyttigt i elektronikken - såvel som i fysikken - og vil medvirke til at øge elevernes lyst til at lære, træne deres evne til selvstændig vurdering og stillingtagen, ligesom det vil appellere til deres fantasi og skabertrang. Det faglige niveau kan tilpasses den enkelte elev således, at alle elever får mulighed for at opleve et udviklende og skabende undervisningsforløb.

Bag disse bemærkninger ligger også den forhåbning, at det selvoplevede indtryk, eleven får af den analytiske metodes brugbarhed, vil være så stærkt, at metoden vil blive anvendt på hverdagens problemer engang, når elektronikken er glemt.

3.1 Nogle bemærkninger om begrebet "værkstedsfag"

Begrebet værkstedsundervisning skal ses mere som led i undervisnings/indlæringsprocesserne, end som et krav i forbindelse med de elektroniske enheder, eleverne fremstiller i løbet af undervisningen, idet noget væsentligt ved en værkstedsundervisning må være, at eleverne er skabende, og at de arbejder produktivt.

Under arbejdet med eksperimentalopstillinger lærer eleverne, i et omfang, der er nødvendigt for at løse de stillede opgaver, at bruge almindeligt håndværktøj, at lodde og at anvende måleapparater. Disse færdigheder opøves også, når eleverne lejlighedsvis overfører en eksperimentalopstilling til et "trykt kredsløb", og når de eventuelt gør sådanne apparater helt færdige ved også at fremstille kabinetter. Det skal imidlertid påses, at opnåelse af færdigheder ikke bliver et mål i sig selv.

3.2 Overordnet emnevalg og metode

De elektroniske enheder, der danner udgangspunkt for elevernes arbejde skal være repræsentative i henseende til funktion og kredsløbsteknisk opbygning.

Der bør lægges vægt på, at eleverne kommer til at opfatte en enhed generelt som noget, der kan behandle et signal: Der lægges et signal ind på enhedens indgang, og på udgangen optræder et signal, der er resultatet af enhedens behandling af indgangssignalet. For at få systemet til at fungere, skal enheden yderligere forsynes med driftspænding. Begrebet signal opfattes bredt, rækkende fra ændring i en DC-spænding over impulser til f.eks. modulerede HF-signaler.

Yderligere bør de forskellige enheder vælges ud fra sådanne kriterier, at eleverne inspireres til at forsøge at opnå mere komplicerede og sammensatte funktioner ud fra de kendte funktioner.

Der vil ofte vise sig tekniske problemer, der kun kan løses (af eleven) på baggrund af en større viden om een eller flere detaljer i kredsløbet herunder om komponenterne. Det bør i almindelighed være sådanne konkrete problemsituationer, der motiverer en teoriundervisning, som i sit indhold bør sigte direkte mod løsningen af det aktuelle problem. Kun undtagelsesvis bør eleverne præsenteres for "færdige" løsninger på et problem. Man bør i så vid udstrækning som muligt opfordre eleverne til, på baggrund af deres praktiske erfaringer og deres viden fra bl.a. fysikundervisningen, at komme med "kvalificerede gæt" som de derefter afprøver eksperimentelt.

Den begrebsstruktur og holdning en undervisning efter disse retningslinier kan bibringe eleverne, vil hjælpe dem til selvstændigt at arbejde videre i en situation uden lærervejledning, og den vil også være relevant og nyttig om nogle år, når udviklingen iøvrigt har ændret vort syn på, hvad der er nødvendig basisviden i faget elektronik. Herigennem vil undervisningen bidrage til, at eleverne som samfundsborgere - på et vist niveau - vil kunne vurdere og forstå de elektroniske frembringelser, de uundgåeligt kommer i forbindelse med, og som samfundet i stedse voksende grad betjener sig af.

4. Fagets placering og struktur

Undervisning i valgfaget elektronik tilbydes eleverne på 8.-10. klassetrin på tre niveauer, der ikke nødvendigvis behøver at følge klassetrinnene:

Niveau 1, der alene bygger på fysikundervisningens elektricitetslære, og som i faglig henseende sigter mod at give eleverne en bred orientering om elektronikkens hovedprincipper som omtalt i det foregående.

Niveau 2, der forudsætter niveau 1 (eller tilsvarende kundskaber), skal udvide elevernes erfaringsområde således, at niveau 1 og 2 tilsammen giver en rimeligt dybtgående og dækkende indsigt i fagets centrale områder og metoder.

Undervisningen på niveau 2 skal bygge på en maximal udnyttelse af de erfaringer og holdninger, eleverne har fået på niveau 1.

Niveau 3: Undervisningen her forudsætter niveau 1 og 2 (eller tilsvarende kundskaber), og er i fagligt indhold kun begrænset af de til rådighed værende økonomiske og tekniske muligheder og af elevernes evner.

5. Fagligt emnevalg

Niveau 1:

Hovedemnerne er 1) Signaler

2) Funktionelle enheder.

- 1) Signaler: Eleverne bør vænnes til at betragte signaler som informationsbærere.
På dette niveau kan undervisningen indskrænkes til at omfatte umodulerede signaler, fortrinsvis LF inklusive DC.
Undervisningen skal give eleverne indhold i begreberne frekvens og amplitude, og de skal - f.eks. ud fra oscilloskopbilleder - kende kurveformerne sinus og firkant samt billedet af tale- og musiksignaler. Endvidere skal sammenhængen mellem frekvens, toner og musik belyses.
- 2) Funktionelle enheder: Eleverne bør vænnes til at betragte en enhed som bestående af en indgang, en signalbehandlingsdel og en udgang.
Så tidligt som muligt bør blokdiagrammer indføres og anvendes ved systembeskrivelserne.
F.eks. i forbindelse med elevernes opbygning af eksperimentelopstillinger bør de også trænes i diagramlæsning og -tegning, og de bør vænnes til at anvende og forstå den faglige terminologi.
I den generelle beskrivelse af en enhed, bør eleverne desuden få et (kvalitativt) indblik i det faglige indhold i begreberne indgangsmodstand og udgangsmodstand.

Emnekredsen på niveau 1 bør indeholde elementer fra såvel digital- som analogelektronikken.

Undervisningen kan f.eks. bygges op omkring følgende emner:

Den astabile multivibrator,

DC-forstærkere,

AC-forstærkere.

De delemner, der nævnes i det følgende, er kun nogle få eksempler på de muligheder, der ligger i og omkring de pågældende enheder. Endvidere skal det understreges, at ved behandlingen af delemnerne vil en undervisningssituation, hvor læreren vejleder arbejdende elever/elevgrupper, og hvor samtaler elev/elev og elev/lærer imellem bliver naturlige og nødvendige elementer, være mere fordelagtig end en klasseundervisning, der kun i beskedent omfang muliggør undervisningsdifferentiering.

Den simple, astabile multivibrator (AMV) er særdeles velegnet som første emne i undervisningen. Den er let at bygge, er helt ukritisk i opbygningen, og virker med det samme (forudsat at komponenterne er placeret rigtigt og, at lodningerne er af nogenlunde kvalitet). Yderligere har den det fortrin, at eleverne uden anvendelse af måleapparater kan konstatere, at den fungerer f.eks. ved at et par pærer blinker. Dette gør den samtidig velegnet til at eksperimentere med, idet virkningen af en komponentændring bliver umiddelbart iagttagelig.

AMV'en kan f.eks. anvendes ved behandling af begreberne signal, frekvens, amplitude og udgangsmodstand. Den indbyder til undersøgelser af sammenhængen mellem komponentværdier og frekvens, og eleverne vil hurtigt "få magt" over enheden i den forstand, at de selv kan bestemme, hvad den skal kunne. Dette kan udnyttes mange steder i undervisningen, hvor der bliver behov for f.eks. en lyd giver, en takt giver, en clock-generator etc. I sin grundform er AMV'en en generator dvs. den har ingen indgang, men det vil være oplagt også at lade eleverne arbejde med en styret AMV, hvor styringen f.eks. kan komme fra enheder, der muliggør digitalisering af spænding, lys eller temperatur, eller fra forudgående kontrolenheder, der blot udnytter AMV'en som indikator.

Endelig vil AMV'en også være velegnet som objekt for analyse af kredsløbsdetaljer, hvis dette findes belejligt - eventuelt på et senere niveau i undervisningen. De emner, der kan drages frem i forbindelse hermed kan f.eks. være: Beskrivelse af AMV'en som to medkoblede forstærkertrin (positiv tilbagekobling), analyse af transistorens kontaktfunktion, op- og afladning af kondensatorerne, detaljer i kurveformerne på basis og kollektor m.m.

DC-forstærkeren er en særligt simpel forstærkertype, der ikke indeholder kondensatorer i - eller mellem - de enkelte trin, dvs. den kan behandle meget langsomme signaler (DC-signaler). Den er velegnet til undersøgelser omkring begrænsningerne i en forstærkers funktion (f.eks. sammenhængen mellem forsyningsspænding og maksimalt opnåelig udgangssignalamplitude). Den kan anvendes til at lade eleverne få indblik i transistorens funktion (lille basisstrøm styrer større kollektorstrøm) og i spændingerne omkring transistoren (hvor især begreberne høj og lav i forbindelse med lukket - på klem - åben kan fremhæves). DC-forstærkeren er velegnet til eksperimenter, der kan give eleverne idé om kondensatorens funktion som "elektricitetslager", og der åbnes herigennem for muligheder, hvor eleverne selv kan komponere et utal af styrings- og kontrolsystemer.

AC-forstærkere deles her i spændingsforstærkere (forforstærkere) og effektforstærkere (udgangsforstærkere), og anvendes især, hvor analoge signaler ønskes forstærket lineært. Her kan begreberne forstærkning, forvrængning, overstyring og frekvensgang belyses, ligesom ind- og udgangsmodstand let kan illustreres gennem enkle eksperimenter. Kondensatoren ses her som koblings-element mellem forskellige trin, og som afkobling i de enkelte trin, hvilket kan benyttes som indgang til RC-led og kondensatorens impedans. Yderligere kan eleverne i effektforstærkerens komplementærudgangstrin stifte bekendtskab med transistorer af såvel NPN som PNP type.

Effektforstærkeren kan udmærket drages ind i undervisningen på et tidligt tidspunkt, når der er behov for den, f.eks. hvis en elevgruppe ønsker at gøre tonerne fra en AMV endnu kraftigere.

Fælles for de her omtalte enheder er, at deres funktion er relativt simpel og overskuelig, at signalerne er let erkendbare og, at der er rige variations- og kombinationsmuligheder, hvor eleverne kan opfinde spændende og nyttige apparater ved anvendelse af få komponenter, dvs. for yderst beskedne midler.

Niveau 2:

Hovedbegreberne er de samme som på niveau 1, men signalbegrebet udvides til også at omfatte højfrekvens og modulerede signaler. Funktionelle enheder udvides til mere komplicerede strukturer og sammensatte systemer. Endvidere skal eleverne her opnå en mere præcis viden om forskelle og ligheder mellem analoge og digitale enheder.

Foruden at involvere emner og begreber fra niveau 1, kan undervisningen på niveau 2 f.eks. bygges på følgende emner:

Radiomodtagning,

Radiosending,

Digitale systemer.

Radiomodtagning giver eleverne mulighed for at følge en relativt kompliceret signalbehandling trin for trin, hvorunder de møder en række nye begreber som: Bærebølge, modulation/demodulation, resonans, og de får mulighed for at erkende de enkelte enheders funktion, herunder impedansforholdenes betydning.

Som eksempel på en komponent, hvis funktion kan studeres i den sammenhæng, hvori den indgår kan nævnes dioden, der indgår i dektoren. Ud fra den iagttagne funktion kan eleverne opfordres til at generalisere og forudsige diodens indvirken i andre sammenhænge, som derefter kan afprøves eksperimentelt.

Under fjernelsen af bærebølgen møder eleverne en kondensator, hvis funktion og indflydelse på signalet er umiddelbart iagttagelig. De kondensatoregenskaber eleverne udleder af disse iagttagelser, kan de sammenholde med deres tidligere erfaringer om kondensatoren således, at elevernes forestillinger om komponenten stadig uddybes, præciseres og nuanceres.

Radiosending forudsættes at foregå på samme frekvenser som radiomodtageren er indrettet til at modtage (af tekniske grunde er langbølge at foretrække) og med en så lille udgangseffekt, at forstyrrelser er udelukket. Yderligere bør systemerne indrettes sådan, at eleverne ikke umiddelbart kan bygge og anvende senderen uden for skolen, hvilket er forbudt.

Formålet med denne del af undervisningen er at komplettere elevernes erfaringer med trådløs kommunikation af data, og systemet bør derfor opbygges rimeligt korrekt set fra et teknisk synspunkt dvs. med separat styreoscillator, modulator, PA-trin og pi-led til antennen. Samtidig må de mulige konsekvenser af ukorrekt konstruktion af en sender gøres klart for eleverne.

Som modulerende signal kan man anvende f.eks. tale/musik via forstærkerenhederne fra niveau 1, men man kan også lade eleverne arbejde med/udvikle systemer, der f.eks. kan overvåge en patients temperatur eller puls og - f.eks. via en AMV omsætte disse data til en frekvens, der derefter udsendes (patientovervågningssystemer).

Indgangen til digitale systemer kan f.eks. være den ovenfor nævnte transmission af digitale data, eller problemerne omkring nøjagtig måling af senders frekvens.

Den digitale udtryksform bør indtage samme plads undervisningen igennem som den analoge. Digitale systemer bør da også først og fremmest tjene til at åbne elevernes øjne for de muligheder, der ligger i anvendelsen af integrerede digital kredse. Dette kan betyde, at eleverne aldrig får set en bistabil multivibrator eller schmitttrigger opbygget med diskrete komponenter, men til gengæld vil de lære funktionerne at kende, og få lejlighed til at anvende dem i store, realistiske systemer.

Undervisningen kan bygges op omkring digitale sekvenskredse (især tællere og skifteregistre), der fødes med information fra f.eks. de fra det foregående kendte enheder, der kan afgive digitale signaler. Det vil i reglen være nødvendigt at anvende en "interface-enhed" i form af en integreret schmitt-trigger mellem disse og sekvenskredsene. Herunder kan schmitt-triggerens funktion undersøges. Til styringen (kontrollogikken) vil der være behov for anvendelse af forskellige gate-typer. Deres funktion kan tages op i denne konkrete sammenhæng.

Blandt de emner og problemer, der kan tages op i undervisningen, er f.eks. følgende: Hvordan kan en tæller bringes til at lukke op i et ganske bestemt tidsrum, hvordan kan man frembringe styreimpulserne hertil, og hvordan kan man gøre systemet automatisk registrerende? Simplificering af udlæsningen ved at gå fra binær- til BCD-tællere. Dekodning og decimaludlæsning. Lagring af information på magnetbånd. Her kan en elevgruppe udvikle en enhed, der muliggør indspilning af impulser på en almindelig kassettebåndoptager, mens en anden gruppe, der modtager båndet, forsøger at læse og forstå den indspilte information.

Niveau 3:

Undervisningen skal fastholde og videreudvikle de metoder og holdninger, eleverne har erhvervet sig på de foregående niveauer.

De konkrete emner for undervisningen fastlægges i samråd med eleverne ud fra de til rådighed værende tekniske og økonomiske muligheder.

Undervisningen kan bygges på apparater og enheder med et videre brugsmæssigt sigte, herunder apparater, der tilsluttes lysnettet (eksempel: strømforsyning). Under alle omstændigheder skal relevante dele af stærkstrømsreglementet gennemgås sammen med eleverne.

6. Eksempel på et undervisningsforløb

Denne sekvens tænkes at finde sted i begyndelsen af undervisningen på niveau 1, og den afvikles over 3-4 måneder med en ugentlig dobbelttime.

Eleverne arbejder sammen to og to, og hvert hold bygger en astabil multi-vibrator (AMV) på sømbrædt. AMV'en forsynes med pærer som kollektorbelastning, og komponenterne, der ligger klar til eleverne, er valgt sådan, at frekvensen bliver tilpas lille (f.eks. $\frac{1}{2}$ Hz). Fortrykket til sømplanen udleveres i form af et diagram i passende størrelse, med angivelse af kondensatorernes polaritet, transistorforbindelser, driftspændingstilslutning etc.

Instruktionen af eleverne er meget kortfattet, og omhandler i det væsentlige, hvordan man skal gøre ("dette er en transistor, den skal anbringes sådan" etc.).

Under elevernes arbejde kan man demonstrere for de enkelte hold, hvordan en korrekt lodning skal udføres, og iøvrigt hjælpe til med de tekniske problemer.

I løbet af et par lektioner vil alle AMV'er være i funktion, og eleverne måler (ved tælling) frekvensen (udtrykt i blink pr. minut). Herefter foretages en udskiftning af de frekvensbestemmende basismodstande. Efter måling af den nye frekvens, har eleverne et grundlag for at forudsige (gætte) frekvensen ved andre basisresistanser, og ved hver ny værdi startes der derfor med et gæt - og derefter kontrol ved måling. De resistanser, der anvendes her, vælges af læreren for at give eleverne en rimelig chance for at opdage sammenhængen.

Opgaven vendes nu om: Eleverne skal få deres AMV til at give et bestemt antal blink pr. minut. Herunder bliver det klart (for eleverne), at modstande kun findes i ganske bestemte standardværdier men også, at mellemliggende værdier kan fås ved serie- og/eller parallelforbindelser af standardværdierne. Dette tages ikke op til generel drøftelse, men stilles som spørgsmål til de elevgrupper, der ikke kan finde den værdi, de ønsker at bruge. Herved opdager de, at to 10 kohm modstande i parallel giver samme frekvens som de ville forvente med én 5 kohm modstand etc. Til de elever, der insisterer på at ramme den forlangte frekvens nøjagtigt, udleveres en trimmodstand eller et potentiometer med en kort besked om, hvad det er. Det er derefter elevernes opgave at anbringe den variable modstand korrekt i kredsen og justere til den ønskede frekvens.

Nu anbringes en bestemt basismodstand i AMV'en, og eleverne starter en udskiftning af kondensatorerne efter samme retningslinier som ovenfor, idet man udvælger kapacitanser, der stadig holder frekvensen indenfor det synligt tællelige. Når eleverne har styr på sammenhængen kapacitans/blink pr. minut, kan man (i hvert fald overfor nogle elevgrupper) prøve at få dem til at sammenfatte deres erfaringer gennem spørgsmål som: Er der andre kombinationer af R og C, der giver samme frekvens.

Der udleveres nu kondensatorer med så lille kapacitans, at det ikke længere er muligt at se pærerne blinke. Eleverne kan nogenlunde forudsige, hvor hurtigt pærerne bør blinke, men står overfor problemet: Passer det nu også? Hvordan måler vi det? Og svinger AMV'en i det hele taget? Man lader eleverne koble en højttaler til AMV'ens udgang, således, at de nu kan høre svingningerne.

Samtidig iagttages disse på et oscilloskop, der indføres her som et apparat, hvormed man kan iagttage svingninger. Frekvensen lader man eleverne måle på en frekvenstæller, der eventuelt kan være en binær tæller med integrerede kredse, hentet fra et senere trin i undervisningen. Eleverne skal her blot instrueres om, hvordan tælleren anvendes.

Nu indføres frekvensen som antallet af svingninger pr. sekund med enheden hertz. og man lader eleverne arbejde frit med udskiftning af komponenter således, at de får en fornemmelse af sammenhængen mellem frekvens og tonehøjde. De elever, der har behov for et konkret mål, kan f.eks. stilles overfor den opgave at få AMV'en til at lyde ligesom en myg!

Hver elevgruppe får nu udleveret frekvensen svarende til én af klavertonerne indenfor midteroktaven, med besked om at justere AMV'en til præcis denne frekvens. I fællesskab kan klassen herefter spille enkle melodier med telegrafnøgler som tangenter. Spørgsmålet om at få AMV'erne til at spille gennem kun én højttaler - og med større lydstyrke - vil givetvis blive rejst, og søges løst ved samtale med eleverne under deres forsøg, hvorunder begrebet belastning (og udgangsmodstand) får umiddelbar mening, idet man erfarer, at man ikke uden videre kan koble de forskellige udgange sammen. Yderligere stilles en udgangsforstærker til elevernes rådighed således, at projektet kan føres igennem til en rimelig afslutning.

I en musikinteresseret klasse kan man gå lidt videre i "musikteori" ved ad eksperimentel vej at lade eleverne finde ud af frekvenssammenhængen mellem toner med en oktavs afstand etc.

Eleverne får nu den opgave at fremstille et print til en DC-forstærker ("darlingtonkobling" med åben basis, sikringsmodstand mellem trinnene og en pære som belastning) ud fra et printforlæg. Samtidig skal de tegne diagrammet, selvstændigt opbygge enheden på et sømbrædt, og kontrollere, at enhederne fungerer ens. Ved samtaler med eleverne mens de på sømbrædtopstillingen forsøger at finde ud af, under hvilke omstændigheder pæren kan lyse, klarlægges transistorens fundamentale funktion som strømstyrende enhed. Herunder indføres universalinstrumentet som et bekvemt redskab til at holde rede på strømme og spændinger.

Herefter får eleverne til opgave at forbinde forstærkeren med AMV'en på en sådan måde, at denne starter i det øjeblik forstærkeren - opfattet som en kontrolenhed - påvirkes. AMV'en er således nu en enhed, der blot bruges som akustisk alarm, mens forstærkeren er en styre-enhed. Eleverne instrueres om at anbringe en kondensator mellem nul og forstærkerens indgang og iagttage de ændringer i systemet, dette medfører. Heraf får eleverne de første forestillinger om en kondensators funktion, men samtidig anvendes funktionen i det aktuelle system til praktiske (timing-) formål (eksempel: Find en sådan kondensator, at apparatet kan bruges til at koge æg efter!). Her er AMV'en aktiveret under kondensatorens afladning, hvilket netop til disse formål er upraktisk, og eleverne opfordres derfor til at forsøge at frembringe den modsatte funktion. Denne opgave ligger i overkanten af, hvad de forventes at kunne løse, men den benyttes til - sammen med eleverne - at diskutere en række kredsløbstekniske muligheder - en diskussion, der i høj grad er baseret på anvendt elektricitetslære, men som i situationen er stærkt motiverende, og som yderligere uddyber elevernes praktiske kendskab til transistoren og strømmene og spændingerne i og omkring den.

Den her skitserede undervisningssekvens munder ud i, at eleverne får fri udfoldelsesmulighed i en rimelig tid til at anvende deres nyerhvervede kunnen på ideer og muligheder, som undervisningen har inspireret dem til. F.eks. kan nogle elever ønske også at bygge en AMV på print. således, at de sammen med DC-forstærkeren på print får en enhed, de kan anvende hjemme.