

KURSHFTE  
Byggekurs høsten 2010



Byggebeskrivelse for Imponator 2010

©2010 Omega Verksted

Alle rettigheter er reservert. Det er ikke lov å reprodusere med dette heftet, fordi det er et åndsverk. Det er ikke lov å brette papirfly av, eller på annen måte spre innholdet av denne blekka uten skriftlig tillatelse i  $\pi$  eksemplarer fra utgiver. Dersom det skulle komme oss for øret at noen allikevel har forbrutt seg mot oss, kommer vi hjem til deg og bruker telefonen på deg mens vi spiller trekkspill og synger Helmut Lotti. Lenge leve Omega Verksted.  
Printed in The Constitutional Anarchy of Norway.

# Innhold

<b>1 FORORD</b>	<b>3</b>
<b>2 KOMPONENTBESKRIVELSE</b>	<b>4</b>
2.1 Motstand . . . . .	4
2.2 Kondensator . . . . .	6
2.3 Diode . . . . .	8
2.4 Lysdiode . . . . .	8
2.5 Transistor . . . . .	9
<b>3 MIKROKONTROLLER</b>	<b>12</b>
3.1 Programmering av mikrokontrollere . . . . .	13
<b>4 LODDEKURS</b>	<b>15</b>
<b>5 IMPONATOR</b>	<b>17</b>
5.1 Skjemategning . . . . .	17
5.2 Komponentplassering . . . . .	18
5.3 PCB, fremside . . . . .	18
5.4 PCB, bakside . . . . .	19
5.5 Lodding av lysdiodeplate . . . . .	19
<b>6 KOMPONENTLISTE</b>	<b>20</b>
<b>7 MONTERINGSBESKRIVELSE</b>	<b>21</b>
<b>8 FEILSØKING</b>	<b>24</b>
<b>9 KRETSSKJEMA OG VIRKEMÅTE</b>	<b>24</b>
9.1 Multiplexing/diodedrivere . . . . .	24
<b>10 FERDIG IMPONATOR - HVA NÅ?</b>	<b>26</b>
10.1 Nye mønster . . . . .	26
<b>11 OMEGA VERKSTED - HVA, HVOR OG HVORFOR?</b>	<b>27</b>
<b>12 ETSING AV PRINTKORT</b>	<b>28</b>
<b>13 NATURLOVER FOR DET MODERNE MENNESKET.</b>	<b>29</b>

# 1 FORORD

Velkommen til nok en høst med Omega Verkstedes byggekurs! Hvert år siden 1982 har vi arrangert denne innføringen i praktisk elektronikk for studenter på elektroteknisk avdeling (og andre interesserte). Imponatoren har etter hvert utviklet seg til å bli et “must” blant broedre iitem systre. Den har stått på programmet hvert år siden 1985, så også i år.

I imponatoren bruker vi en AVR mikrokontroller med programmerte sekvenser. Dette innebærer at det er mulig å skifte ut sekvensen eller tilpasse den til et annet design enn den tradisjonelle Omegaen for de som måtte ønske det.

Det som foreleses ved NTNU (gamle NTH) har et snev av relevans og kan i enkelte tilfeller omsettes i praksis. Dette håper vi å kunne vise dere i løpet av dette kurset. Vi håper også at kursdeltakere og arrangører som vanlig vil hygge seg sammen på kurset. Til slutt vårt lærerike motto:

**Tabell 1**

Du behersker	TEORI: Du kan alt, men ingenting virker...
Du behersker	PRAKSIS: Alt virker, men du vet ikke hvorfor...
Du behersker både	TEORI og PRAKSIS Ingenting virker, og du vet ikke hvorfor

Med de ♥ -ligste hilsener og lykkeønskninger

OMEGA VERKSTED

## 2 KOMPONENTBESKRIVELSE

### 2.1 Motstand

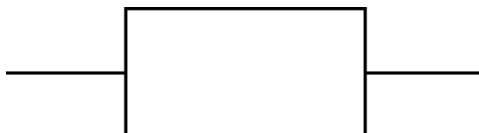
La oss fra begynnelsen bruke de riktige ordene. En motstand er en ting man kan ta og føle på, og motstanden har en bestemt resistans som måles i ohm ( $\Omega$ ). Motstander kan kjøpes i et utall forskjellige utførelser med en mengde forskjellige resistansverdier. Det finnes tre vanlige standardserier: E12, E24, og E96. Seriene har henholdsvis 12, 24 og 96 verdier pr dekode<sup>1</sup>. Av tabellene fremgår hvilke verdier som finnes i seriene E12 og E24, og sammenhengen mellom standardserier og toleranse.

En motstands resistans er aldri helt nøyaktig. Motstandene produseres slik at verdien er innenfor en bestemt toleranse. De toleransene man normalt sett operer med er  $\pm 10\%$ ,  $\pm 5\%$ ,  $\pm 2\%$  og  $\pm 1\%$ . I dag får man stort sett bare motstander med en toleranse på  $\pm 1\%$  med mindre man snakker om effektmotstander.

E12: 10 12 15 18 22 27 33 39 47 56 68 82 100 120 . . .

E24: 10 11 12 13 15 16 18 20 22 24 27 30 33 36 39 43 47 51 56 62 68 75 82 91

Toleransene for motstandsseriene også standardisert:  $\pm 5\%$  for E12-serien,  $\pm 2\%$  for E24-serien og  $\pm 1\%$  for motstander i E96 serien.



**Figur 1:** Krettsymbol for motstand

Motstandene fremstilles for å kunne tåle forskjellige effekter. I elektronisk utstyr anvendes ofte  $\frac{1}{4}$  W,  $\frac{1}{3}$  W eller  $\frac{1}{2}$  W (Watt) motstander, men motstander for 50 W, 100 W og mer eksisterer også. Uten å komme inn på produksjonsmetodene kan det nevnes at motstander opptil 2 W effekt fremstilles av et lag karbon eller metall på et stykke glassrør. Over 2 W vikles motstanden med såkalt motstandstråd. Oftest er motstandstråden laget av en metallegering kalt konstantan.

På større motstander er verdien påstemplet med tall og på små motstander er den merket i kode med fargeringer. Fargekodens betydning fremgår

<sup>1</sup>Dekade: Tidobling av motstanden

av tabellene på de neste sidene og den er egentlig ganske enkel å huske hvis man benytter følgende huskeregel: “Sorte Bamses Rusler Over Gul-Grønne Blåner”. Observante mennesker har derimot konstatert at reglen mangler fargene Grå og Hvit.

Du begynner avlesningen med den fargeringen som er nærmest den ene enden av motstanden. Toleranseringen er altså plassert til høyre.



**Figur 2:** En motstand

Noen regneeksempler:

En motstand med ringer i fargene (fra venstre)

**Tabell 2:** Eksempel 1, motstandsverdi

Brun	Svart	Svart	Brun	Rød	Rød
1	0	0	0	$\pm 2\%$	$\pm 50 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

Dette er da  $10\,000\Omega$  eller  $10\text{k}\Omega$

En annen motstand kan ha ringer med fargene (fremdeles fra venstre):

**Tabell 3:** Eksempel 2, motstandsverdi

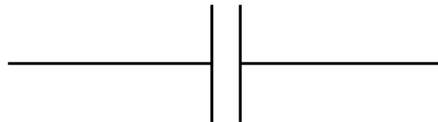
Grønn	Blå	Svart	Brun	Brun	Rød
5	6	0	0	$\pm 1\%$	$\pm 50 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

Dette tilsvarer  $5600\Omega$ , eller  $5,6\text{k}\Omega$

I tillegg til ringene for resistansverdi har motstanden en toleransering og en temperaturring til slutt. Det kan være vanskelig å vite hvilken vei en skal lese motstandens verdi. Dette fordi det er mange fargeringer, og fordi temperatur- og toleranseringene kan ha samme farge som ”tall”-ringene. (På enkelte motstander vil man bare ha fem ringer; den femte vil da vanligvis være toleransering.) Vanligvis er det større avstand mellom den siste ringen og temperaturringen. En motstand som har fargene grønn, blå, svart, brun, brun og rød lest fra venstre, har verdien  $5600\Omega$ . De to siste ringene angir hhv. toleransen ( $1\%$ ) og temperaturkoeffisienten ( $\pm 50 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ). Et nyttig hjelpemiddel når man ikke gidder å lære seg å lese av ringene er et multimeter som direkte viser motstandsverdien.

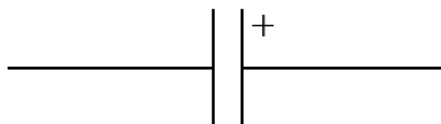
## 2.2 Kondensator

Også i dette avsnittet vil vi først definere betegnelsene. En kondensator har en bestemt kapasitans som måles i *farad*. En farad er en meget stor verdi, og de størrelser man oftest ser er  $\mu\text{F}$  (mikrofarad),  $\text{nF}$  (nanofarad) og  $\text{pF}$  (pikofarad). En kondensator lagrer energi i form av spenning:  $V = \frac{Q}{C}$ . Kondensatoren består prinsipielt av et elektrisk isolerende materiale mellom to ledende. De forskjellige typer kondensatorer har navn i henhold til hvilket isolerende materiale som benyttes. Kondensatorer er fryktelige å ha med å gjøre. I alle fall for nybegynnere. Man spør seg ofte: Hva i huleste gjør den kondisen der? Og hvorfor den verdien der? Når man regner på kretser med kondensatorer har det lett for å bli første ordens partielle differensiallikninger ut av det hele. Som utdanna ingeniører har vi ikke tid til å håndregne slike ligninger. Vi lærer oss derfor en del ”tjuv-triks” som er mer enn gode nok for analyseformål, og ofte er løsningen på problemet  $f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot RC}$ . Vi skal ikke gå nærmere inn på analyse av kretser her, og velger å si at den som går på Omega Verksted får se.



**Figur 3:** Kretssymbol for kondensator

Elektrolyttkondensatoren fremstilles i standardverdier (E-seriene) fra ca  $1 \mu\text{F}$  til over  $1\text{F}$ , og de må alltid kobles riktig med hensyn til pluss og minus. Man må også ta hensyn til den største spenningen som påtrykkes kondensatoren. De kan, alt etter type, tåle spenninger fra et par volt til over  $1000\text{V}$ . Sørg for å sette inn disse riktig polaritet, vi hater å miste kunder. Tilsvarende regler gjelder for tantalkondensatoren. Forskjellen er at tantalen tar mindre plass og den lukter verre når den slipper ut røyken. Elektrolytter og tantaler benyttes ofte til avkopling av forsyningsspenning til digitale og analoge kretser. Som avkopling fungerer kondensatoren som et kortvarig batteri som opprettholder forsyningsspenningen dersom denne skulle bli forstyrret.



**Figur 4:** Kretssymbol for elektrolyttkondensator



**Figur 5:** Elektrolyttkondensator

Polyesterkondensatorer, også kalt filmkondensatorer, fremstilles med kapasitanser fra 100pF til 10 $\mu$ F og spenninger fra 63V og oppover. De kan monteres vilkårlig, det vil si at man ikke trenger ta hensyn til pluss og minus.



**Figur 6:** Polyesterkondensator

Luftkondensatoren er best kjent i form av variable dreiekondensatorer og små trimmekondensatorer. Verdiene kan være fra 1 pF til ca. 1000 pF. Dessuten finnes glimmerkondensatorer, papirkondensatorer, keramiske kondensatorer og mange flere.

Grunnen til at det benyttes forskjellige materialer er at det gir kondensatoren forskjellige egenskaper med hensyn til størrelse i forhold til kapasitans, tap i komponenten, serieresistans, hvor høye frekvenser den kan brukes til, og endel andre ting. En virkelig kondensator har ikke ideell kapasitans, men

ideell kapasitans sammen med litt motstand i parallell og serie, samt noe induktans i serie. Det er vanlig at kondensatorene er merket med tallsymboler og bokstaver. Dette kan ofte se litt kryptisk ut, men lar seg vanligvis tyde. Har man tre siffer på kondensatoren, vil de to første sifrene indikere et tall som skal multipliseres med en tierpotens av det tredje sifferet. Det endelige svaret vil ha verdi i pikofarad.

Eksempel :

$$104 \Rightarrow 10 \cdot 10^4 pF = 100000 pF = 100 nF$$

$$272 \Rightarrow 27 \cdot 10^2 pF = 2700 pF = 2,7 nF$$

Verdien kan også være skrevet direkte ut, f.eks.  $2n7 = 2,7 nF$ ,  $\mu 22 = 0,22 \mu F$ . Store bokstaver (unntatt F og V) skal normalt ignoreres ved avlesningen.

### 2.3 Diode

Diodens spesielle egenskap er at den kan lede strøm i den ene retning, men vil sperre for strøm i reversretning. Som symbolet for dioden viser, regner man at strømmen går fra anode til katode (fra pluss til minus).



**Figur 7:** Symbol for diode

Diodene fremstilles for å dekke forskjellige behov. Likeretter- eller kraftdioder kan lede store strømmer og sperre for høye spenninger, og signaldioder er beregnet for små strømmer og spenninger. Merking av katoden fremgår av figur 7.

En diodes typebetegnelse er som regel påstemplet med bokstaver og tall, men vanlig fargekoding kan også forekomme. Diodens egenskaper med hensyn til spenning og strøm fremgår ikke av dens typebetegnelse. Disse opplysningene må søkes i den valgte diodes datablad.

### 2.4 Lysdiode

En lysdiode, forkortet LED (Light Emitting Diode), har den egenskap at den sender ut lys når det går strøm gjennom den i lederetning<sup>2</sup>. Den lages i flere farger. Rødt, grønt og gult er de mest brukte typene men også blå eller hvite er tilgjengelige. Siden en lysdiode ellers fungerer som en vanlig diode, og ikke som en lypære, må den aldri kobles direkte til et batteri.

<sup>2</sup>Når det går strøm gjennom den i sperreretningen sender den ut røyk.

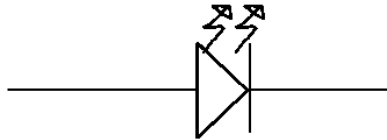
Da går det vanvittig mye strøm gjennom lysdioden og den brenner opp. Det må kobles inn en seriemotstand som begrenser strømmen gjennom lysdioden slik at den ikke blir ødelagt. Type TLR 124 begynner å lyse ved ca. 2 V og noen få mA i lederetning, og den kan tåle maksimalt ca. 50mA hvor den gir litt mer lys. Det anbefales en lysstrøm på 10-20mA. Formotstanden skal beregnes slik at spenningen over dioden blir ca. 2V. Da forsyningsspennigen er på 5VDC beregnes motstanden slik:

Strømstyrken skal være  $10mA = 0,01A$ .

Spenningen:  $5 - 2 = 3V$

Vi bruker Ohms lov og får:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3}{0,01} = 220\Omega$$



**Figur 8:** Symbol for LED

Det lange beinet på lysdioden er anoden, og det korte er katoden. Man kan støte på lysdioder som ikke har samme plassering av anode og katode, da man også i komponentbransjen har vanskelig for å enes om en standard. Dersom man har koplet på seriemotstanden og lysdioden ikke lyser, så er det som oftest bare å snu tilkoplingen. Dersom den fremdeles ikke lyser er du utsatt for Murphy's lov<sup>3</sup>. Bytt LED.

## 2.5 Transistor

En transistor har som sin viktigste egenskap at den kan forsterke strøm. Det vil si at transistoren ved hjelp av en liten strøm kan styre en mye større strøm. Den kan også benyttes som av/på bryter, det vil si at den lille strømmen bare slår av eller på den store strømmen. Det er slik den blir brukt i imponatoren.

Det finnes mange typer av transistorer. Eksempler på slike er FET, BJT og IGBT. (Slike forkortelser er fine dersom du vil imponere venner og kjente.) Disse brukes til forskjellige formål. F.eks. er MOSFET stort sett enerådende i digitale kretser. Den typen som benyttes i imponatoren er BJT. Bokstavene BJT står for Bipolar Junction Transistor. Av denne finnes det to typer, nemlig NPN- og PNP-transistorer. Disse to er like, bortsett fra at de har motsatt polaritet. BC550 (NPN) og BC560 (PNP) er et transistor-par, det er BC550 transistorer som blir brukt i imponatoren.

<sup>3</sup>Se vedlegg



**Figur 9:** Transistors

Denne forklaringen forteller hvordan BJT transistoren virker. De andre transistortypene virker i hovedtrekk på samme måte, men det er en del mindre forskjeller. Vi har tatt utgangspunkt i en npn-transistor, men en pnp-transistor virker på samme måten. Det er bare å snu på polariteten. BJT transistoren har tre bein. Disse beina kalles:

- Emitter
- Base
- Kollektor (collector på engelsk)

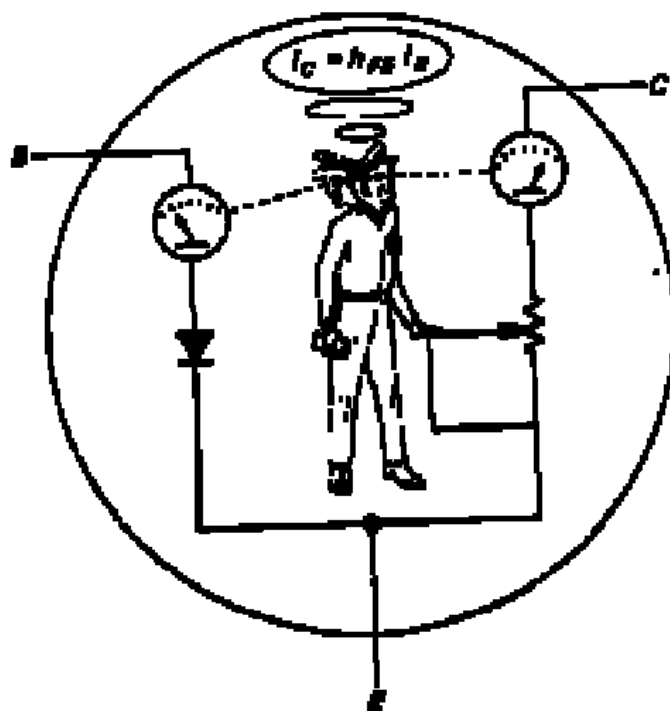
Legg spesielt merke til hvordan beina er nummerert i databladene. Mellom to av beina på transistoren, base og emitter, legger vi på en liten strøm eller et signal (f.eks. noe av Beethoven) som vi vil forsterke. Så legger vi på en spenning over kollektor og emitter. Transistoren vil da sørge for at strømmen gjennom kollektor og emitter varierer i takt med strømmen gjennom base og emitter.

Dette kan kanskje best illustreres med en figur som vi har kopiert fra "The Art of Electronics", figur 10. Inni transistoren sitter det en liten mann, "transistormannen" som har som sin eneste oppgave her i livet å regulere en variabel motstand (potmeter) slik at strømmen fra kollektor til emitter blir proporsjonal med strømmen fra base til emitter. (Hvis du tviler på at det sitter en slik liten mann inne i transistoren kan du bare åpne opp en og se etter . . . )

Forholdet mellom de to strømmene kalles transistorens forsterkning (gain på engelsk). Denne forsterkningen betegnes ofte med  $\beta$  eller  $h_{fe}$ . For de transistorene som brukes i imponatoren er forsterkningen  $\beta$  typisk av størrelsesorden 100-300.  $\beta$  kan nemlig variere veldig fra transistor til transistor selv i samme pose. Dette skyldes fysiske parametre og kan ikke unngås. I virkeligheten er det en guffen kvantemekanisk forklaring på virkemåten til transistoren, men den er aldeles ikke nødvendig å kunne for å bruke en transistor til imponatorformål, like lite som det er nødvendig å forstå mikroprosessorarkitektur for å spille tv-spill.

I imponatoren benyttes transistoren for øvrig bare som en bryter for lysdiodene. Denne koblingen kalles en transistordriver og er en ganske vanlig bruk av transistorer innen imponatorteknikken<sup>4</sup>.

<sup>4</sup>læren om imponatorer.

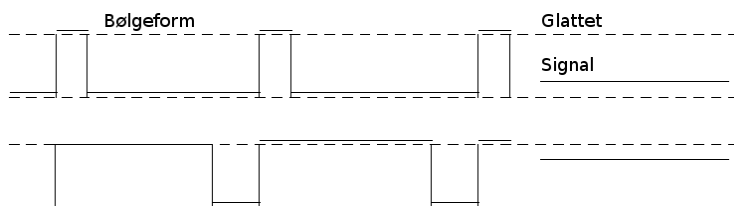


Figur 10: Modell av transistor

### 3 MIKROKONTROLLER

Selve kjernen i imponentoren er mikrokontrolleren (kalles ofte bare kontroller). En mikrokontroller er i prinsippet er liten datamaskin klemt inn på en brikke. Den kan programmeres til å gjøre nær sagt hva som helst. Stort sett alle elektroniske apparater inneholder en eller flere mikrokontrollere. I biler brukes de til å overvåke og lese ut diverse sensorer og styre ting og tang slik at bilen går som den skal. I vaskemaskinen sitter det ofte en mikrokontroller som sørger for at tøyet ditt blir rent. I stereoanlegget sitter det kontrollere som tar seg av fjernkontrollbetjeningen, display osv. osv. Det er nær sagt ingen grenser for hva man kan bruke disse små dingsene til.

I imponentoren brukes det en AVR mikrokontroller kalt ATmega168 fra Atmel. Denne er basert på en mikrokontroller utviklet og konstruert av to tidligere studenter ved skolen, Alf Egil Bogen og Vegard Myklebust. Hvor navnet AVR kommer fra vil de ikke røpe, men det er mange som mener det står for Alf Egil og Vegards RISC.



**Figur 11:** Eksempel på PWM

Kontrolleren har et program som styrer lysdiodene på plata. Dette har mulighet til å bestemme om spenninga på en utgang skal være 5V eller 0V (koblet til jord). For at imponentoreffekten skal være spesielt overbevisende brukes en teknikk som gjør at lysene blir fadet inn og ut (til forskjell fra den ikke fullt så imponerende av / på metoden). For å få til dette brukes en vanlig metode kalt puls-bredde-modulasjon. Den går ut på å ha et signal med en fast frekvens (fast periode) og regulere hvor stor andel av denne perioden signalet er høyt. Hvis man da tenker seg at denne spenningen blir "jevnet ut", får man en fast gjennomsnittsspenning. Ved å øke tiden signalet er høyt vil også denne spenningen øke. Dette er vist i figur 11, der den øverste bølgeformen gir en lavere spenningen enn den nederste. Tiden signalet er høyt kalles Duty Cycle og angis som en prosentandel av perioden.

For å få lagt inn det imponerende programmet i minnet på mikrokontrolleren, bruker en gjerne ISP(In System Programming)-programmering. For å gjøre dette trengs en krets som kan gjøre denne programmeringen. Siden

Atmel Norway har en gunstig avtale med Omega Verksted, selger vi til tider utviklingskort til alle medlemmer for en rimelig sum slik at en kan utføre denne type programmering.

### 3.1 Programmering av mikrokontrollere

Selv om mikrokontrolleren har endeløse muligheter, er den i utgangspunktet stakk dum. For at den skal styre ting på en imponerende måte må man skrive et program som forteller i detalj, hva den skal gjøre. Til dette brukes hovedsaklig et programmeringsspråk kalt C. C er et veldig gammelt programmeringsspråk, laget av to menn med skjegg, og har lignende struktur som de fleste andre programmeringsspråk. En har mulighet til å gjøre beregninger, styre programflyt (if, while for...) samt å styre og måle spenningen på tilkoblingskontaktene til mikrokontrolleren. I tillegg får en også tilgang til mye nyttig hardware i mikrokontrolleren. Hvordan programmet får kontakt med de fysiske kontaktene kan kanskje forekomme litt magisk. Dette gjøres ved hjelp av såkalt *Memory Mapped IO*, dvs. en har forhåndsdefinerte variabler som kan settes for å styre en utgang, eller leses for å finne spenningen på en inngang. For eksempel kan spenningen på kontakt settes til 5V med følgende linje:

```
PORTA = 1;
```

Her er PORTA en forhåndsdefinert variabel (et bestemt navn), som blir satt til verdien 1. Dette fører i sin tur til at spenningen på kontakten med navnet PA0 blir satt til 5V. For å gjøre dette litt vanskeligere, styrer variabelen PORTA 8 forskjellige kontakter, disse kalt PA0, PA1, PA2, PA3, ..., PA7. For at hver av disse skal kunne styres individuelt må det PORTA kunne settes til  $2^8 = 256$  forskjellige tall. For å få kontroll over hvordan hver av disse kontaktene skal styres må en tenke binært (2-tall-system). Si en ønsker at PA0 og PA7 skal være 5V, mens resten skal være 0V. Da må PORTA settes til en verdi men en binær-verdi hvor 0-te sifferet er "1", 7-ende sifferet er "1", og resten av de binære sifferene må være "0", altså skal binærverdien til PORTA være "10000001". I ti-tall-systemet tilsvarer dette verdien "129", og følgende linje kan derfor brukes:

```
PORTA = 129;
```

Siden en veldig ofte må tenke binært (to-tall-system) har de som laget C-språket gjort det mulig å angi tall i to-tall-systemet. Dette gjøres ved å skrive "0b" foran de binære sifrene. Eksempelet vårt vil da kunne utføres med følgende linje:

```
PORTA = 0b10000001;
```

Denne måten er ofte å foretrekke siden den er enklere og mer oversiktelig.

For å lage imponerende innretninger med mikrokontrollere er det en fordel med noe mer kunnskap enn hva som kan formidles kun i dette kurset. Nettsteder som [www.avrfreaks.com](http://www.avrfreaks.com) kan derfor sterkt anbefales som en kilde til mer informasjon. Folk på Omega Verksted vil også være behjelpelig hvis en ønsker å erverve ytterligere viten om temaet. En detaljert beskrivelse av mikrokontrollerene finnes i databladene til Atmel, og kan lastes ned på [www.atmel.com/avr](http://www.atmel.com/avr). I første (og senere) iøyenynsyn virker disse databladene ganske skremmende, og må på ingen måte leses fra perm til perm. Et godt råd er å starte på begynnelsen, lese de innledende avsnittene og se på bildene.

## 4 LODDEKURS

Kunsten ved lodding er å bruke den riktige enden av loddebolten. Nei, alvorlig talt, kunsten ved lodding er å bruke den riktige mengden loddetinn, ikke for mye og ikke for lite, passe mye varme, og å holde spissen på loddebolten ren. I en god lodding har tinnet flytt jevnt og glatt ut langs loddeflatene. Hvis man bruker for lite varme, eller hvis det ikke er kommet tilstrekkelig flussmiddel (kunst-harpiks blandet i tinnet) på loddestedet, får man en såkalt kaldlodding. Loddingen kan se fin ut, men tinnet har ikke flytt riktig ut langs loddeflatene. Resultatet av en kaldlodding er dårlig elektrisk kontakt mellom de to flatene. I de riktig lumske tilfeller fungerer elektronikken utmerket den første tiden, men når loddetinnet anløpes (korroderes), ødelegges den elektriske forbindelsen. Slike brudd er veldig vanskelig å finne i ettertid.

Selve loddeprosessen fra pkt. 4 - 6 bør ikke ta lenger tid enn 2 - 3 sek. Dette gjelder spesielt IC-er<sup>5</sup>. IC-er loddas av maskiner i industrien. Derfor tåler de ganske sterk varme over en kort tidsperiode. For å få fordelt varmen, lodder du IKKE beina i rekkefølge, men en pinne på hver side av IC'en av gangen. Det er lurt å vente med å lodde fast IC'ene til du har fått litt trening på mindre kritiske komponenter som f.eks. motstandene som det er ganske mange av.

1. Sjekk at loddebolten er skikkelig varm ved å stikke loddetinnet bort på spissen. Sørg også for at du har en fuktig svamp til å tørke av loddeboltspissen av og til.
2. Bøy til komponenten slik at avstanden mellom beina tilsvare avstanden mellom hullene i printkortet. Sett i komponenten slik at beina stikker ut på den siden hvor det er kobber.
3. Bøy beina på komponenten ut til hver sin side, slik at de danner ca. 45 grader med kobberoverflaten. Komponentene sitter bedre dersom du bruker en nebbtang til å bøye beina med. Ikke klipp av beina på IC-er! Nybegynnere bør heller ikke bøye beina på IC-er, da dette gjør eventuell utlodding vanskelig.
4. Ta litt loddetinn på spissen.
5. Plasser spissen på loddebolten slik at den berører både printbanen og komponentbeinet.
6. Tilfør loddetinn til printbanen ved komponentbeinet. Tinnet skal smelte på kobberet, ikke på bolten. La tinnet flyte utover kobberbanen rundt hullet på printet, og oppover langs komponentbeinet. Loddetinn

---

<sup>5</sup>integreert krets, f.eks en mikrokontroller

inneholder flussmiddel som ikke er spesielt sunt å puste inn. Enkelte har fått hodepine, gjerne dagen etter lodding, og loddetinn er en kjemisk forbindelse man skal ta alvorlig.

7. Fjern tinnnet FØR loddebolten.

#### **Loddebolten:**

Loddeboltens spiss skal helst være ganske tynn slik at man kan komme godt til overalt. Loddespissen går under betegnelsen ”long life”, og er jernbelagt slik at kobberet under ikke anløpes. Spissen må derfor IKKE files! Når det gjelder loddetinn, bør man bruke den typen som er tilsatt flussmiddel. Flussmiddelet virker rensende på de flater hvor loddetinnet skal smeltes ut og beskytter loddetinnet mot anløping. Flussmiddelet kan for eksempel være harpiks. Selv om flussmiddelet renser loddeflaten, er rensingen ikke effektiv overfor tykke lag fett eller smuss som er alle loddingers fiende. Det er derfor viktig at loddeflatene er rene før man begynner å lodde.

#### **Tinnsugeren:**

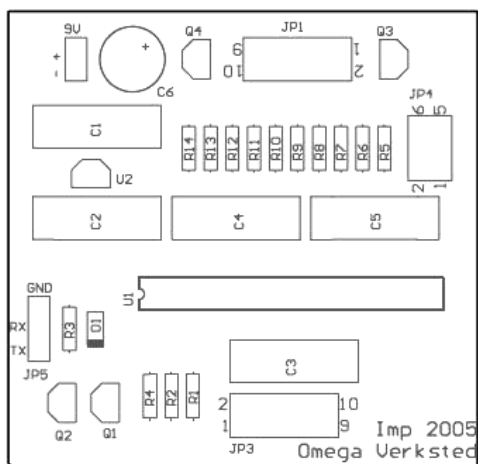
Ved feil under loddingen, f.eks. at man har satt inn komponenten feil vei eller på feil sted, er det gunstig å ha en tinnsuger tilgjengelig. Loddetinnet rundt komponentbena må først varmes opp, og så kan tinnsugeren suge bort tinnnet. Komponentene kan nå tas ut uten at hverken den eller printplaten er skadet.

#### **Loddelisse:**

I stedet for tinnsuger kan man bruke loddelisse. Dette er et vevd kobberbelte som trekker til seg loddetinnet som en svamp når den varmes opp. Lissen legges over tinnnet som skal fjernes og varmes med loddebolten og vips så er tinnnet sugd opp av lissa.

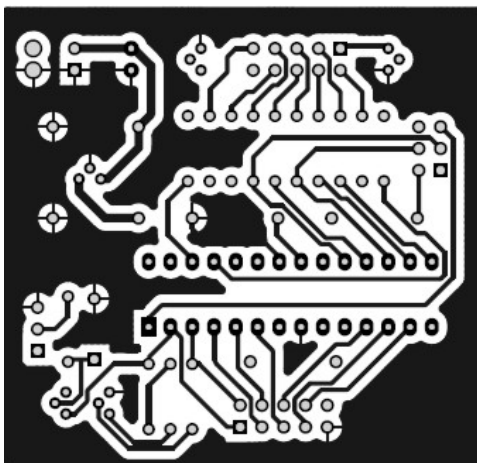


## 5.2 Komponentplassering



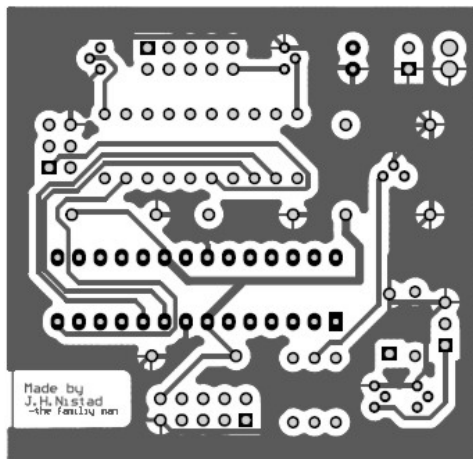
Figur 13: Komponentplassering

## 5.3 PCB, fremside



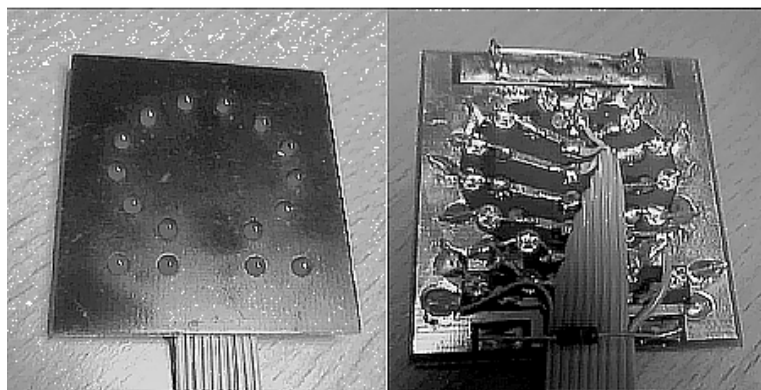
Figur 14: PCB-utlegg, fremside

## 5.4 PCB, bakside



Figur 15: PCB-utlegg, bakside

## 5.5 Lodding av lysdiodeplate



Figur 16: Slik skal diodeplaten se ut for Omega-versjonen

## 6 KOMPONENTLISTE

Bill Of Material For Imp 2010 main Board

Tabell 4

Komponent	Antall	Komponentar
10k $\Omega$	2	R1, R3
1k $\Omega$	2	R2, R4
100 $\Omega$	8	R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13
4,7k $\Omega$	2	R5, R14
100nF	5	C1, C2, C3, C4, C5
1N4148	1	D1
BC550	4	Q1, Q2, Q3, Q4
To LED Board	1	JP1
ISP-header	1	JP4
3-pins header	1	JP5
47uF	1	C6
ATMega168	1	U1
Batterikontakt	1	9V
MCU sokkel	1	U1
LED	16	
LED-board	1	
LED-boardkabel	1	
Kretskort	1	

Kontroller denne lista opp mot de utleverte komponentene du har fått.  
De komponentene som mangler, kan du hente et eller annet sted på labben.

## 7 MONTERINGSBESKRIVELSE

### ***NB! LES GJENNOM HELE MONTERINGSBESKRIVELSEN FØR DU BEGYNNER!***

Hvis det er noe du er tvil om, spør først! Husk, det er bedre å spørre et potensielt dumt spørsmål, enn å gjøre noe dumt!

1. Sjekk innholdet i den utleverte posen mot komponentlisten
2. Finn fram motstandene R6 - R13. (100 $\Omega$  Pass på at verdiene er riktige. Bøy beina så de passer med hullene. Sett motstandene på plass helt ned mot kretskortet og lodd dem fast.
3. Monter motstandene R1 og R3 (10k $\Omega$ )
4. Monter motstandene R2 og R4 (1k $\Omega$ )
5. Monter motstandene R5 og R14 (4,7k $\Omega$ )
6. Monter dioden D1. Pass på at den svarte streken på dioden ligger over den tykke kvite streken på printkortet. Ikke utsett dioden for loddebolten for lenge!
7. Monter sokkelen til mikrokontrolleren. Den ene enden av sokkelen er merket med et hakk på ene kortsiden. Pass på at hakket kommer i samme ende som på tegningen! Før du begynner å lodde er det lurt å sjekke at alle beina er kommet gjennom printet. Det er (nesten) umulig å lodde ut en slik komponent. Gå over printet og sammenlign med tegningen en gang til! NB! Ikke klipp og ikke bøy beina på sokkelen etter at den er satt på plass i printet!
8. Monter batteriklipset. Den røde ledningen skal til punktet merket +, og den sorte til punktet merket -. Tre ledningene gjennom de to litt større hullene fra undersiden av printet, og tre dem ned gjennom tilkoblingspunktet. Trekk litt i ledningene etter at de er loddet.
9. Monter den turkis og lillafargede hypereffekten i hullet merket SOB. Be om hjelp hvis loddebolten blir for varm.
10. I feltet merket U2 skal det ikke være noen komponent, men det skal derimot loddas på en avklipt motstandsbein mellom de to hullene som er nærmest den flate siden.
11. Monter kondensatoren merka 47 $\mu$ F i feltet merket C6. Den lyseblå stripen markerer hvilket ben på kondensatoren som er minus. Hullet for pluss er merket på kretskortet.
12. Monter headerkontakten JP1. Denne skal monteres med de korte kontaktene ned i printet. Til denne skal diodeplaten kobles.

13. Monter ISP headeren (In System Programming) i feltet merket JP4. Den gjør at du kan koble imponentoren for eksempel til et STK500-kort for å programmere den selv og lage nye, egne programmer og mønster.
14. Monter headerkontakten JP5
15. Monter transistorene Q1, Q2, Q3 og Q4 (BC550). Vær nøye med polariteten til transistorene. Alle de flate sidene skal vende mot den flate kanten på tegningen på printet. Det er ikke nødvendig å presse transistorene helt ned mot printet.
16. Monter de fem blå, evt grå, kondensatorene C1 - C5.
17. Vask hendene dine, evt. tørk dem godt på sidemannens genser.
18. Finn fram den hybride fett og karbohydratforbindelsen og fjern den antistatiske mineral/ celluloseinnpakningen. (Du kan gjerne måle den først; dette vil gi deg en idé om hvor unøyaktig verdier oppgitt i dokumentasjoner kan være.)
19. Del den brunfargede substansen i passende deler, bruk gjerne fingrene, og innta disse i et avslappet tempo. Du skulle nå ha nok energi til å fortsette byggingen.
20. Finn frem den svarte printplata i byggesettet. Denne skal brukes til å montere lysdiodene på. Det lønner seg å ta en titt på den ferdige modellen. Da vil du lettere fatte resten av monteringsanvisningene. Husk på at det er lurt å få diodeplaten så tynn som mulig, dvs. at minst mulig ledningsstumper stikker opp fra baksiden av lysdiodeplata.
21. Hvis kobberplaten er tilsølt med maling e.l., må den pusses før man forsøker å lodde på den. Lysdiodene settes på plass fra baksiden (kobbersiden).
  - **For Omega/Nabla:** Minusbenet til diodene (katoden, dvs. det korte benet) bøyes forsiktig ned mot kobberet i ytterkant av diodeplata, klippes av og loddes fast. Halvparten av diodene skal loddes til den venstre delen av platen og resten skal loddes til den høyre delen. Dermed blir alle minusbeina koblet sammen til hver sin halvdel. Firkanten øverst på plata er avsatt til festena. De små firkantene nederst på plata er avsatt til strekkavlaster for flatkabelen (mer om dette senere).
  - Det andre beinet på lysdioden (anode, pluss) bøyes til, klippes til riktig lengde og loddes til loddepunktet like ved siden av lysdioden, mot midten av diodeplata.

- Nå skal du lodde flatkabelen fast til lysdiodeplata. For å få et godt resultat foreslår vi følgende metode: De to ytterste lederne på flatkabelen skal monteres på kobberstripene på hver side av logoen. De åtte lederne i midten skal loddes i rekkefølge på pad'ene. Det lønner seg å klippe til rett lengde på alle lederne, avisolere alle endene, og ha tinn på disse. I tillegg kan du med fordel ha litt loddetinn på pad'ene merket 1-8. Nå kan du lodde fast de to ytterlederne, og så ledningene i midten.
  - **For Emil:** Dere har fått utdelet ett ark med en beskrivelse av hvordan dere skal lodde platen deres. Bruk denne aktivt og dere vil lykkes i loddingen!
22. Det skal monteres en strekkavlaster nederst på printet for å holde flatkabelen på plass. Denne lages med en isolert enleder som loddes mellom de to firkantene nederst på printet. Pass på at du får flatkabelen mellom ledningen og printet. Bruk ikke så mye varme at isolasjonen smelter.
  23. Lodd fast festenaåla på firkanten øverst på printet. åpningen på låsen skal peke ned mot flatkabelen. Den enkleste metoden å feste nåla på er å lodde i de to hullene. Du må bruke mye varme for å få festet den, men pass på at du ikke bruker for mye varme. Dette kan skade lakken på forsiden. Det kan lønne seg å bruke to loddebolter.
  24. Plugg kontakten på flatkabelen på kortet. Hvis den settes i feil, vil sekvensen på imponentoren bli feil.
  25. Sett i batteriet.
  26. Nå som du har lest hele byggebeskrivelsen, kan du stryke punkt 9. (Det lønner seg å lese gjennom instruksjonene først.) Nå skulle imponentoren være ferdig og virke!

## 8 FEILSØKING

Hvis imponatoren ikke fungerer etter at du har loddet inn alle komponentene og ledningsbitene, foreslår vi at du går over kretskortet med argusøyne på jakt etter mulige feil. Eksempler på slike feil følger med mulige løsninger.

Når det kommer ugjennomsiktig gass (røyk) fra en komponent betyr det at den komponenten dør. Den må da byttes med en som har de samme tekniske spesifikasjonene som den døde komponenten hadde. Den døde komponenten vil gjerne få en annen farge enn den hadde i utgangspunktet. Det kan også lønne seg å finne grunnen til at komponenten døde.

Det er veldig lett å søle med loddetinn, noe som igjen kan føre til kortslutning på kortet. Sammelign derfor printbanene dine med Figur 15 i heftet for å se om det har oppstått noen nye ”baner” pga. loddetinnsøl. I så fall er det aktuelt å bruke tinnsugeren.

Noen komponenter kan være satt feil vei. Dette gjelder spesielt integrerte kretser, (lys)dioder, spenningsregulator, transistorer og ikke minst kontakten til lysdiodeplata!

Du har vel ikke byttet om to komponenter? Eller?

Det er ikke så vanskelig å ende opp med en kaldlodding. Det vil du før eller senere oppdage. I så fall er det bare en ting å gjøre: Lodde på nytt.

Til slutt kan det tilføyes at en forutsetning for at imponatoren skal virke er at batteriet er tilkoblet rett vei.

I de aller fleste tilfellene er det brudd eller kortslutning som lager krøll.

## 9 KRETSSKJEMA OG VIRKEMÅTE

Omega Verksteds imponator kan synes avansert for en som kan lite elektronikk. Det er den også, dersom en går til bunns i hva som skjer i den sorte brikken med alle beina på. Det er imidlertid uinteressant for oss. Vi skal bare konstatere at med dagens IC-teknologi er det til tider svært enkelt å lage tilsynelatende avansert elektronikk.

### 9.1 Multiplexing/diodedriver

På mikrokontrolleren bruker vi åtte datautganger, mens displayet har 16 lysdioder. Dersom alle disse diodene skal kunne styres uavhengig av hver-

andre, må en bruke litt triksing. Denne triksingen bærer det flotte navnet multiplexing (også kalt muxing). Prinsippet består i å vise de to halvdelene av displayet vekselvis med en slik frekvens at øyet ikke klarer å følge med. Kravet til denne frekvensen er bare at den ligger over ca. 150 Hz, og samtidig er så lav at kontrolleren klarer å følge med.

Diodeplata er delt i to deler der åtte lysdioder er loddet sammen på venstre side og de resterende åtte er loddet sammen på høyre side. I tillegg er diodene koblet sammen i par. På imponentkortet står det to transistorer som kobler spenning til vekselvis høyre og venstre side. Da ser vi lett<sup>6</sup> at multiplexingen fungerer slik: Hvis spenning er koblet til venstre side kan hver enkelt diode tennes ved å legge styresignalet for denne dioden lavt. Strømmen vil da gå fra drivspenningen (altså batteriet) og inn i mikrokontrolleren (strømmen går inn i mikrokontrolleren fordi den ikke klarer å levere nok strøm til å drive dem direkte, men den klarer å trekke tilstrekkelig strøm). Dioden på høyre side vil ikke lyse fordi transistoren for høyre side er av, og det derfor ikke er noe spenning til å drive dioden. For å styre multipleksingen brukes to datautganger på kontrolleren. Det brukes derfor i alt ti datautganger.

Når muxsignalet oscillerer med høy nok frekvens lurer en seg selv, broedre iteem systre og de soelle noviice (. . . AVSKY!!! . . .) til å tro at en har full kontroll på 16 lysdioder samtidig.

---

<sup>6</sup>På Gløshaugen ser vil *alltid lett* at. . .

## 10 FERDIG IMPONATOR - HVA NÅ?

Synes du dette var gøy? Stikk innom  $\Omega$  Verksted, så skal vi hjelpe deg igang med nye prosjekter. Vi har beskrivelser til mange forskjellige prosjekter. Dette inkluderer bl.a. forsterkere, høyttalere, lysdimmere m.m. Vi har de mest brukte komponenten på verkstedet og skaffer eventuelle andre komponenter du trenger (med mindre det er helt spesielle ting du skal ha).

### 10.1 Nye mønster

Om du skulle bli lysten på å lage nye mønster til imponatoren, så er det bare å begynne å programmere! Du kan programmere imponatoren vha. ISP-headeren ( gjerne da sammen med et STK500 som det skal gå å få kjøpe på Omega Verksted i løpet av høsten) eller vha. en BOOT-loader-kabel du kan lage selv. Som du kanskje også har lagt merke til, er det plass til en ekstra headerkontakt på printkortet; JP3. Via denne får du tilgang til en ekstra port på AVR-en, slik at du kan lage din egen og større diodeplate. Kildekoden finner du her: <http://code.google.com/p/imponator/source>

Mer informasjon er/vil bli tilgjengelig på <http://www.omegav.no>, mest trolig under menyvalg Byggekurs.

## 11 OMEGA VERKSTED - HVA, HVOR OG HVORFOR?

Ifølge informerte kilder ble verkstedet dannet i 1971, bl.a. med hjelp av nå avdøde hedersbroder (dengang vaktmester) Ragnar Gjølme. Resten av samfunnet kjenner oss som "Elektrostudentenes Linjeforenings Verksted", men det sier jo ikke så mye. Verkstedet har helt fra starten av vært et utpreget hobbyverksted, men vi får stadig telefoner fra forvirrede borgere som tror at vi reparerer synthesizere og rustne mixmastere. Omega Verksted er altså plassen der kun elektronikkfreaker med transistorer og kretsskjemaer på maten ferdes? Feil. Blant klientellet finnes alt fra gamle "konstruktører" som har lodda siden de gikk i barnehagen, til ferske studenter som synes at dette her med elektronikk er noe nytt og spennende. Uansett hvor mye eller hvor lite du kan, så er det plass til deg på verkstedet; hovedsaken er at du synes elektronikk er interessant. Verkstedet er en selvstendig og uavhengig del av Omega linjeforening, og drives av 5 til 10 Noehelpersoner. Noehelpersonene rekrutteres blant de mest aktive verkstedmedlemmene, og de tjenestegjør vanligvis i (minst) to år. Dette medfører en ganske stor grad av kontinuitet, slik at det oftest er noen å spørre som har vært borti livets forskjellige finurligheter før. Blant verkstedets mange fortrinn kan man gjerne fremheve Omega Brus & Sjokolade (bedre kjent som  $\Omega$ BS - din lokale karbohydratforbindelses-leverandør, med NTNU's og Trondheims mest fleksible åpningstider.  $\Omega$ BS diskriminerer ikke m.h.t. studiestatus, lønnstrinn, hudfarge, dialekt, eller plass i køen: Så lenge fargen på pengene dine stemmer, sier mottoet vårt det meste:

— *Omega Verksted er til for deg* —

Det er ellers ganske vanskelig å beskrive Omega Verksted i få ord. Stikk heller nedom en ettermiddag og snakk med en av oss!

## 12 ETSING AV PRINTKORT

På Omega-Verksted har vi utstyr for å lage printkort. Her følger en kort oversikt over hvordan dette gjøres.

- For det første må du ha en positiv film (eller transparent) med utlegget (På en positiv film er banene / teksten sort). Dette kan lages med et dataprogram (PCB editor), for eksempel Protel.
- Filmen legges oppå et kretskort som er belagt med et fotoresist belegg og belyses med UV-lys i noen minutter. De delene av kortet som ikke beskyttes av filmen din blir belyst.
- Etter belysning må kortet fremkalles. Fremkallingen fjerner fotoresisten som har vært utsatt for UV belysning. Disse områdene kan nå etses bort. Fotoresisten beskytter kobberet som skal bli til baner på kretskortet. Fremkalling og etsing foregår i maskina som står på Mech. Spør en av Noehelpersonene om hjelp.
- Kortet tørkes av, og man borer hull til komponentene. Nærmere informasjon får du ved henvendelse til Omega Verksted.

## 13 NATURLOVER FOR DET MODERNE MENNESKET.

Her har vi tatt med noen lover som er ment å være til oppmuntring om noe av en eller annen grunn ikke skulle virke perfekt første gang:

- Murphys lov: Hvis noe kan gå galt, går det galt. Dersom det ikke går galt, viser det seg at det senere ville vært best om det gikk galt allikevel.
- Boobs law: You always find things in the last place you look.
- Finagle's fourth law: Once a job is fouled up, anything done to improve it only makes it worse.
- H.L. Mencken's law:
  - Those who can — do
  - Those who can't — teach
  - Those who can't teach — administrate
- Lowreys'law: If it jams – force it. If it breaks it needed replacement anyway.
- Harrisberger's fourth law of the lab: Experience is directly proportional to the amount of equipment ruined.
- Jone's law: The man who smiles when anything goes wrong has thought of someone to blame it on.
- Oliver's law: Experience is something you don't get until just after you need it.
- Olke's law: There is no such thing as foolproofness.
- Speer's 1st law: The visibility of an error is inversely proportional to the number of times you have looked at it.
- Loven om forelesere: Enhver foreleser antar at du ikke har noe som helst annet å gjøre enn å arbeide med det faget denne foreleseren foreleser.
- Sattinger's law: It works better if you plug it in.
- O'Toole's Commentary on Murphy's Law: Murphy was an unrealistic optimist.
- Ohm's lov sier noe om motstanden som var imot elektrisiteten til å begynne med.

Dersom disse lovene ikke skulle gi deg noe hjelp med problemet ditt så sett deg ned og spør deg selv: ”Hvordan ville MacGyver håndtert denne situasjonen?”