

# De techniek staat voor niets...



*De techniek staat voor niets...*

## **Index**

|     |                                             |    |
|-----|---------------------------------------------|----|
| 1.  | Schema's lezen .....                        | 5  |
| 2.  | Metten is weten .....                       | 9  |
| 3.  | De multimeter .....                         | 12 |
| 4.  | Storingzoeken zonder multimeter .....       | 15 |
| 5.  | Solderen (deel 1) .....                     | 19 |
| 6.  | Solderen (deel 2) .....                     | 23 |
| 7.  | De transformator .....                      | 27 |
| 8.  | Zekering .....                              | 30 |
| 9.  | Gelijkspanning .....                        | 35 |
| 10. | Switchmatrix .....                          | 38 |
| 11. | Opto's .....                                | 41 |
| 12. | Eddy .....                                  | 44 |
| 13. | Aansturing spoelen .....                    | 47 |
| 14. | Special solenoids .....                     | 50 |
| 15. | Flippers (de solid-state flipperkast) ..... | 53 |
| 16. | General Illumination .....                  | 56 |
| 17. | Feature lamps .....                         | 60 |
| 18. | Lampmatrix .....                            | 64 |
| 19. | Display .....                               | 68 |
| 20. | De PIA .....                                | 72 |
| 21. | Geluid .....                                | 75 |

*De techniek staat voor niets...*  
*Schema's lezen*

## 1. Schema's lezen

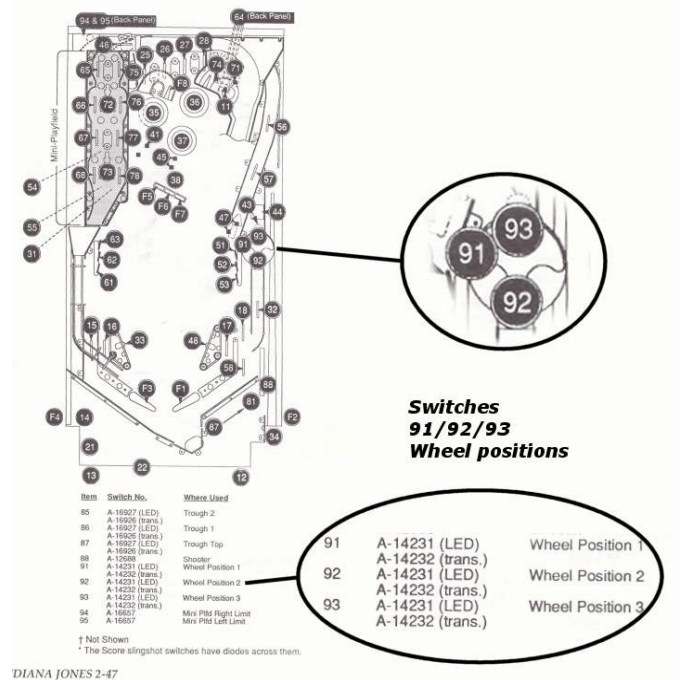
*Indiana Jones the Pinball Adventure*, leuke kast. Overigens niet de enige die "Pinball Adventure" als ondertitel heeft, *Space Shuttle* heeft het ook had ik laatst ergens gezien. Maar goed, ik ga eens een spel spelen op de Indy. Bij het opstarten geeft hij echter een foutmelding, en in het menu geeft hij aan wat er mis is: "Error Idol bad, check switches / motor".

Nou, dat is leuk zeg! Heb je een Indy, doet hij het niet. En nu? Hoe kom ik daar achter? Ik heb er een boek bij maar al die schema's, een boel lijntjes in een heel dik boek, en onder het speelveld een boel draadjes waar een normaal mens geen wijs uit kan worden.

### Hoe begin je?

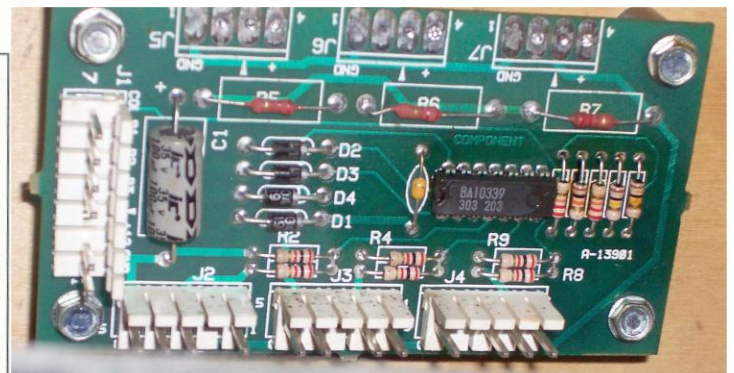
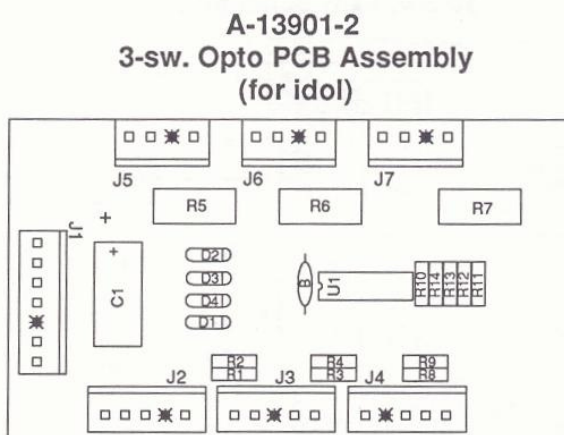
Logisch nadenken, de kast geeft al aan dat het Idol "bad" is. Het idol is de ball-lock, aan de rechterkant van het speelveld. Even het speelveld omhoog, kijken of er losse connectors zijn. Hmm. Wat een boel draadjes zeg.... Dan maar eens in het boek kijken. Het boek bestaat uit 3 delen bij deze kast, en in deel 3 staan de schema's van de hele kast. De kast gaf al aan: "check switches / motor". De motor werd wel aangestuurd, die zag ik draaien, maar kennelijk verwacht de kast de switches te zien als de motor draait, maar dat is niet gebeurd. Welke switches het om gaat kun je zien op het switchlocations-schema: een plattegrond van het speelveld die aangeeft waar de switches zitten.

Het blijken switches 91, 92 en 93 te zijn. Wheel position 1, 2 en 3, niet de meest logische benaming.



### Opto's

De betreffende switches zijn opto's: switches die met licht werken. Dat wordt dus aangestuurd door een printje: een "Opto PCB". PCB staat voor printed circuit board: een "printje" in Plain-Dutch...

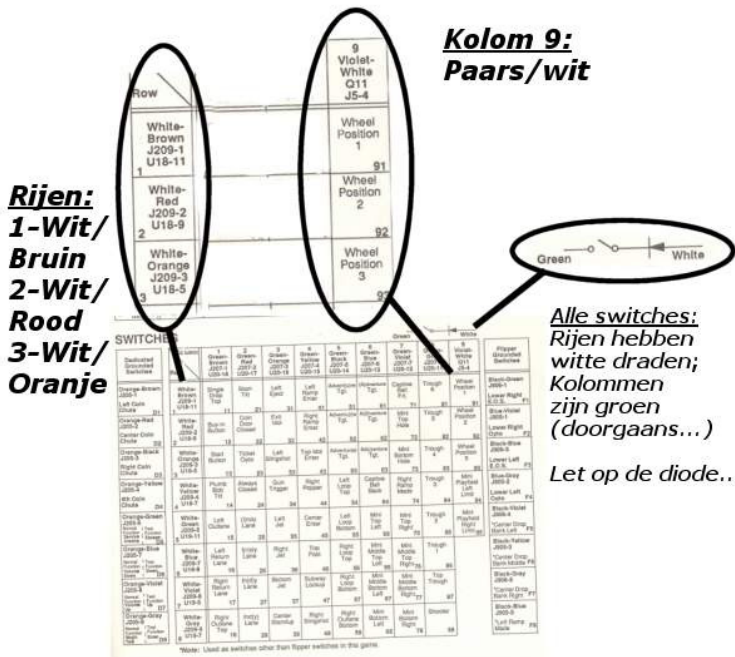


## De techniek staat voor niets...

### Schema's lezen

Links het aanzicht van het opto-printje in het boek en rechts een foto: *Zoek de verschillen!* Als het goed is zijn die er niet, maar in dit geval zijn de connectors bovenin (J5, 6 en 7) niet gebruikt, en dus zitten ze niet op het printje. Dat was waarschijnlijk wat goedkoper...

Je ziet er een IC op zitten: U1, het is dat zwarte doosje met die pootjes: net een spinnetje. IC's worden aangeduid met de letter U (van "Unknown": je weet nooit wat er in zit...) 4 diodes (met code D): D1 t/m 4, elke switch is uitgevoerd met dioden omdat deze in een matrix zitten, zo ook de opto's: die zitten op dit printje. En wat weerstanden. Deze worden aangeduid met R: in dit geval R1 t/m R14. En een condensator noemen we C.



### Switchmatrix

De switchmatrix is op de laatste pagina van het boek gedrukt, en geeft informatie over hoe de switches zijn aangesloten. Zoals gezegd zijn ook opto's switches die in de matrix zitten. Een matrix bestaat uit kolommen en rijen. Nu hebben de programmeurs het programma zo geschreven dat de kast weet welke switch het betreft afhankelijk van in welke kolom en rij deze aangesloten zit. Laten we de "Wheel positions" eens opzoeken: switches 91, 92 en 93.

Switch 93 zit in kolom 9 en rij 3. Handig...

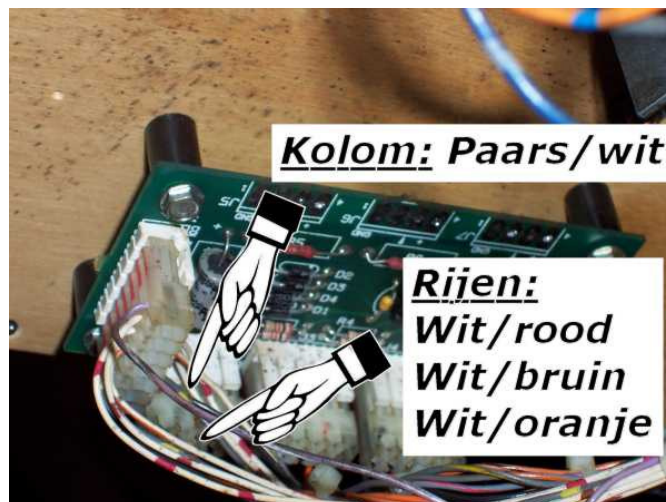
Je kunt in de switchmatrix verschillende gegevens halen zoals

welke kolom en rij het betreft, maar ook de draadkleuren, connectors en zelfs welk IC'tje hem aanstuurt of uitleest in de kop.

Ook hoe de diode aangesloten moet zijn. De diode heeft de "niet-band" kant aan de witte draad, en de "band"- kant aan de groene (of paars in dit geval...) De band van een diode is het streepje. Dit streepje geeft de stroomrichting aan, het is dus erg belangrijk dat deze goed zit.

De rijen hebben witte draadkleuren met een dunnere andere kleur, de kolommen precies het zelfde, maar groen.

De uitzondering die de regel bevestigt is juist hier aan de orde: we hebben hier te maken met een paarse draad: Paars/wit om precies te zijn. Dit komt omdat het kolom 9 is: een "extra" kolom; doorgaans heeft een switchmatrix maar 8 kolommen namelijk. Indiana Jones heeft zoveel contactjes dat er een 9<sup>e</sup> kolom nodig is.





## Laat maar eens zien dan

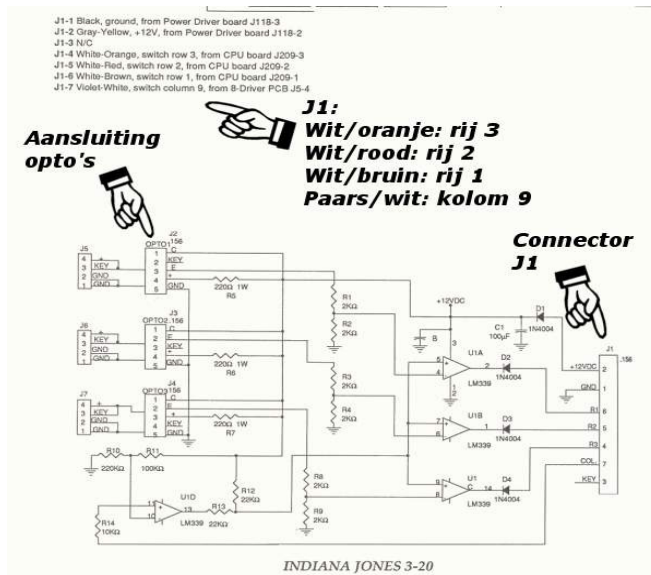
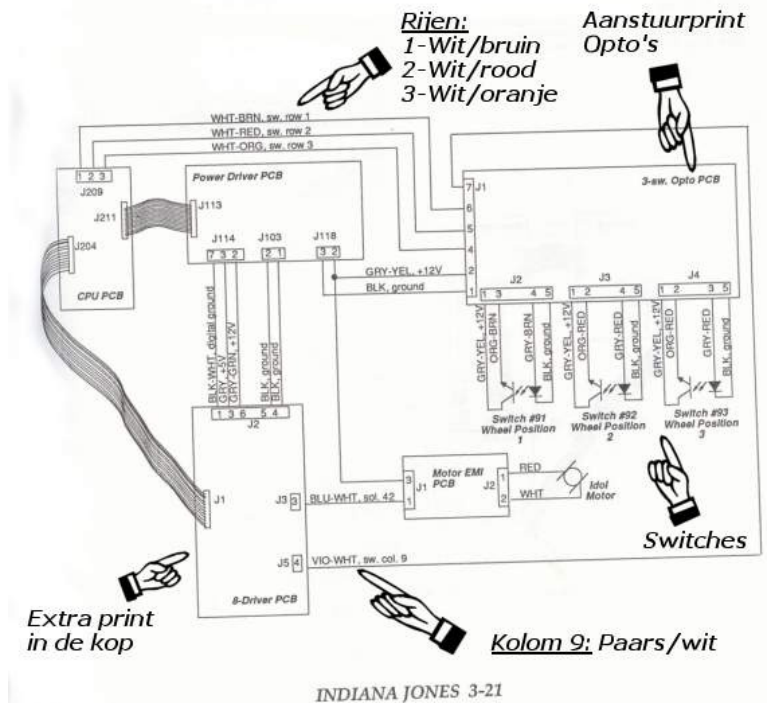
Kijk: op deze foto is duidelijk te zien dat de draden inderdaad die kleuren hebben. Het klopt dus... (en wel als een bus). Ze zitten op connector J1 van het printje. Hierop zitten de draden naar de kop: de 12V komt hier op (want elektronica heeft nu eenmaal spanning nodig, anders doet 'ie het niet) maar ook de switch rijen en kolom.

J2, 3 en 4 zijn connectors die naar de opto's gaan: de daadwerkelijke switches bij de Idol dus.

## Overzicht

Hoe heb je nu overzicht op al deze informatie wat ingrijpt op zoveel schema's en ook nog op verschillende pagina's, met ook nog specifieke dingen die "alleen maar" bij deze kast voorkomen? Ook daar zijn schema's voor bedacht. Juist alle specifieke zaken kun je op die manier mooi duidelijk overbrengen.

Op dit schema zie je dat de 9<sup>e</sup> kolom wordt aangestuurd door een extra printje in de kop. Vanaf daar gaat de paars/witte draad voor de kolom naar de aanstuurprint van de opto's. Deze komt ook inderdaad uit op J1. De rijen (wit met een dunneren kleur) gaan wel naar de CPU, zoals elke switch. Op dit schema zie je ook dat de opto's op J2, 3 en 4 zitten aangesloten. Ook netjes met draadkleuren er bij.



## Opto PCB

Als laatste de opto-PCB zelf. Ook daar is een schema van. En ook daar vind je alle informatie terug. Draadkleuren, connectors, alles...

Allemaal netjes in een iets andere opmaak, maar het staat er allemaal. En als je goed kijkt kun je alles ook weer herkennen en terugvinden. De 4 diodes, de weerstanden, de condensator en het IC. Leuk hoor, het blijkt allemaal weer te kloppen.

## **Schema's**

Feitelijk heb je van elke print een schema, en diverse schema's hoe deze printen onderling verbonden zijn. Dus van de CPU tot het driverbord, van de opto-print tot de switchmatrix, een plattegrond waar alles zit. Je kan het zo gek niet bedenken of het staat op tekening.

Je moet het alleen even herkennen: een vierkant stelt een print voor en elk component heeft een symbool. Een zigzag-symbool is een weerstand, een pijl met een verticale lijn een diode. Maar als je dat eenmaal door hebt: die symbolen worden op elk schema weer gebruikt: een weerstand is *altijd* een zigzag-symbool.

Lees het boek maar eens door, vergelijk met wat je in de kast ziet en kijk eens of je de componenten kan herkennen.



## 2. Meten is weten

*Ik heb een keer een stofzuiger gehad en die viel uit op het moment dat het snoer helemaal uitgerold was. Er moest een slecht contact zitten aan het eind van het snoer. Er zat nog garantie op, dus ik er mee terug. Het hele probleem uitgelegd, ik heb zelfs nog geopperd om het even voor te doen. Dan zou het probleem in ieder geval duidelijk zijn. De verkoper, niet gehinderd door enige kennis, heeft "stofzuiger defect" bij de storingsomschrijving gezet. Een paar weken later kon ik hem weer ophalen. Er zat een briefje bij: "hij is doorgemeten en in orde bevonden, mogelijk zat de slang verstopt (die zat er niet bij)".*

Als we daar de oorlog mee moeten winnen... (ik ben blij dat ik nooit extra garantie bijkoop). Maargoed: "doormeten", wat is het eigenlijk? En hoe doe je het? Zodat je niet met een goed gevulde portemonnee naar een zogeheten "expert" moet.

### De flipperkast

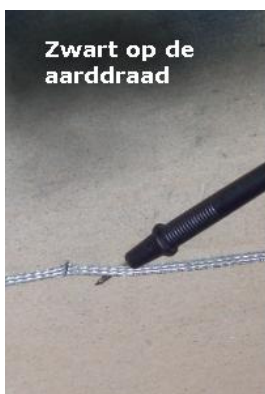
Een multimeter zit vaak een grote ronde knop op met veel standen. Volt en Ampere, AC en DC, weerstand ( $\Omega$ ), een diode-symbool (het piepje, we "piepen" hem even door...), etc. Veel daarvan gebruik je niet tijdens het storingzoeken in een flipperkast. Het meeste wat je gebruikt is gelijkspanning en het piepje. Een enkele keer moet je wisselspanning meten maar dat komt erg weinig voor, bij de elektronische kasten doorgaans alleen de verlichting.

De flipperkast heeft vele gelijkspanningen, elk met hun eigen voeding. Spanning druk je uit in Volt (V) en dat vind je weer terug op de multimeter. Gelijkspanning meet je met de multimeter op V DC, V staat voor Volt en is dus spanning, DC is de engelse afkorting voor gelijk (soms wordt DC aangeduid met 2 liggende streepjes, dan is de AC een golfje).

De multimeter heeft ook instellingen, zoals 2V, 20V, 200V etc. Dit verschilt allemaal per merk en type. Als ik nu de meter op 200V zet, zal hij een spanning van 5V niet secuur meten, en als ik hem op 2V zet is die 5V weer te hoog en meet hij niets. Ik zet hem op 20V.

### "Hoe" meet je?

Spanning meet je door de multimeter op de juiste stand te zetten en de beide meetpennen ergens op te drukken. De meetpennen zijn zwart en rood. De zwarte wordt op de meter in de "COM" gestoken, de rode in de "V $\Omega$ A". Althans zo zit het bij mij. Elke meter is wat dat betreft net even anders. Nu is het zo dat de gelijkspanning altijd ten opzichte van aarde is, dat komt omdat de voedingen zo ontworpen zijn. Die aarde zit door de hele kast heen, met een blanke draad die door de hele kast zit vastgeniet. Daar gaat de "zwarte" meetpen op. Als je nu de "rode" meetpen ergens tegenaan houdt meet je de spanning op dat punt.



Probeer het maar eens uit in je flipperkast: meter op 200V DC, de zwarte draad aan de aarde, en de rode tegen een spoeltje. De meter geeft dan de spanning op het spoeltje aan.

Een oude Bally zal dan 43V aangeven.

Om en nabij....

## "Wat" meet je?

44,2V... Ja, en? Is dat goed dan? Ja, dat is goed.

Okee, er staat spanning op het spoeltje, het schema zegt dat ik 43V moet hebben en er staat 44,2 op. Een verschil van 3%. Dat kleine verschilletje is hier niet zo belangrijk. Het gaat er om *dat* er spanning op staat.

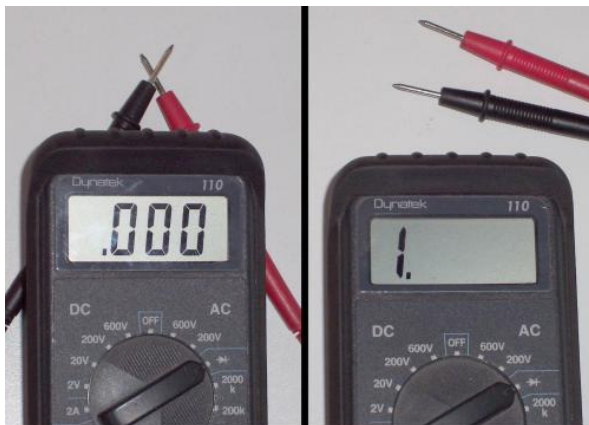
Stel dat dit spoeltje het niet zou doen en je bent aan het meten om er achter te komen wat het probleem is. Je meet dus nu spanning op het spoeltje, en je weet dat hij het zonder spanning nooit zal doen. Je hebt dus aangetoond dat de voeding naar het spoeltje goed is. De zekering, de bedrading, de connectors, het is allemaal goed.

Je moet er dus wel een schema bij hebben om te weten wat er op hoort te staan (44,2V is dus *wel* te hoog als er 12V op hoort te staan...), maar ook om verder te zoeken als het niet goed blijkt te zijn.

## We piepen hem wel effe door...

Vakjargon: *doorpiepen*. Het klinkt vaak alsof degene precies weet waar hij mee bezig is, het valt me ook vaak op dat juist diegene die "hem wel even doorpiept" toch een poos bezig is om de storing te verhelpen. Toeval? Misschien wel.

Het doorpiepen is eigenlijk de weerstand van een circuit of component (draad of diode ofzo) controleren. Is er verbinding dan geeft de multimeter "0.000" op het display en piept. Dat piepje is wel handig, want dan kun je horen of je verbinding hebt en hoef je niet op het display te kijken. Sommige goedkopere multimeters hebben geen piepje, maar geven het alleen in het display aan. Je moet dan zelf even "piep" zeggen.



**Pennen tegen elkaar:  
Kortgesloten - "0.000"**

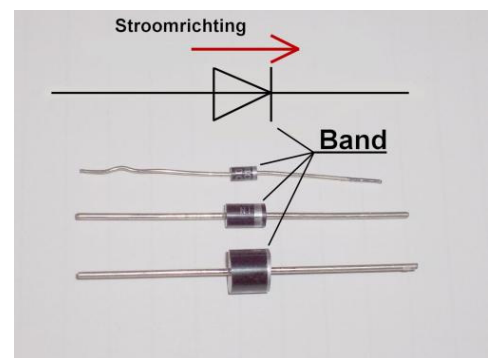
**Pennen los van elkaar:  
Losse verbinding - "1."**

De multimeter stuurt een klein stroompje van de rode pen, door het te meten circuit naar de zwarte pen en geeft dat aan op het display.

Van te voren kun je de multimeter even testen. Zet hem maar eens op de diode-stand, houd de pennen tegen elkaar en de meter geeft "0.000" aan, het circuit is immers zo kortgesloten. De pennen los en de meter geeft "1." aan; er is geen verbinding.

Maar het is toch wel van belang dat je weet waar je mee bezig bent. Een diode is net even anders, die heeft een stroomrichting waarbij hij geleidt, en de andere kant op geleidt hij niet. Als het goed is...

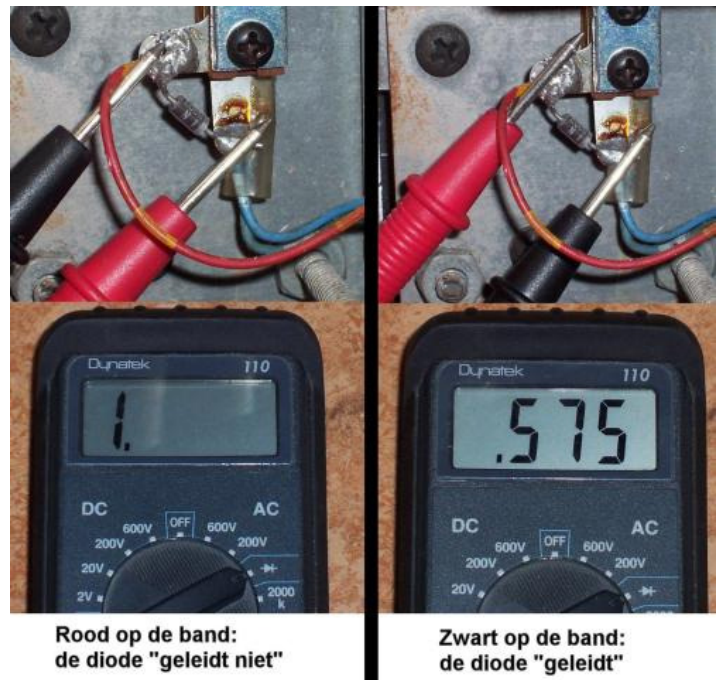
Hiernaast het symbool van de diode, met een aantal voorbeelden. De wat dikkere dioden kunnen gewoon wat meer stroom aan, maar verder zijn ze het zelfde. De stroom loopt van de "niet-band kant" naar de "band-kant". Die band staat dus ook op de diode aangegeven. Andersom loopt er geen stroom: de diode spert.



Als er een diode stuk is betekent dat vaak dat de diode is kortgesloten: hij geleidt dan beide kanten op. Dat kun je dus meten. Wat ook kan is dat de diode helemaal niet meer geleidt, maar dat gebeurt maar zelden, vaak is er dan een draad losgeschoten (wat overigens ook te meten is).

Op de foto hiernaast wordt een diode getest: de meter stuurt een meetstroom vanaf de rode pen naar de zwarte. Als die rode pen op de band van de diode wordt gehouden (de diode spert dan) loopt er geen stroom: er staat "1." in het display. Andersom is er wel verbinding, maar ook niet helemaal, een beetje *half* zeg maar. De meter geeft ".575" aan. Dat komt omdat een diode een *halfgeleider* is. Hij is gemaakt van silicium en dat materiaal geleidt pas als er een bepaalde spanning over staat. In het geval van een diode staat er 0,7V over de diode als er stroom loopt. Gewoon een eigenschap van het materiaal.

Andere halfgeleiders die bijv. in verschillende kleuren leds worden gebruikt hebben andere eigenschappen en daar gelden andere spanningen.



## Stuk

Mocht de diode kapot zijn gegaan door een kortsluiting zal de diode altijd vol geleiden. De meter geeft dan beide kanten "0.000" aan. Wie er wel eens een spoeltje verkeerd om aangesloten heeft kan hier over mee praten. Een spoel heeft niet zoveel last van de + en de - van een spanning, dan is alleen het magnetisch veld andersom, maar de diodes die op de spoel zitten hebben er meer last van. Als de 43V aan de niet-band kant wordt aangesloten zal de diode geleiden. Een kortsluiting is het gevolg: zekering stuk en diode stuk. Een diode kan namelijk niet zoveel stroom aan. En elke volgende zekering ook (totdat de diode ook wordt vervangen).

Houd er wel rekening mee dat je pas een juiste conclusie kan trekken als je begrijpt hoe iets werkt. In het geval van de diode is het best handig om te weten dat hij één kant op hoort te geleiden. Wie niet weet wat hij meet, meet niets.

### 3. De multimeter

*Hmmm, eens even kijken of er nog wel 230 uit het stopcontact komt. Nee, ik meet niks.... O, wacht! Hij staat nog op weerstand, en hij moet op spanning. Flits!!! Ploef! Het hele huis donker. Stop door, zekering in de multimeter door. De meetpennen zaten nog in het stopcontact, en toen de stand van de multimeter van weerstand naar spanning werd gezet kwam de stand langs de stroomstand. En toen ging het mis. Goed mis.*

Doordat de multimeter de gemeten stroom door de meter zelf laat gaan om hem te meten heeft deze intern een hele lage weerstand in de Ampere-stand (anders meet hij namelijk niets, dan houdt hij "zelf" de stroom tegen). En dat is vrijwel een kortsluiting. En als je die in het stopcontact houdt om spanning te meten, en je draait aan de knop en komt via de amperes *maak* je dus die kortsluiting. Met de multimeter.

Sommige multimeters zijn daar tegen beveiligd, bijvoorbeeld door een stroomtang voor de amperes, of doordat de knop niet draait als de meetpennen in de meter zitten, maar de goedkopere meters hebben dat niet. En daar kan het mis gaan.

#### De 3 musketiers

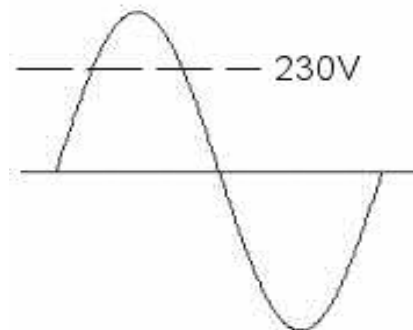
De 3 musketiers uit de elektrotechniek zijn spanning, stroom en weerstand. Ze zijn er altijd als je met elektriciteit te maken hebt en ze zijn ook altijd met zijn drieën. Maar wat is het nu eigenlijk?

Vergelijk de vijverpomp thuis: die pompt het water door een filter, en het water komt van het watervalletje gestroomd. Die waterstroom wordt minder als dat filter vuil wordt en verstopt raakt. Op een gegeven moment komt er zelfs bijna geen water meer door. De weerstand van het filter wordt te groot en de pomp geeft onvoldoende druk om het water er dan toch nog door te pompen. De waterstroom is dus afhankelijk van de druk en de weerstand.

De spanning is vergelijkbaar met de druk die de pomp levert. De stroom is vergelijkbaar met de waterstroom die van de waterval komt, en de weerstand is vergelijkbaar met de weerstand van het filter.

De stroom is afhankelijk van de spanning en de weerstand. Als je spanning over een weerstand zet gaat er stroom lopen. Als je de spanning hoger maakt gaat er dus meer stroom lopen. Als je een grotere pomp koopt komt er meer water over de waterval. De stroom is ook afhankelijk van de weerstand: een lagere weerstand geeft een grotere stroom. Logisch, want als het vijverfilter net schoongemaakt is (het water hoeft dan niet langs al dat vuil) is dat dus een lagere weerstand: de waterstroom wordt groter en het water klatert weer lekker van de waterval af.

Het is zo dat spanning is stroom keer weerstand:  
 $U = I \times R$ . De spanning  $U$  meet je in Volts (V), de stroom  $I$  meet je in Amperes (A), en de weerstand  $R$  meet je in Ohms ( $\Omega$ ).



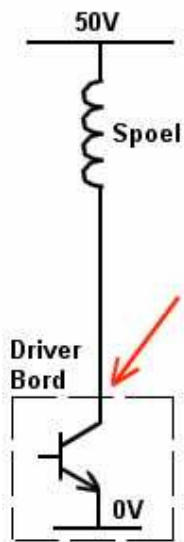
#### AC/DC – High Voltage

Spanningen en stromen komen in 2 soorten, wissel en gelijk. Het verschil is dat een wisselspanning (AC) omkeert van polariteit en gelijkspanning (DC) niet.

Wisselspanning uit het stopcontact is 230V en 50Hz. Dit is vaak sinusvormig. Dat betekent dat er 50 sinusjes per seconde aangeboden worden op het stopcontact. Elk van die sinusjes is de helft van de tijd positief, en de andere helft negatief.







### Spanningen meten

De spanning meten doe je door de zwarte draad aan aarde te leggen (vaak is er een aardedraad door de hele kast aanwezig) en de rode draad meet je de spanning mee. Maar ook hier is het belangrijk dat je weet waar je mee bezig bent. Anders trek je de verkeerde conclusies.

Als je de spanning meet op een spoel is het handig om te weten wat er op *hoort* te staan. De 50V bij de elektronische kasten is een DC spanning. Zodra de transistor geleidt zal hij de spanning naar 0V trekken en dan staat er 50V *over de spoel*: en hij trekt aan.

Dus normaal staat er geen 50V over de spoel, die staat over de transistor. Als je op de spoel meet zal je dus 50V meten, en wel op *beide* aansluitingen. Ook op de draad die naar het driverbord gaat (de pijl in het schema) staat 50V.

Als je geen spanning op de spoel meet (beide aansluitingen), dan komt de spanning dus niet bij de spoel: een kapotte zekering of een onderbroken draad is het euvel. Als je wel spanning meet op één aansluiting van de spoel maar niet op de andere zal de spoel kapot zijn: een aansluiting van de spoel gebroken misschien? Meet je wel spanning op de spoel, maar niet op het driverbord moet er daartussen iets zijn. Vaak is dan een connector de boosdoener.

Zoals ik al aangaf meet je dus spanning "over" een component. Vaak doe je dat tov. aarde, maar het kan ook direkt: de beide meetpennen kun je dan op een component zetten. Maar pas op: dat is wel een andere denkwijze. Meet je op die manier op een zekering (zie het plaatje hierboven: *op de print* dus) en je meet spanningsverschil: dan is de zekering stuk. De spanning staat dan over de kapotte zekering. Meet je geen spanningsverschil kan er nog steeds van alles aan de hand zijn. Je moet echt denken in spanningsverschil en zodoende is het logischer om tov. aarde te meten.

### Meten zonder meter

Vele kasten lenen zich om te kunnen meten zonder meter: de oude Bally's zijn er zelfs op ingericht met vele testpunten: je kunt dan met een draadje (echt alleen een draadje!!!) de juiste conclusies trekken. Bijvoorbeeld door de spoel op het driverbord aan aarde te leggen (via dat draadje) zal deze aantrekken. Je weet dan hetzelfde: de transistor (of zijn aansturing) is de boosdoener. Dit moet je wel *kort* doen want anders staat je spoel in de fik.

Degenen die het verhaal hierboven eens uitproberen bij een Williams zullen zien dat die 50V helemaal geen 50V is, maar een dikke 70V. Waar dat verschil vandaan komt zal in een ander hoofdstuk uitgelegd worden. Maar om de interesse voor deze kurkdroge vraag vast te wekken: dat komt omdat deze DC spanning van AC wordt gemaakt, en een hint staat eigenlijk in dit hoofdstuk al aangegeven.



#### 4. Storingzoeken zonder multimeter

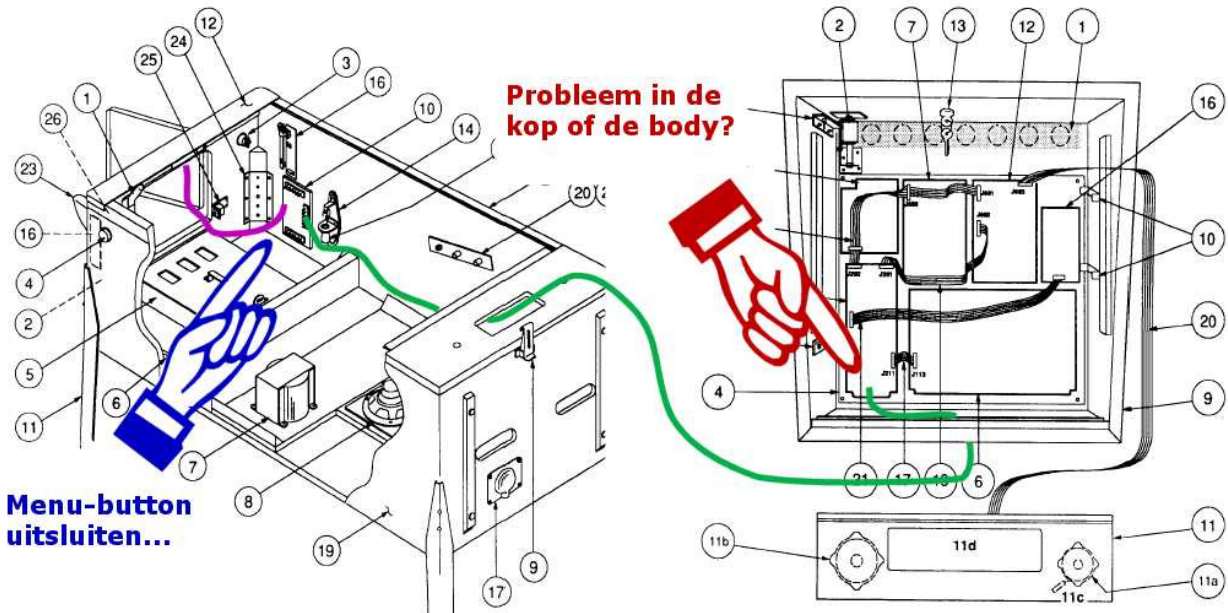
*Star Trek the next generation, met Picard op de kopruit. Ik had ooit eens een custom message op dat ding ingesteld: "Picard champion: DEA - 9". Die kwam zo nu en dan eens voorbij tussen de highscores. Leek wel aardig, velen vroegen zich af hoe die highscore nu weer verbroken moest worden.... 9 Picards. De kast had wel een sample: "Picard manoeuvre... nicely done", misschien dat dat er iets mee te maken kon hebben?*

Maargoed, na een aantal jaar dat ding in opslag te hebben gehad bleek tijdens het opstarten dat hij automatisch het menu in schoot, en soms deed hij ook zelf het geluid harder. Ik kon hem ook niet uit het menu halen. Daar zat toch iets mis, het leek er op dat de "enter" in het deurtje vast bleef zitten, en die zit vlak naast het volume harder knopje.

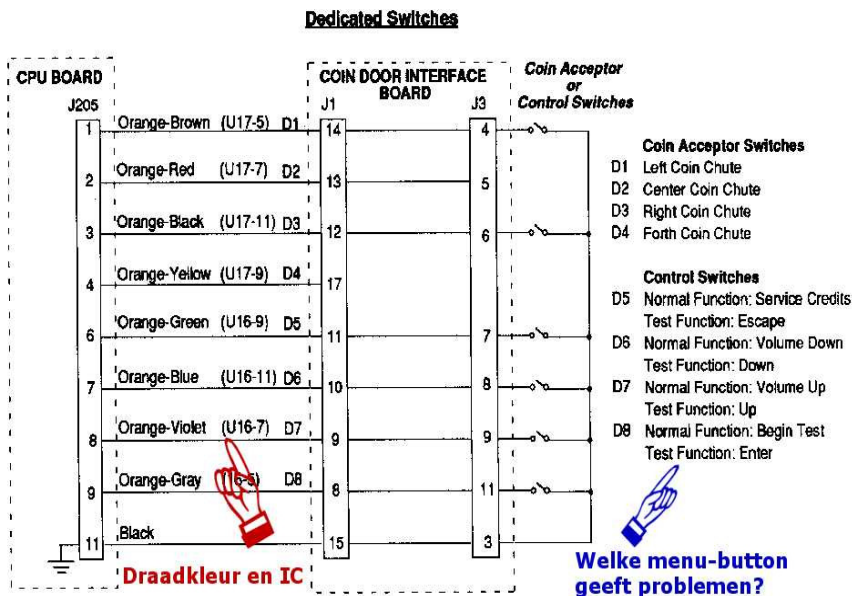
##### It's elementary, my dear Watson

Je moet de kast in delen voor je zien: in de kop zitten een aantal printen, die besturen de kast. De cpu is het brein, waar alles uit bestuurd wordt. Daar draait het programma, die verwacht input van zijn 'zintuigen': de contactjes die detecteren waar de bal is, oftewel de switchmatrix. Afhankelijk van het programma en wat er gebeurt met de switches zal de cpu de powerdriver aan sturen: een print die de verschillende delen aanstuurt, spoelen, lampjes, flitsers en wat nog meer?

Maakt het eigenlijk uit of het een spoel is die het niet doet, of een flitser? Het is in de beleving van de flipperkast niet meer dan een *aansturing* van iets. En wat stuurt hij aan? Dat is vaak verbonden met draadjes onder het speelveld. Klinkt niet zo moeilijk...



Als er nu ergens een fout zit kun je proberen dingen uit te sluiten. In het geval van de kast die direkt het menu in schiet: de cpu leest de contacten uit, en daar gaat dus iets mis. Waar weet je niet, maar je weet wel dat als je de connector los trekt in het deurtje dat dat toch wat uit zou moeten maken. Als ik een vies contactje heb in de menu-button en ik trek de connector er af bij het deurtje dan zou de kast geen storing meer moeten hebben. En als hij dat dan toch doet *weet ik zeker* dat het *niet* aan die knopjes ligt. Die liggen er immers af. Toch?



Goed: de connector er af gehaald, de kast bleef de storing houden. De knopjes zijn uitgesloten. Dan doen we hetzelfde foefje nog een keer: we trekken de connector van de cpu af. Kijken of dat beter is. Nee dus, de storing blijft. Hij schiet het menu in zonder dat er een switch verbonden is met de cpu. De conclusie is simpel: het probleem zit hem op de cpu, de switches zijn namelijk geen van allen verbonden met de cpu.

## Schema

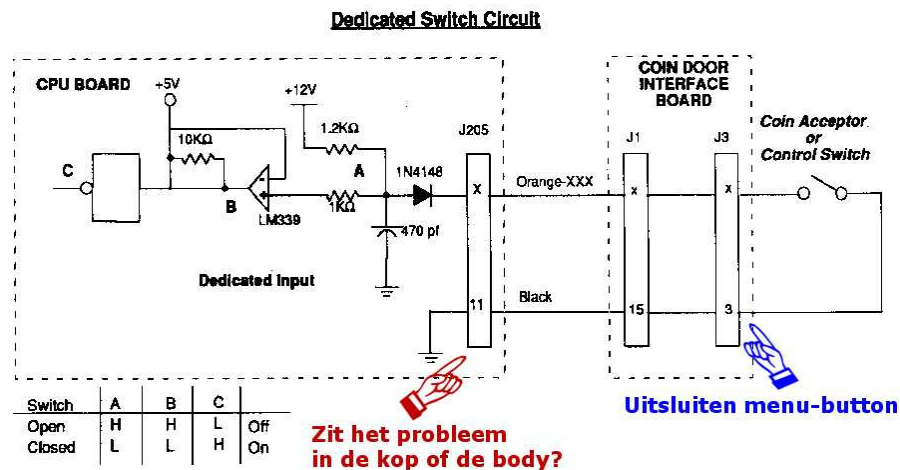
In het schema kun je kijken op welke connector de switches aangesloten zijn, en waar die lijntjes heen gaan. Dat blijkt U16 te zijn. U16 is een LM339, een spanningsvergelijker. Die vergelijkt spanningen, de spanning van de menu-button wordt naar aarde getrokken als hij ge-actieveerd wordt. Per toeval zie ik ook een vieze groen-gele lichtgevende derrie over U16 wat er op lijkt dat die van de batterij afkomstig is. Probleem gevonden. Nu nog oplossen....

## LM339

Een menu-button is een "dedicated switch", wat eigenlijk betekent dat deze niet in de switchmatrix zit, maar apart uitgelezen wordt. In het schema zie ik dat er bij punt A wat weerstanden en een diode zitten. Als de menubutton niet ingedrukt is zal de spanning op het IC via de weerstanden ongeveer een voltje of

12 zijn. De stroom kan namelijk nergens heen omdat het contact open staat. Als nu de menubutton gesloten wordt gaat de 12V via de button naar aarde. Er loopt stroom en de spanning op punt A wordt nu lager, alleen de spanning over de diode: plm. 0,7V. Dit detecteert het IC en geeft het door aan de cpu. Hierdoor denkt de kast dat hij geactiveerd is. Nu komt er door batterijcorrosie erg veel weerstand in de solderingen. Feitelijk is het soldeer geen soldeer meer maar het is een ander materiaal geworden met slechte elektrische eigenschappen: de kast gaat raar doen en trekt onlogische conclusies.

*Logisch nagedacht:* die vieze troep van de batterij hoort daar niet, en zorgt voor storing.





## Disaster

De Whitewater had wat probleempjes met switch 68, de "Disaster drop". Die deed het niet. Met geen mogelijkheid. Nu had ik wel eens wat gelezen over zender-leds en ontvangers, maar die switch zit echt op een onmogelijke plek, het zou betekenen dat ik wat rampjes uit elkaar moet halen. Hoe kom ik er nu achter wat het precies is, zonder al te veel moeite? Of in ieder geval *waar* de problemen moeten zitten.

Ook hier geldt dat er mogelijkheden uitgesloten kunnen worden door connectors los te trekken. De opto van de "disaster drop" wordt aangestuurd door een opto-printje: die geeft het dan weer door aan de switchmatrix. Trek die connector er maar eens af die naar de opto gaat. Als die kapot is zal hij ook niets doen. Leuk gedacht: maar als er niets op zit zal hij ook niets doen, toch? Of doet hij ze dan juist allemaal?

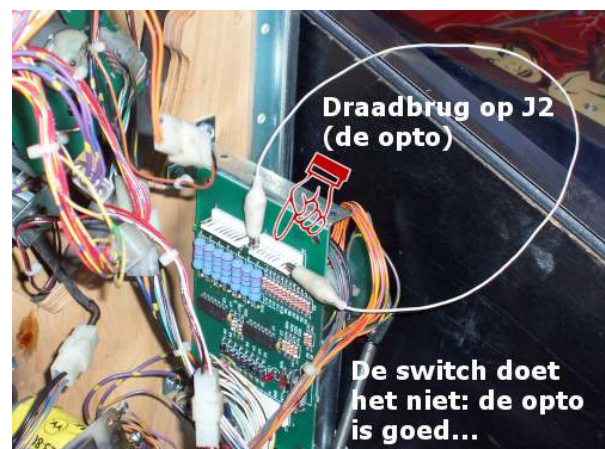
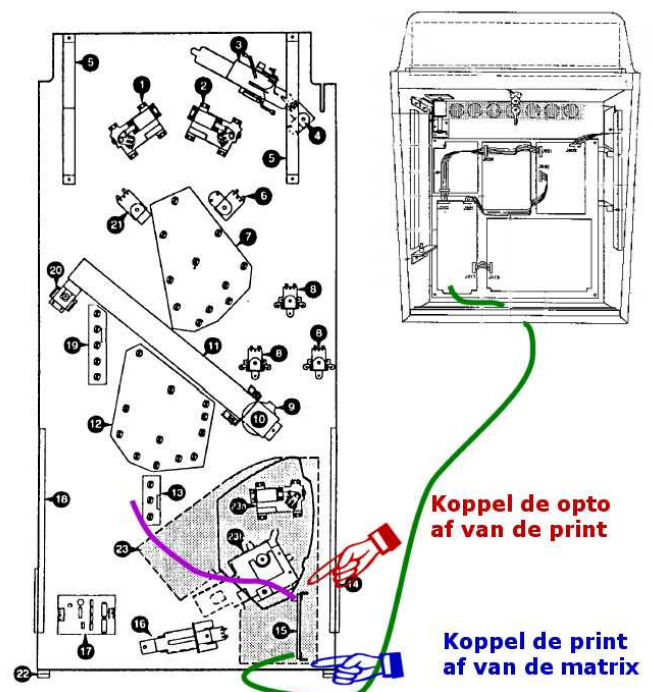
Probeer het maar eens uit bij je eigen kast: zet de kast maar eens in de switchtest en probeer het eens uit. Altijd leuk om te weten hoe zo'n opto'tje nu eigenlijk werkt.

Maargoed, we zijn er nog niet, die opto hangt los, en ik wil toch eigenlijk weten of hij het nou wel of niet doet. Je kan met een simpel draadje die dingen simuleren.

Je moet even in het schema kijken op welke connector de opto zit aangesloten (het is J2), en die trek je er af. De opto schakelt de 12V naar de ingang op het IC. De connectorpin waar de opto op zit kun je met een draadje overbruggen. Je simuleert hiermee een schakelaar.

Wat sluit je hiermee uit? Als de switchmatrix dit detecteert is de print dus goed en de opto kapot. Als jij met een draadje op de print de verbinding legt die eigenlijk de opto had moeten doen en de kast ziet dat, is het circuit tot en met de print dus goed. *Blijft over:* de opto en de bedrading.

Helaas, pindakaas... Die vlieger gaat niet op. Ook dan herkent hij de switch niet en dus zal de opto wel goed zijn. Sowieso is het circuit tot en met de print dus "niet" goed. Met dat draadje heb ik dat bewezen.



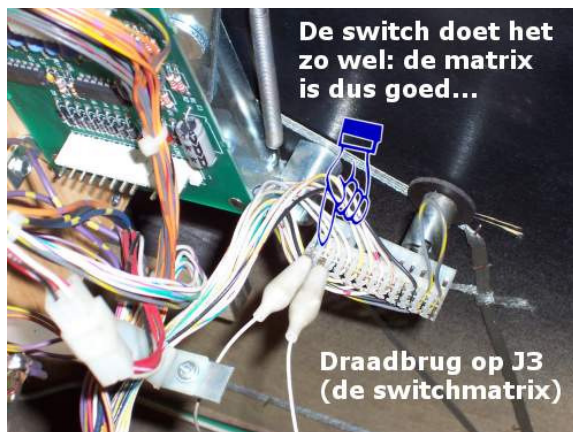


## *De techniek staat voor niets...*

### *Storingzoeken zonder multimeter*

Dan kan ik nog de print uitsluiten door de print af te koppelen van de switchmatrix. De koppeling met de switchmatrix is J3 zie ik in het schema. Let er even op dat de rijen niet helemaal 1 op 1 zijn. In het schema staat rij 7, en switch 68 zit in rij 8. Dat komt omdat het draadje van rij 8 op de 7<sup>e</sup> rij van de print zit aangesloten. Het kan wat verwarrend zijn en je moet het echt uit de tekst halen naast het schema.

Nu ga ik met datzelfde draadje een verbinding leggen tussen de kolom en rij 8. Dat zou de kast moeten zien. Als de kast dat ziet zal dus de print kapot zijn, de switchmatrix is dan getest en werkend bevonden...



En ziedaar: switch 68... Het euvel is gevonden: de print is stuk. Ik zal eens kijken wat er op de print zit. Te beginnen met de solderingen en slechte verbindingen in connectors. Als dat niet werkt zal ik het IC'tje eens vervangen. Vermoedelijk is die wel goed want de overige switches deden het wel, en 1 zo'n IC-tje stuurt 4 opto's aan. De kans dat er een gedeelte van een IC kapot is lijkt me niet zo groot.

### **Sherlock**

Je hoeft geen multimeter (of erger nog: een oscilloscope) te hebben om te kunnen concluderen waar een probleem precies zit. Het nare van die dingen is dat je moet weten *wat* je meet en hoe je die knopjes moet bedienen, want anders heb je er nog niets aan. Gewoon wat connectors los trekken of een draadje kan genoeg zijn om de juiste conclusie te trekken. Wel is het belangrijk dat je weet hoe een flipperkast ongeveer in elkaar zit.

"When you have eliminated the impossible, whatever remains, *however improbable*, must be the truth"

## **5. Solderen (deel 1)**

*Mijn eerste kast was een Skateball van Bally. Ik was toen 17 en een vriend van me kende nog wel iemand die ergens bij een boer in de schuur nog wat automaten had staan. Zo kwam diezelfde dag de Skateball op mijn kamer te staan. Grappig, had ik een flipperkast...*

De flippers waren niet al te krachtig en ik heb daar nieuwe spoelen in gezet. Op die spoelen werden draden aangesloten en dat moest gesoldeerd worden. Ik had wel eens wat gesoldeerd en ik had een handige pistoolbout waarmee het een en ander wel aangesloten kon worden. De klodders soldeer hingen aan de spoel, de draden waren half weggesmolten en mijn vingers half verbrand, maar de spoelen zaten er in. En *wàt* een verschil zeg, geweldig!

### **Bout**

Er zijn een aantal soorten soldeerbouten en die dienen voor verschillende doeleinden. Die moet je ook alleen daarvoor gebruiken. Een gasbrander en een potje S39 waarmee je waterleidingen soldeert dient dus *niet* voor in de flipperkast. Als je weinig soldeert en wat kleine reparaties doet in een flipperkast kun je het beste een bout nemen met randaarde met een vermogen van 15W. Gewoon te koop bij een doe-het-zelf winkel of bouwmarkt. Een hoger vermogen zou je kunnen gebruiken voor spoelen, maar dat is niet echt nodig. Met een 15W bout kun je ook nog aan printen solderen, maar dat moet je zeker niet gaan doen met een hoger vermogen, dan trek je geheid printbaantjes kapot.



Let speciaal even op de randaarde als je een bout gaat kopen, een ge-aarde bout is beter voor de flipperkast. Als je bijv. een mosfet of andere gevoelige elektronica gaat solderen kan hij kapot gaan door een niet ge-aarde bout en dat is gewoon irritant.



Hoe meer soldeer er ergens op zit (dus hoe massiever en hoe groter het oppervlak) hoe meer vermogen je nodig hebt. Een dikke pistool-bout van 75W (daar krijg je de solderingen van een voedingsprint mee los) moet je niet te lang warm houden anders verbrandt hij door zijn eigen vermogen.

Het best kun je een standaard soldeerbout van 15W gebruiken, dit is prima voor het gewone werk zoals een spoel of lampje aansluiten. Een soldeerstation kun je het best kopen als je veel soldeert en is met name voor het solderen aan printen uitermate geschikt. Deze types soldeerbouten kunnen continu op temperatuur gelaten worden omdat er een thermostaatje in zit die de temperatuur regelt. In dit hoofdstuk zal alleen het gewone werk met de gewone bout worden uitgelegd, het solderen aan printen komt in een volgend hoofdstuk aan bod.

### **Vertinnen**

Solderen doe je eigenlijk door 2 materialen te verbinden door soldeer-tin er *tussen* te smelten. De tin vormt de verbinding tussen de materialen. Een lip van een spoel is van koper, en een draad ook. Daar komt gesmolten tin tussen en als dat weer stolt vormt dat

## *De techniek staat voor niets...*

### *Solderen (deel 1)*

een behoorlijk hechte verbinding. Vergelijk het een beetje met kaasfondue tussen je tanden: het kost je de rest van de avond om dat er weer goed en wel tussenuit te krijgen...

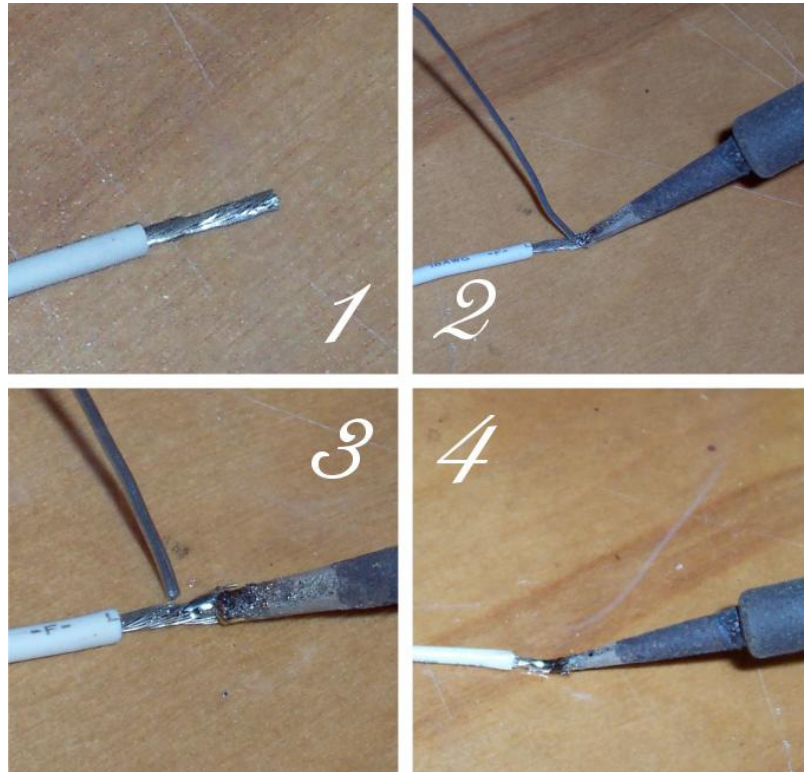
Als je een draad aan een spoel wilt solderen is er een klein probleem: de draad is van koper, en de lip op de spoel zit een beetje tin op. Als je die op elkaar soldeert zal dat slecht contact maken. Immers als je de lip van de spoel verhit zal dat alleen aan de buitenkant van de draad hechten en geen goede verbinding geven. We gaan eerst de draad "vertinnen". Oftewel een beetje soldeer op (en in) de draad smelten.

**Stap 1 – de draad "strippen".** Als je de draad stript zorg je er voor dat de draad een klein stukje koper bloot geeft. Soms is de oude draad dusdanig oud en verrot dat het beter is om de draad af te knippen en opnieuw te strippen. Een nieuw stukje draad vind je onder de isolatie...

**Stap 2 – de draad "verwarmen".** Leg de soldeerbout op de draad en verwarm deze. Druk dan nieuwe soldeertin tegen het punt waar de bout de draad raakt.

**Stap 3 -** De tin zal smelten en in de draad trekken. Het zorgt er voor dat de bout via de gesmolten tin een betere warmte-overdracht heeft op de draad dan zonder de tin. Zodra de tin smelt gaat de rest eigenlijk vanzelf.

**Stap 4 –** Laat de tin mooi en geleidelijk in de draad trekken. Dat gebeurt vanzelf zolang je de soldeerbout tegen de draad houdt en deze dus warm blijft.

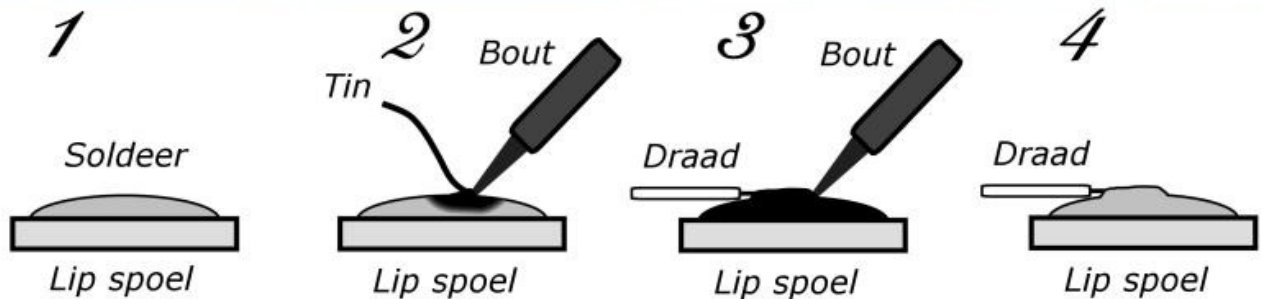
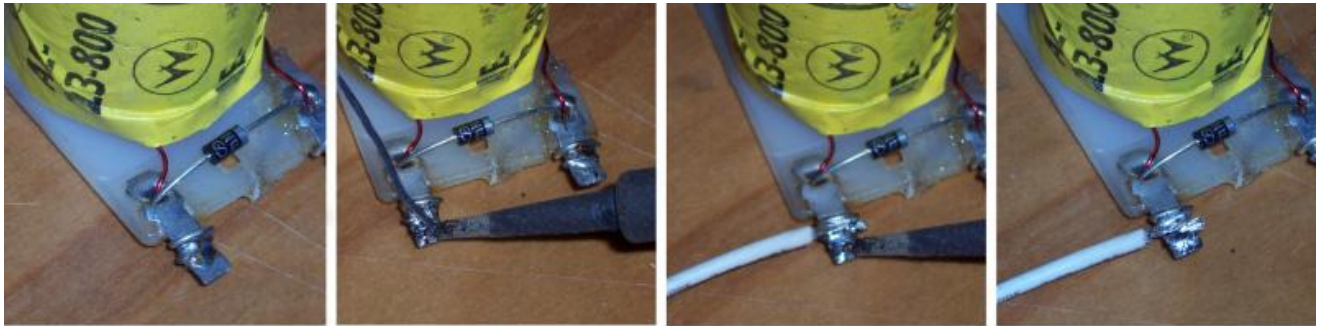


### **Een draad op een spoel solderen**

Als eenmaal de draad is vertind moet deze draad aan de spoel gezet worden. Solderen gaat gemakkelijker als zowel de draad als de lip van de spoel vertind zijn. Veelal koop je een spoel met wat tin al op de lip gesoldeerd. Ook een oude spoel in de flipperkast is reeds vertind, er zit namelijk een draad op, en die zit immers vastgesoldeerd.

Als je een draad weer op een oude spoel uit de flipperkast vast soldeert is het wijs om de draad opnieuw aan te strippen en te vertinnen. Ook de oude draad die al op de spoel zit kun je het best verwijderen. Anders wordt het zo'n kliederboel...





Stap 1 – de lip van de spoel is reeds voorzien van soldeer-tin. Verwijder de dikke klodders oude soldeer-tin van oude spoelen om zodadelijk een mooie nette verbinding te krijgen.

Stap 2 – de lip "verwarmen". Leg de soldeerbout op de lip van de spoel en verwarm deze. Het kan zijn dat de soldeer-tin moeilijk smelt. Druk dan nieuwe soldeertin tegen het punt waar de bout de lip raakt. Je ziet dan de soldeer langzaam vloeibaar worden. Dat begint bij de punt van de bout, en het gaat er om dat *alle* soldeer op de lip gesmolten is.

Stap 3 – Leg de (reeds vertinde) draad in de gesmolten soldeer-tin. Je zal zien dat de vertinde draad ook weer begint te smelten. Dat moet één geheel worden totdat het geheel een vloeibare massa is.

Stap 4 – Trek de bout weg van de soldering, beweeg de soldering *niet*, en laat de soldering stollen. Als de soldering wel bewogen wordt zal de soldering niet degelijk zijn en kan met het tikken van de spoel spontaan afbreken.

### Meerdere draden

Veelal heeft een spoel meerdere draden op één lip gesoldeerd. Dat is al wat moeilijker, want beide draden moeten tegelijkertijd op het juiste punt gehouden worden. En soms zijn er ook 3 draden op een lip gesoldeerd. Zie die maar eens op de spoel te houden zonder je vingers te verbranden... Gelukkig kun je ze ook vasthouden met een punttangetje. Doet in ieder geval minder zeer aan je handen.

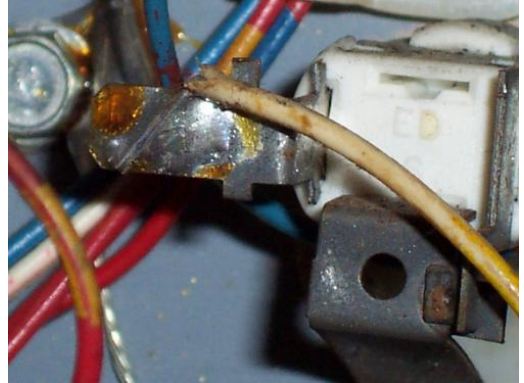
Nog even een tip als je een kapotte spoel gaat vervangen: haal de oude spoel eerst los en laat hem aan zijn draadjes hangen. Doe dan de nieuwe spoel op zijn plek, en soldeer de draden één voor één over van de oude naar de nieuwe spoel. Zo voorkom je dat je niet meer weet welke draad op welke lip zat. Je zal de eerste niet zijn die de zekering op die manier laat doorsmelten. Tevens gaan dan ook de diodes kapot, dus je doet op die manier wel weer wat soldeer ervaring op.

## Oefenen

Solderen is niet moeilijk, maar het is wel iets wat je even onder de knie moet krijgen. Ga dus eerst oefenen en zorg dat je mooie gladde solderingen krijgt voordat je verder gaat. Als je begint met een spoel, lampje of switch te solderen zal er niet veel mis gaan.



Links een voorbeeld van een soldering wat nogal kliederwerk is. Je ziet een dikke klodder soldeer en de oude afgeknipte draden nog zitten. Dit had beter gekund door de oude draden en het overtollige tin te verwijderen. Rechts een voorbeeld wat al een stuk beter oogt. Niet te veel soldeer en toch mooi doorgevoerd.



Let er even op dat te allen tijde de kast *uit* staat als je gaat solderen, en dat de draad niet bewogen wordt tijdens het stollen. Dat is al het halve werk.

Ga in ieder geval *niet* aan printen solderen als je geen ervaring hebt. Oefen dan eerst met wat draden of een sloopprint tot de solderingen mooi zijn, want als het mis gaat met solderen aan een print kan de schade enorm zijn.

Mocht je toch aan printen willen solderen, lees dan eerst even het volgende hoofdstuk door. Daarin zal het solderen aan printen aan bod komen. Met speciaal daarvoor bedoeld gereedschap.

## 6. Solderen (deel 2)

*Laatst had ik een Black Knight van de vereniging geleend ter reparatie. Hij speelde inmiddels weer en ik had er al aardig wat test-spelletjes op zitten. Op een gegeven moment had ik de kast aan staan en was bezig op de kopruit wat bij te schilderen en hoorde ik een zachte plof. Ik heb maar gauw de kast uitgezet om eens te kijken wat die plof veroorzaakte. Het bleek dat de bumper continu aangetrokken werd...*

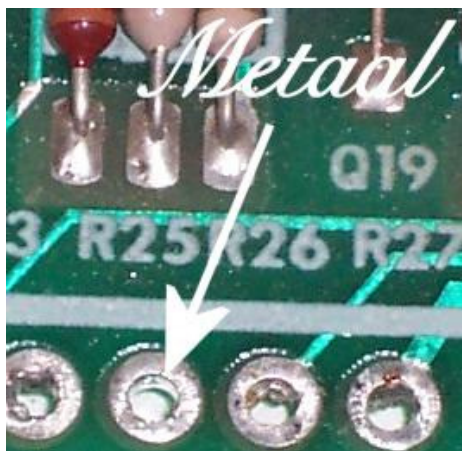
Met de logic probe heb ik wat signalen gemeten met het schema bij de hand, en ik kwam tot de conclusie dat het aan het aansturende IC moest liggen, IC8. Spontaan stuk gegaan, ik was niet eens aan het spelen. Zijn broertje, IC9, was in het verleden al eens vervangen en was heel handig op een IC-voetje geplaatst. Mocht het IC dan nog weer eens stuk gaan kun je het IC gewoon uitwisselen zonder dat je aan de print hoeft te solderen. Goed idee: ga ik bij IC8 ook doen.

### Gereedschap

Voor het solderen aan printen heb je iets meer gereedschap nodig dan om een draad aan een spoel of lampje te solderen. Allereerst natuurlijk de bout: het is cruciaal dat deze een laag vermogen heeft: 15W is meer dan genoeg. Dat kan een gewone bout zijn, maar zelf prefereer ik een soldeerstation, die is namelijk temperatuurgeregeld.

Dan heb je nog een tinzuiger nodig, daarmee verwijder je de soldeertin. De IC's en andere componenten zitten met hun pootjes *in* de printplaat, en je krijgt het component niet weg als je 1 pinnetje met de soldeerbout los gesmolten hebt en alle andere pinnetjes zitten nog vast.

En als je dan alle pinnetjes los hebt zou het mooi zijn als het IC door de zwaartekracht op tafel valt, maar dat zal je niet elke keer lukken... Eigenlijk lukt me dat vrijwel nooit. Daar zijn IC-trekkers voor. Daarmee kun je het IC gecontroleerd uit de printplaat trekken.



### Printplaat

Het is wel even van belang om te weten hoe een printplaat gemaakt is. Je kan wel zomaar de bout ergens op zetten en hopen dat je IC'tje er uit valt maar we willen het ook nog zonder beschadigingen doen. Met een beschadigde printplaat zijn we verder van huis, maar ook het IC moet er in één geheel uit. Zou namelijk niet de eerste keer zijn dat we *dachten* dat het IC stuk was en we toch niet in 1 keer de storing op wisten te lossen...

Een printplaat is een stuk niet-geleidend materiaal met daarop een laag koper. Die laag koper is hier en daar weg

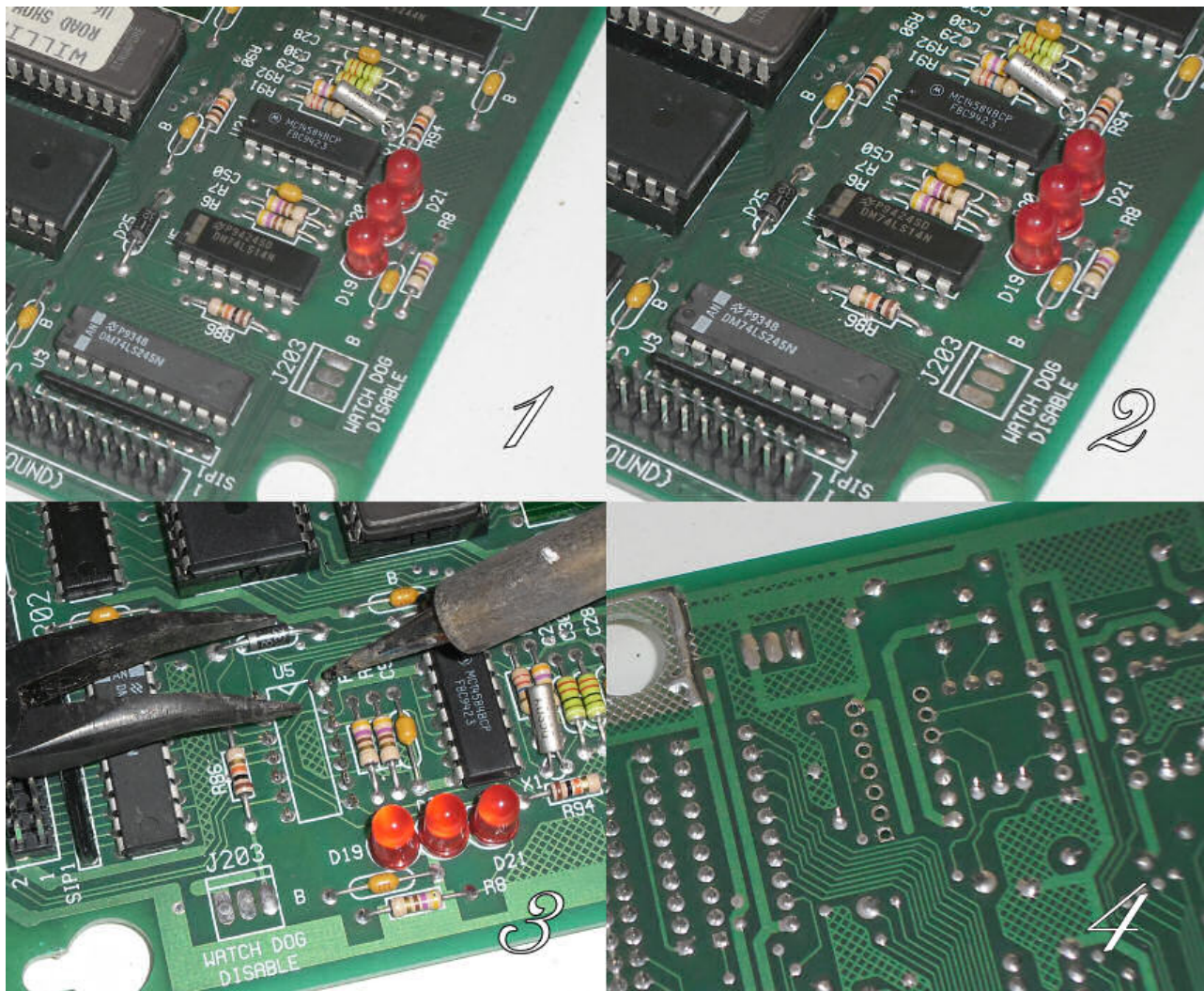


## De techniek staat voor niets...

ge-etst zodat er baantjes ontstaan. Dat zijn de verbindingen tussen de componenten. De meeste printplaten zijn aan beide kanten voorzien van printbaantjes. Komt er ook een probleem bij kijken: de printbaantjes gaan dus ook van de boven- naar de onderkant. En dat gaat *via* de gaatjes waar de componenten in zitten. Het zijn metalen doorvoeringen in de print. Voorzichtigheid is geboden...

### Het zekere voor het onzekere

Tijdens het storing zoeken weet je niet altijd welk IC defect is. Je kunt veel meten, maar het komt toch nog voor dat daarmee de storing niet verholpen is. Zodoende kun je het best het zekere voor het onzekere nemen. Als het IC erg goedkoop is en je hebt een aantal IC's van dat type op voorraad is er niets op tegen om het IC dan ook meteen *goed* kapot te maken: als eerste knip je alle pootjes door (2). De zwarte behuizing valt dan van de print af.

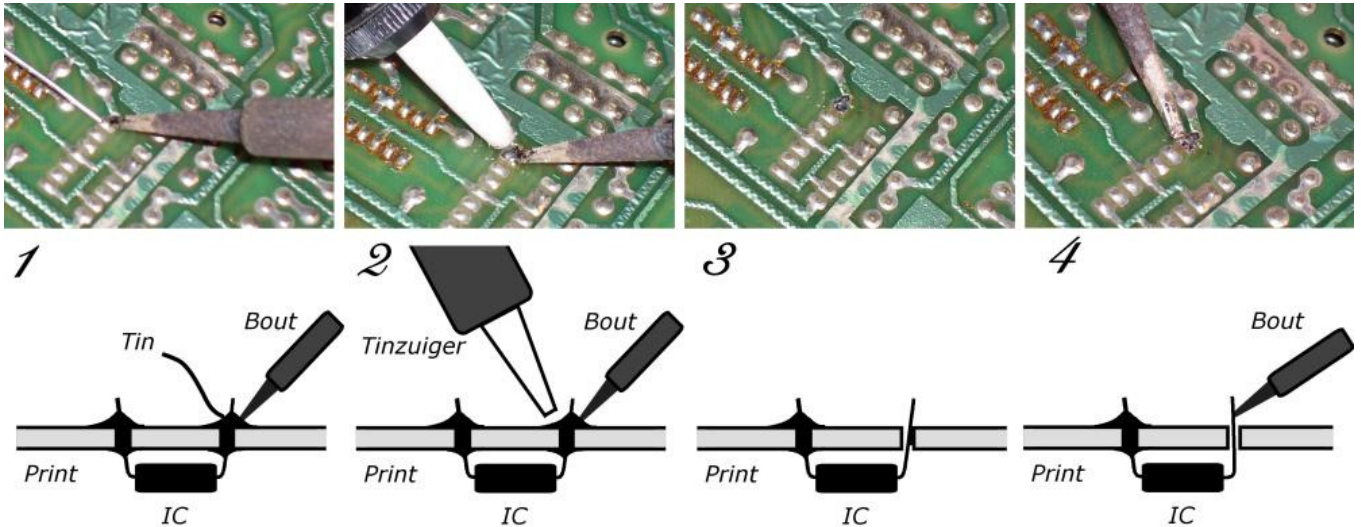


Vervolgens verwarm je de pootjes één voor één met de soldeerbout, terwijl je met een tangetje het pootje uit de print haalt (3). Op deze manier verniel je de print niet. Als je alle pootjes er uit hebt gehaald nog even met de tinzuiger er langs om de gaatjes mooi schoon te maken (4) en klaar.

Mocht het nou zo zijn dat het IC heel moeilijk verkrijgbaar en duur is, is het zonde om hem kapot te knippen, dan kun je hem er beter in zijn geheel er uit halen.

## Pinnetjes los solderen

In eerste instantie leggen we de print met de componenten naar beneden. Het los solderen gaat vanaf de onderkant het beste, anders zit dat IC'tje maar in de weg nietwaar? Let er op dat elk pinnetje van de IC's aan *beide* zijden van de print vast gesoldeerd zitten. Elk pinnetje van het IC moet op onderstaande manier worden losgeweekt...



Stap 1 – Smelt de soldeer waarmee het pinnetje vast zit. Sommige oude solderingen willen beter smelten als je er een beetje nieuwe tin bij doet.

Stap 2 – Houd met de bout de soldeer gesmolten terwijl je vanaf de andere kant met de tinzuiger de gesmolten soldeer er uit zuigt.

Stap 3 – De meeste soldeer is nu verwijderd. Echter omdat de pinnetjes van zo'n IC vaak een beetje gebogen zijn zit het pinnetje met weinig soldeer nog wel vast aan de rand.

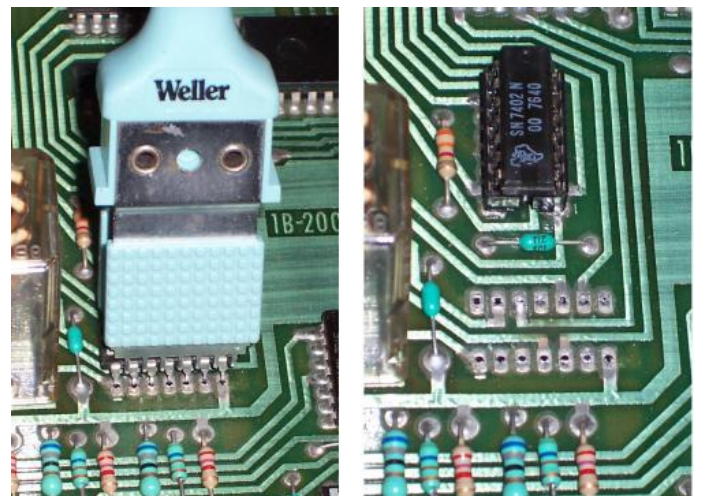
Stap 4 – Druk met de bout het pinnetje recht en controleer of het pinnetje nu los in de print zit.

## Het IC verwijderen

Nu komt het grootste probleem: het IC heelhuids van de print afhalen. Ach, probleem? Met het juiste gereedschap lukt dat prima.

Wel even voorzichtig zijn. Pak de IC-trekker en zet hem op het IC. Met een beetje gevoel lichtjes wrikken. Wrik niet te hard, want dan trek je misschien printbaantjes mee. Mocht er blijken dat een pinnetje toch nog vastzit... Daar hebben we dan de *soldeerbout* voor! In ieder geval niet met *geweld* los trekken.

Op deze manier haal je het IC er uit zodat je hem later nog weer kan hergebruiken. Dit IC is redelijk goedkoop, maar er zijn IC's die moeilijk verkrijgbaar zijn en/of schreeuwend duur. Je zal maar een IC moeten vervangen die bij een ander van de sloopprint komt. Dan moet hij er wel heel uit.





## IC voet



Nu alle gaatjes mooi leeg zijn is daar ruimte voor het nieuwe IC. Maar hij was nu stuk gegaan en dat kan natuurlijk weer gebeuren. Wat is er dan gemakkelijker dan het IC er gewoon in te kunnen drukken? Soldeer een IC-voet in de print, en druk daar het IC in. Kost een habbekrats en je hebt er in de toekomst veel plezier van.



Als je het voetje in de print hebt gedrukt moeten alle pinnetjes vast gesoldeerd worden. Er zijn verschillende soorten IC-voetjes: de goedkope en de duurdere. Die goedkopere willen nog wel eens vol lopen met soldeer als je te veel gebruikt. Op de foto staat een met gedraaide pinnen. Die lopen niet vol, maar zijn ook wat duurder.

Als je een pinnetje vast soldeert moet je er even op letten dat de soldeer mooi doorvloeit naar de andere kant van de print. Dat kan je doen door met de bout het pinnetje wat heen en weer te bewegen. Niet te veel soldeer gebruiken!

## Do as I say, not as I do

Solderen moet je leren, althans wel het werken aan printen. Er zijn printen in alle soorten en maten, een CPU van een Williams WPC is een kleine print met veel dunne printbaantjes aan beide zijden, die trek je dus ook zo los. Een Bally solenoid driver van een kast uit 1981 is een print die maar aan 1 zijde printbaantjes heeft, en die zijn ook al wat breder. Is dus al wat gemakkelijker.

En diezelfde Bally heeft onder het speelveld een klein printje waar hele dikke printbanen op zitten aan 1 zijde. Dit kan een 'solenoid expander' of een 'aux driver' zijn. Werd vroeger redelijk veel gebruikt en zijn mooie printjes om mee te oefenen. Een transistor heeft maar 3 pootjes en dat maakt het ook gemakkelijker dan zo'n IC met 16 of soms wel 40 pootjes. Vervang eens een transistor voordat je aan de IC's begint.

En wil je nou niet aan de flipperkast solderen als het niet strikt noodzakelijk is? Tja, is eigenlijk ook wat voor te zeggen... Schroef een oude radio uit elkaar en probeer eerst eens wat uit op zo'n print.

Veelal zal je bij een probleem direct het defecte component willen vervangen om de kast te repareren. Als je geen ervaring hebt met solderen aan printen zou je het moeten *laten* doen door iemand die het vaker gedaan heeft. Ik besef me overigens wel dat ik nu een advies geef waar ik me zelf nooit aan heb gehouden...

## 7. De transformator

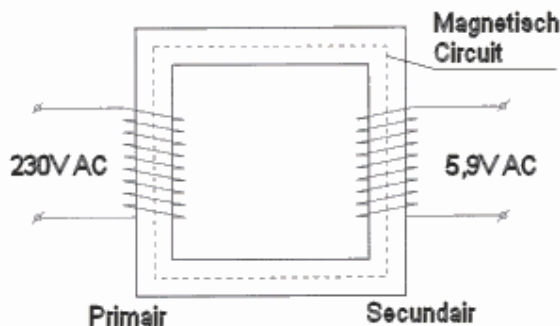
*Even een spelletje spelen op de Space Station. Altijd leuk als hij kneiterhard staat! We doen hem aan en het licht gaat uit. Ploef! Het hele huis donker. In de stoppenkast blijkt dat alleen de groep van de bovenverdieping er uit ligt. Nou ja, de wekkerradio moet toch weer opnieuw ingesteld worden, dan test ik meteen even de aardlek. D'r zit toch immers niet voor niets zo'n testknopje op.*

Vreemd eigenlijk: soms gaat het goed, maar eens op de 4 keer moet die automaat in de stoppenkast gereset worden. En altijd met het inschakelen van de Space Station. Als de transformator (we noemen dit ook wel een trafo en onze zuiderburen hebben het wel over een transfo) van een flipperkast wordt ingeschakeld neemt hij heel even veel meer stroom. En daar kan de automaat van de huisinstallatie niet tegen.

### Hoe werkt een trafo?

Omdat een flipperkast met meerdere spanningen werkt (lampjes branden op 6V, de displays op 190V, etc.) heb je een trafo nodig. Een trafo "transformeert" de spanning uit het stopcontact naar de spanningen die benodigd zijn voor de flipperkast. Dit werkt alleen voor AC, oftewel wisselspanning. Dat zijn 50 sinusjes die per seconde uit het stopcontact komen rollen.

Als er stroom door een draad gaat zit daar een magnetisch veld om. De kracht van dit veld is afhankelijk van de grootte van de stroom, en de richting van het veld is afhankelijk van de richting van de stroom. Als je nu 1 draad in een spoel legt laat je dus de draad elke keer langs zichzelf lopen zal het magnetisch veld versterken.



Een trafo bestaat uit een primaire wikkeling (is de spoel) en een secundaire. Deze wikkelingen zitten om een magnetisch circuit: bestaand uit een blok ijzer oftewel gewoon blik. Op de primaire zet je de spanning uit het stopcontact. De stroom zorgt voor een magnetisch veld in het ijzer, en dat magnetisch veld zorgt er voor dat er spanning wordt geïnduceerd in de *secundaire* wikkeling. En de hoogte van de spanningen is afhankelijk van het aantal windingen waaruit de wikkeling bestaat.

Nu werkt het zo dat de spanningen evenredig zijn met het aantal windingen. Dat betekent dat als je primair 230V aanbiedt en je hebt 1000 windingen, dat dat 0,23V *per winding* is. Als je dan secundair een spanning wil hebben van 5,9 V voor de lampjes, dan heb je 26 windingen nodig van 0,23V en dat is ongeveer 5,9V.

Het handige van een trafo is dat het vermogen hetzelfde blijft. Het vermogen is:  $\text{Watt} = \text{Volt} \times \text{Ampere}$ . Je kunt rustig een stroom van 20A leveren met een spanning van 6V (het vermogen is dan  $6V \times 20A = 120W$ ). Primair trek je dan maar  $120W / 230V = 0,5A$  uit het stopcontact.

### Ja leuk, maar wat moet ik hiermee?

In eerste instantie even stevig balen als de automaat in de stoppenkast er uit gaat. En waarom gaat hij er nou uit? En waarom maar soms en niet altijd? Een irritante eigenschap van een trafo is dat hij een grote opstartstroom heeft. Dat komt door het magnetisch veld wat nog op gang moet komen. En die opstartstroom is ook niet altijd gelijk, dat is afhankelijk van 2 dingen: *wanneer* je hem inschakelt en het *remanent magnetisme*.

### re·ma·nen·tie (de ~ (v.), ~s)

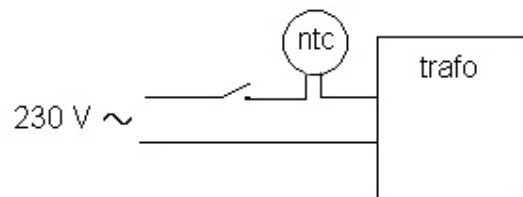
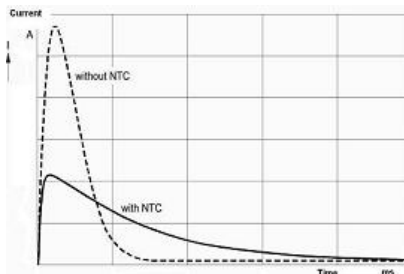
**1** het blijven bestaan, resp. dat wat blijft bestaan na uitschakeling van de veroorzakende werking

Het is zo dat als je precies inschakelt op de nuldoorgang van de sinus dat de opstartstroom het grootst is (dat heeft te maken met het magnetisch veld). Dat gaat met 100x per seconde en is dus een kwestie van effe goed timen.

Het magnetisch veld blijft in de trafo achter als hij wordt uitgeschakeld, en als deze is meegemagnetiseerd is bij het inschakelen, is de opstartstroom *nog* groter. Leuk om te weten, maar je kunt het ook direkt weer vergeten. Deze factoren zorgen er dus voor dat de stroom niet altijd gelijk is en verklaart waarom die automaat in de stoppenkast soms wel en soms niet er uit gaat.

### En wat doe ik er aan?

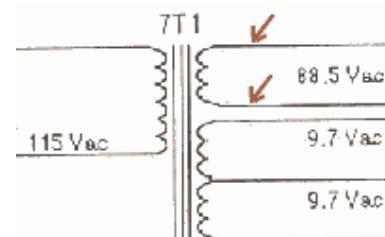
Een NTC van  $5\Omega$  in serie zetten met de trafo. Kost een euro ofzo. Dit is een temperatuursafhankelijke weerstand. Als deze koud is met het opstarten is het een weerstand en beperkt de opstart-stroom van de trafo. Als deze dan warmer wordt zal de weerstand afnemen en heb je er voor de rest geen problemen mee. Je kan de NTC vaak in het kastje van de line filter kwijt. Eén draad naar de 230V kun je onderbreken en daar de NTC tussen zetten. Bijv. met een kroonsteentje of solderen. Wel even de blanke delen waar de 230V op komt te staan afplakken met tape of krimpkous. Hieronder een beeld wat de opstartstroom met en zonder NTC is, en een manier waarop de NTC te monteren is.



Er zijn ook tig andere oplossingen hiervoor: een heel lang dun snoer (zo'n mooi oranje tuin-verlengsnoer) in een rol leggen in de huiskamer. Wel even een geaard snoer nemen natuurlijk. Of de stoppenkast uitvoeren met zekeringen i.p.v. automaten. Een automaat is namelijk voor die opstartstroom veel sneller dan gewone zekeringen. Kost?

### Schema

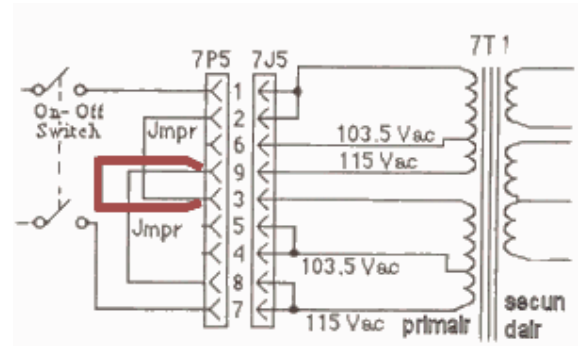
Hiernaast een schema van een trafo met 1 primaire en meerdere secundaire wikkelingen. Deze is geschikt voor een spanning van 115V, en geeft 1 spanning van 88,5V en 2 van 9,7V. Merk op dat ze een gecombineerde draad hebben (hoeveel zou er tussen de beide uiterste draden staan?). De verticale lijnen stelt het blikpakket voor.



Metten doe je met de multimeter op V en op AC (*niet op Ampere zetten*, dan ligt de automaat er ook uit!). Je moet dan ook de spanningen meten die *bij elkaar horen* en niet de spanningen t.o.v. aarde. Dus de 88,5V spanning kun je meten op de connector waar deze op uitkomen. Bij de pijlen in het schema. Vaak hebben draden voor de secundaire spanningen uit de trafo 2 dezelfde kleuren per spanning. Dit kun je in het schema van de kast terug vinden.

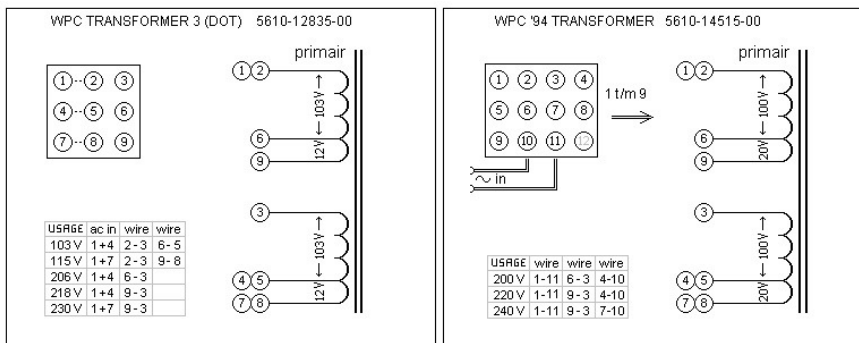
## Verschillende landen met verschillende spanningen

Omdat de flipperkast geschikt moet zijn voor alle landen hebben de fabrikanten gekozen voor een instelbare trafo. Dat betekent dat je de trafo in kan stellen en af kan stemmen op de spanning uit jouw stopcontact. Dit betekent dat de trafo primair aftakkingen heeft en mogelijk zelfs bestaat uit meerdere primaire wikkelingen.



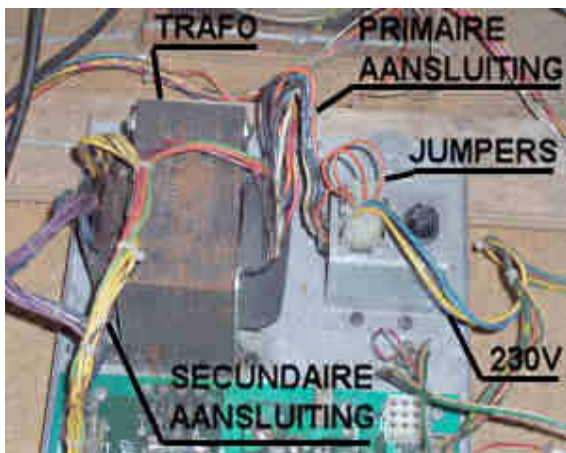
Hiernaast staat het schema van een trafo uit een Williams flipperkast. Deze trafo bestaat uit 2 primaire wikkelingen van 115V, elk met een middenaftakking bij 103,5V. Elk van die draden komt uit op een connector, en daar kun je jumpers op aanbrengen. Met deze jumpers stel je de trafo in.

Met de origineel getekende jumpers stel je de trafo in op 115V. Je zet dan dus de beide primaire wikkelingen parallel. Echter hier in Nederland hebben we 230V. In dat geval moet je de trafo ook zo instellen. Dat doe je door een jumper te leggen tussen pin 3 en 9 op de connector (dikke lijn). Je zet dan de beide primaire wikkelingen in serie en je kan er  $115V + 115V = 230V$  op zetten. Let op dat niet elke trafo hetzelfde is, dit verschilt per merk/type. Kijk daarom in het schema.



Hiernaast een schema van de WPC-kasten.

## Wat voor storingen kun je verwachten bij een verkeerde instelling?



Als je stopcontact een spanning heeft van 210V (dat hangt onder meer af van het energiebedrijf en waar je woont) en de trafo staat op 230V, dan bied je dus een lagere spanning aan, en het resultaat is dat *alle* spanningen lager zijn. Dus de spoeltjes zijn minder krachtig (flippert vervelend, schoten zijn moeilijker te halen, etc), en de kast kan zelfs uitvallen omdat de spanningen voor de IC's ook te laag is.

Als het andersom het geval is, de kast staat ingesteld op 218,5V (hoe bedraad je dat uit in het schema hierboven?) en je biedt 230V aan zijn *alle* spanningen dus hoger. Je lampjes branden dan feller en gaan eerder kapot. Het is

niet bevorderlijk voor de componenten in de kast.

## AC/DC

Zoals ik al zei is een trafo alleen geschikt voor wisselspanning. En een flipperkast heeft ook heel veel gelijkspanning nodig. Hoe dit wordt omgezet staat in een ander hoofdstuk.



## 8. Zekering

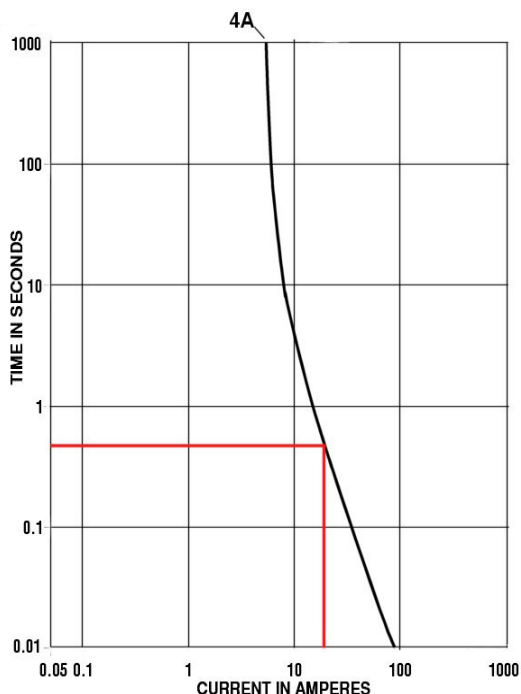
*Ik besluit een spelletje te spelen en druk een spel af. "Shiiiiirreeeee..... Baaaaagginssss....." fluistert de kast zachtjes in mijn oor. Gewoon bij het afdrukken. Ik krijg inderdaad de mode en mag de bal bij Gimli in het gat schieten. Een paar keer in de ring geschoten, maar geen probleem. Vreemd, mijn Lord of the Rings is gek geworden. Even later wil ik hem weer in de ring schieten, maar die wil hem nu niet meer vast houden. De zekering F20 is doorgesmolten.*

Hoe kan dat nou? Het bleek dat de opto in de ring (die "ziet" of er een bal in de ring zit) wat vies was. Daardoor dacht de kast dat er een bal in de ring zat en die hield hem vast. Maar omdat dat continu een te lange tijd duurde is de zekering doorgesmolten.

### Niets meer dan een dun draadje

Een zekering is niets meer dan een bewuste verdunning van het elektrische circuit. Door het circuit opzettelijk dun te maken op 1 punt zal hij altijd daar als eerste kapot gaan. Het is een beveiliging die altijd werkt. Ook nog handig verwisselbaar, hij is er immers voor gemaakt om kapot te gaan....

Een zekeringen heeft eigenlijk 2 doelen: een overbelasting wordt na een bepaalde tijd uitgeschakeld en een kortsluiting direkt. Soms zelfs binnen een aantal milliseconden. Dat is zo snel dat het sinusje uit het stopcontact nog niet eens zijn top heeft bereikt.



### Karakteristiek

Hoe zat het dan met die magneet in de ring van de Lord of the Rings? Ik heb eens even gemeten: die heeft een weerstand van  $3,6\Omega$  en er wordt  $69,8V$  op gezet. Dat zou dus betekenen dat de stroom die er gaat lopen  $I = U/R = 69,8V / 3,6\Omega = 19,4A$ . En hij wordt beveiligd door een 4A zekering. Hoe kan dat? Waarom smelt die zekering doorgaans niet door?

Een zekering van 4A smelt niet door bij 4A, hij smelt pas door als er een lange tijd een hogere stroom loopt. En hoe hoger de stroom des te eerder smelt hij door. Dat heeft te maken met de warmteontwikkeling in de zekering. Hij heeft een karakteristiek: een door de fabrikant opgegeven curve die voorspelt hoe snel de zekering doorsmelt. Op deze grafiek kun je zien dat een stroom van  $19,4A$  de zekering pas na meer dan een halve seconde laat doorsmelten.

De kast stuurt de magneet zo aan dat deze steeds erg kort wordt aangestuurd. Kalmpjes aan, dan smelt het draadje niet.

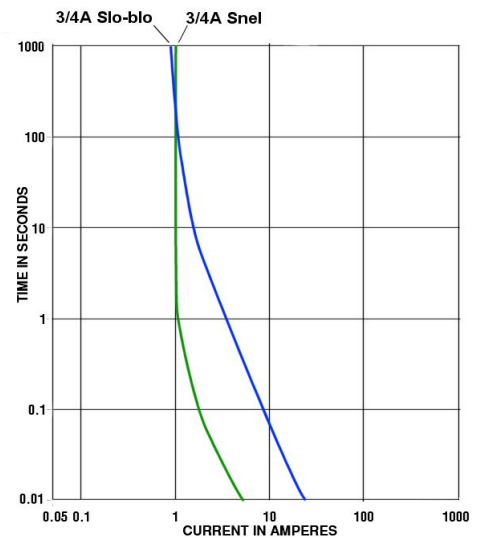
### Snel, traag en "slo-blo"

Zoals eerder genoemd hebben zekeringen een bepaalde karakteristiek. Dit is de doorsmelt-curve. Het geeft aan hoe snel een zekering bij een overbelasting doorsmelt. Je kunt simpel de tijd aflezen hoe lang het duurt voordat de zekering doorsmelt bij een bepaalde stroom.

Je hebt een aantal soorten: snel en traag zijn de bekendsten, maar de Amerikanen hebben nog één: "slo-blo", die is trager dan traag en wordt voor de magneet gebruikt in LotR.

Zoals je hiernaast kan zien zit er erg veel verschil in de eerste 10 seconden van deze 3/4A zekeringen. Een slo-blo zekering kan bij 1 seconde wel 3A voeren, een snelle maar 1A.

Fabrikanten verzinnen de gekste dingen om de zekering aan bepaalde voorwaarden te laten voldoen. Een hele bekende is om een druppel tin op de zilveren smeltdraad te smelten. Dit werkt smeltpunt-verlagend en op die manier wordt een snelle zekering gemaakt. Of een spiraal om een draad gewonden, of een zigzag-draad. Andere zekeringen zijn met zand gevuld en kunnen zeer hoge stromen onderbreken zonder te ontploffen (!). Zal in de flipperkast niet gebeuren, maar je zal maar op een gaswin-lokatie een vonkje maken....

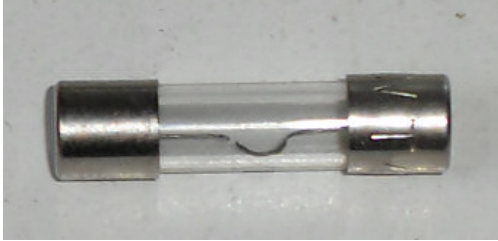


Hiernaast een aantal verschillende typen zekeringen. De 2<sup>e</sup> zekering is F20 uit de Lord of the Rings. Wat een fabrikant al niet bedenkt om dat draadje op de juiste manier door te laten smelten...

Er zijn speciale zekeringen om elektronica te beschermen. Die zijn super-snel. Echter voor een spoel wordt slo-blo (super-traag) toegepast. Die neemt doorgaans erg veel stroom (de magneet in LotR zelfs tegen de 20A), maar wordt maar heel erg kort aangestuurd.

## Storing

Je kunt aan een zekering zien waardoor deze is doorgesmolten. Dan kan handig zijn met storingzoeken. Vaak is het een kortsluiting die je zelf hebt gemaakt, dan is het allemaal wel logisch.



Maar wat nu als je niet weet waar de fout zit. De zekering smelt door en je weet niet waarom...

De linker zekering komt uit een Circus Voltaire voor de general illumination (GI). De kast heeft het jaren gedaan en doet het nu, na het vervangen van de zekering, nog steeds. Ook een zekering kan gewoon een keer stuk gaan. Op de foto is duidelijk te zien dat door het gewicht van het smeltdraadje de zekering heel langzaam is gaan doorzakken. Op een gegeven moment is hij doorgesmolten. Er was feitelijk niets aan de hand. Kan een keer gebeuren. Het was mogelijk niet eens gebeurd als de zekering verticaal was geplaatst.



De 3 zekeringen op de middelste foto komen uit een Monopoly, die liep vast op een gegeven moment en liet al de feature lamps tegelijk branden. En na een paar seconden deed niets het meer. Zie het hoofdstuk over de lampmatrix voor een foto van dat fenomeen.

De zekering is doorgesmolten door een overbelasting (alle lampjes tegelijk gedurende een seconde of 5). Feitelijk een relatief lage stroom die nog best een poosje loopt. Dat kun je zien doordat het draadje er nog in zit, en hij is op een klein gedeelte van de draad door. De rechter van de 3 heeft er ook op deze manier in de kast gezeten. Aan de onderzijde zie je nog een kleine druppel hangen aan de draad: het zilver is gaan smelten, en heeft de tijd gekregen om te gaan druipen.

Je kunt het tijdens een overbelasting ook goed zien aan de zekering zelf. Als je de connector van de voeding er (heel kort) op drukt kun je het draadje even zien samentrekken, of licht beginnen te gloeien. Als je dan de connector er snel weer af trekt blijft de zekering heel.

De rechter 2 zekeringen komen uit een Funhouse die tijdens het inschakelen de hoofdzekering door liet smelten. Je ziet dat de zekering in 1 keer weg is: de draad smelt in een flits door, en de binnenkant van de zekering is zwart geblakerd, of heeft soms zilveren spetters tegen de binnenkant. Dat is gebeurd door een veel grotere stroom in zeer korte tijd.

## Selectief

De stroom die door de magneet gaat, gaat langs vele zekeringen. Natuurlijk de boosdoener F20, maar die stroom komt van de brugcel, die afgezekerd is met 7A, dan de hoofdzekering van de flipperkast, de 16A zekering in de stoppenkast, en nog *veel* meer bij het energiebedrijf.

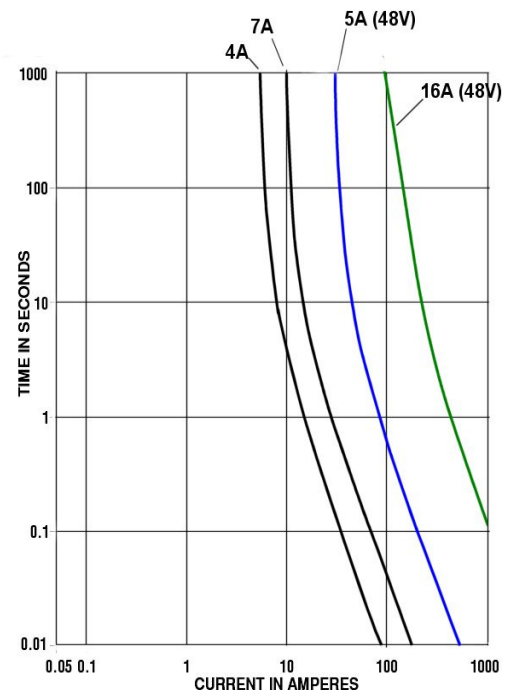
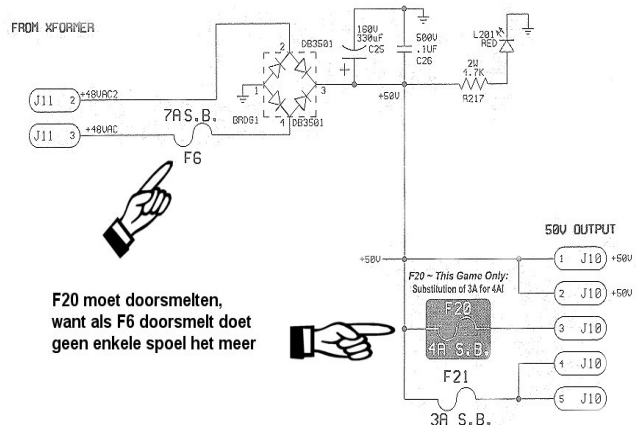
Het moet zo zijn dat als de zekering van de magneet (F20) doorsmelt en dat F6 die voor de brugcel zit "niet" doorsmelt. Want dan zou er meer uitvallen: de meeste spoelen doen dan niets meer, zelfs de flippers niet. Dat is dus voor een exploitant het verschil van door kunnen spelen, of de kast uit moeten zetten en een monteur bellen.

Dit wordt selectiviteit genoemd: de zekering die de magneet beveiligt moet doorsmelten en niet een "hoger liggende". Hoe doen we dat nu bij een kortsluiting? Bij een kortsluiting loopt er een zeer hoge stroom, misschien wel 1000A of meer. Die stroom loopt dus door alle genoemde zekeringen, die allemaal vrijwel "direkt" die stroom willen onderbreken.

Door een bovenliggende zekering zo te kiezen dat deze 2x zo veel warmte aankan wordt dit gegarandeerd, de fabrikanten hebben de zekeringen vaak zo gemaakt dat hier 2 stapjes tussen zitten. Dus een zekering van 7A is selectief met een van 4A (de stap 5A wordt overgeslagen). Je kunt dit mooi zien als de karakteristieken van alle zekeringen mooi in één plaatje gezet worden.

De hoofdzekering van de flipperkast is er een van 5A. Die is selectief met een van 7A voor de spoelen. Raar? Nee hoor, de stroom van 7A is bij 48V, en die stroom is veel lager voor de trafo, want dat is 230V. In de zekeringkarakteristiek moet je dat nog even omrekenen: de stroom primair is dan 4,8x lager. Zo moet je dat ook zien in de karakteristiek: even terugrekenen naar 48V. Handig om er even bij te zetten.

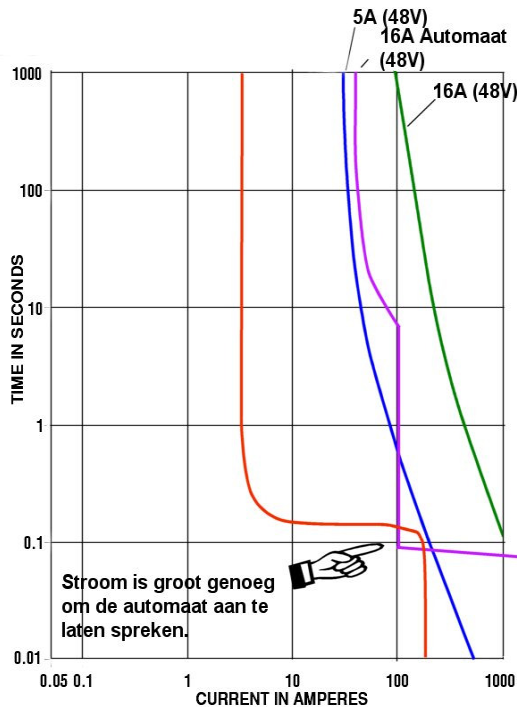
Bij mij zit op groep 3 de flipperkast, en tevens een koffiezetapparaat en andere stroomverslindende apparaten. Dat wordt gevoed door een zekering (a.k.a. stop) van 16A. Die heeft echter een heel andere karakteristiek: gG. General purpose staat het voor en wil zeggen dat je verbruikers en kabels enzo mee kan beveiligen.





## De techniek staat voor niets...

### Zekering



Soms spreekt een automaat in de groepenkast aan bij het aanzetten van de flipperkast. Dat komt omdat de trafo een inschakelstroom heeft die vele malen hoger ligt dan de normale stroom. Tel daarbij op dat de koffie net staat te pruttelen (tja, de innerlijke mens wil ook wat...). Die inschakelstroom is er maar heel even, na ongeveer 0,2 sec is die wel weer weg. Maar dat is net snel genoeg om de automaat te laten aanspreken. De hoofdzekering van de flipperkast smelt echter nooit door in zo'n geval: het is *niet* selectief en je zult de wekkerradio opnieuw moeten instellen.

Een 16A zekering heeft wat mij betreft de voorkeur in de groepenkast. Die is netjes selectief met de hoofdzekering in de flipperkast.

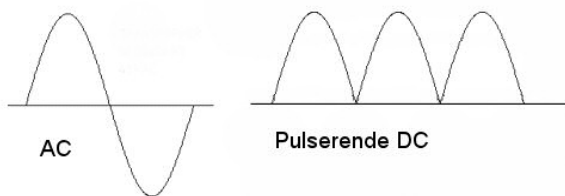
## 9. Gelijkspanning

*"Satellite Beta in position..." Jaja, niet dus, hij valt weer eens uit. Mijn Elektra valt uit bij het minste of geringste. Is ook wel logisch, want de draden in de kop aan de voedingsprint zitten aan de connector vast gesoldeerd, of eigenlijk gebakken. En ik kan je vertellen: er is niet bespaard op soldeer. Ik heb maar eens wat connectortjes besteld en ga het eens netjes opnieuw aansluiten.*

De kast is uitgevallen omdat er een verbinding wat slecht contact maakte, en IC's hebben vaak een strakke 5V nodig. Een die exact 5V geeft en maar een kleine marge aankan. Komt die 5V nu onder een bepaalde waarde (al is het maar heel even), dan zal de kast dus uitvallen.

### Pulserend?

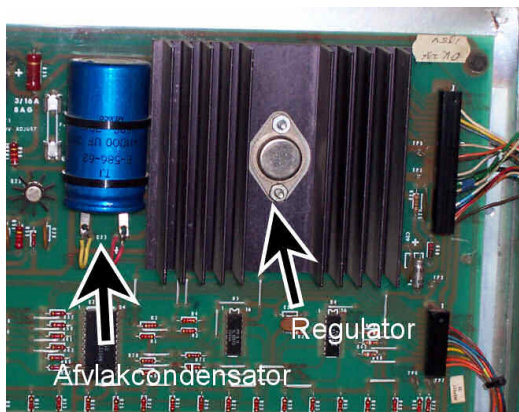
De transformator geeft een AC spanning: een sinusvormige wisselspanning. Dat wil zeggen dat de helft van de tijd is de spanning positief, en de andere helft negatief. Een diode is een component die als eigenschap heeft dat de negatieve spanning positief wordt. Dit is een eigenschap van het halfgeleidermateriaal waar een diode uit gemaakt is.



Een andere eigenschap van een diode is dat hij maar 1 kant op stroom doorlaat. Er worden vaak 4 diodes gebruikt om de spanning gelijk te richten: dit kan een configuratie van 4 diodes zijn, maar ze zitten ook vaak in 1 behuizing. We noemen dat dan een brugcel.

De wisselspanning van de trafo gaat via de 4 diodes en maakt daardoor een gelijkspanning. Allemaal halve sinusjes, omdat het positief is gemaakt. Dit wordt ook wel een pulserende gelijkspanning genoemd.

Pulserend omdat het wel een gelijkspanning is (de spanning wordt nooit negatief) maar geen constant spanningsniveau heeft. Een oude Bally gebruikt dit soort spanningen voor talloze toepassingen. Een spoel krijgt dit aangeboden, en bijv. de aangestuurde lampjes, maar ook de MPU kan niet zonder. Als je een kortsluiting maakt met een spoel, en de zekering klappt er uit, dan zal de MPU daarna niet meer willen opstarten, de led wil dan nog maar 6x knipperen.

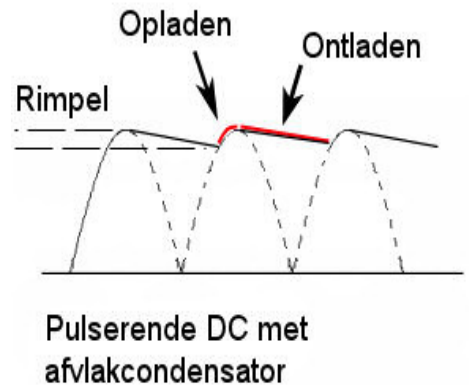


### Condensator

Een IC heeft wel een vlakke gelijkspanning nodig: als de spanning ook maar even onder de 5V komt is het al mis, al is het maar een kwart volt. In eerste instantie wordt er een condensator toegevoegd aan het circuit. Een condensator is een component wat elektrische lading kan vasthouden. Hij wordt dan eerst opgeladen, en dan, door de stroom van de IC's weer gedeeltelijk ontladen. Hoe snel dat gebeurt is afhankelijk van de capaciteit van de condensator. Dit wordt vaak aangegeven in  $\mu\text{F}$  (micro-Farads).

## Rimpel

Zodra de net-spanning hoger wordt dan de spanning van de condensator zal de condensator opladen, er wordt energie de condensator ingepompt. Als de net-spanning weer lager wordt zal dus de condensator langzaam ontladen en de energie weer afgeven aan de elektronische componenten. Aangezien de net-spanning sinusvormig is zal dus de condensator *opladen* vlak voor de top van de sinus tot aan de top van de sinus, en de condensator zal *ontladen* vanaf de top van de sinus tot aan het moment dat de sinus weer een hogere spanning heeft dan de condensator. Dit verschil in spanning noemen we de "rimpel" van de gelijkspanning.

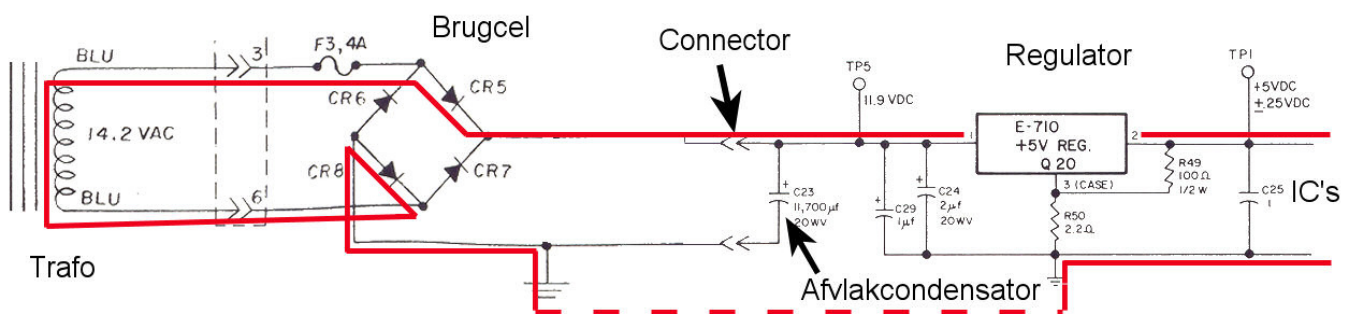


Het is zo dat hoe hoger de capaciteit van de condensator, des te meer energie deze kan bevatten en dus des te langer het duurt voordat hij ontlad. Het gevolg is dat de rimpel kleiner wordt: de gelijkspanning wordt min of meer gelijk getrokken met de top van de sinus uit de netspanning. Je ziet dus ook vaak een dikke condensator bij zo'n voeding zitten. Aangezien de condensator dient om de spanning af te vlakken spreken we ook wel van een "afvlak-condensator" (you don't say...).

## Regulator

Met een dergelijke voeding zijn we er helaas nog niet. Het is namelijk heel erg moeilijk om een gelijkspanning te maken van exact 5V door alleen uit te gaan van de top van een sinus. Dan moet je al een trafo nemen die secundair perfect is uitgelegd zo dat de top van de sinus 5V is, en je moet er van uit gaan dat de 230V uit het stopcontact ook exact 230V is. Niet te doen dus, dat verschilt immers per regio: in een stad is het heel anders dan op het platteland, maar het is ook afhankelijk van de stroomafname.

Daar zijn regulators voor uitgevonden. Een regulator reguleert de spanning en zorgt er voor dat de uitgangsspanning exact 5V wordt en zo mooi wordt dat de IC's er geen last van hebben. Je biedt gewoon een wat hogere spanning aan, en dat ding doet de rest. Handig hoor!



De stroom loopt vanaf de trafo en door de zekering en komt uit bij de brugcel, ofwel de 4 diodes CR5,6,7 en 8. Als de AC-spanning van de trafo positief is gaat de stroom door CR5 en 8. Hij kan niet door CR6 en 7 omdat een diode maar 1 kant op doorlaat. Als nu de AC-spanning negatief is is het juist andersom: de stroom loopt dan door CR6 en 7, en niet door 5 en 8.

Vervolgens gaat de stroom door de regulator heen en gaat naar de IC's. De retourstroom van de IC's is verbonden met aarde, net zoals de voeding vanaf de brugcel, en zo komt deze terug bij de trafo.

### **En als de kast nou uitvalt?**

Vaak gaat dit gepaard met een grote stroom, zoals het indrukken van 1 of beide flippers. Kijk eerst maar eens naar de verbindingen. Rotten solderingen die wat slecht contact maken is funest. Die solderingen kun je voornamelijk bij connectoren of zekeringhouders verwachten. Tevens is electronica ook aan veroudering onderhevig: een brugcel (de 4 diodes) kan "af" zijn, maar ook de afvlakcondensator is na een paar jaar wel aan vervanging toe. In een flipperkast zal je meerdere van dit soort voedingen tegenkomen, maar de IC's hebben dus 5V nodig, dus "die" voeding zal voor uitval van de kast zorgen.

### **Klopt het schema wel?**

De oplettende lezer zal zich afvragen of het schema wel juist is. Want hoe kom je nu van 14,2VAC van de trafo tot een afgevlakte spanning van 11,9V? Dat moest toch de top van de sinus zijn? Meet het maar eens na: er klopt inderdaad weinig van. De spanning van 14,2VAC is bij een *onbelaste* trafo. Die spanning zakt een beetje in als er stroom gaat lopen. Er staat ook een spanning van 2x0,7V over de diodes, maar dan nog klopt het niet: ik heb een spanning van 14,8V gemeten aan de ingang van de regulator, en geen 11,9V. Die maakt er overigens wel netjes 5V van.

### **Andere toepassingen**

Zoals eerder gezegd gebruikt een oude Bally ook de pulserende DC voor tal van andere zaken. Bijvoorbeeld om de feature lamps mee aan te sturen. Als je die spanning zou afvlakken met een condensator zou elk lampje nadat het aangestuurd zou zijn aan *blijven*. Hoe dat werkt wordt in een ander hoofdstuk uit de doeken gedaan.



## 10. Switchmatrix

*De bal vliegt met een rotgang tegen een target, stuitert vervaarlijk terug, maar ik weet hem te redden. Even zo hard als hij terug kwam gaat hij nu naar de lanes. Dat scheelde waarlijk niets..... "Destroy Centaur" klonk het door de kamer. Hee, wat is dat? Dat hoort hij niet te zeggen. Dat is alleen als je een spel afdruckt..... Wat hij tot mijn verbazing dus ook heeft gedaan. Nou ja, een highscore was het toch al niet.*

Maar hoe komt dat nou? De startknop heb ik niet aangeraakt, en het contact is ook goed. Als bij de Centaur droptargets B en S van de ORBS droptargets naar beneden staan en de diode van de "S" is stuk en er staan

credits op, zal zodra de bal door de top left lane (voor bonus multiplier) rolt, er een credit worden afgedrukt. En *dat* is wat er is gebeurd.

### Switchmatrix

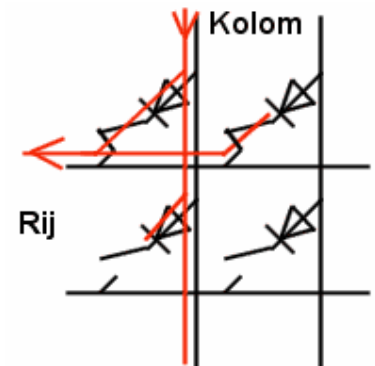
Alle contacten van een flipperkast zitten in een matrix. Een matrix bestaat uit kolommen en rijen. De meeste kasten hebben 8 kolommen en 8 rijen. Tussen elke kolom en elke rij zit een contact en een diode. In totaal heb je dan dus 64 contacten. Deze worden niet alle 64 gebruikt, dat verschilt per kast.

Waarom hebben ze dit in een matrix gezet? Heel simpel: het scheelt materiaal en computer inputs. Die kast moet elk contactje in kunnen lezen, en 64 contacten betekent 64 inputs (en 65 draadjes: naar elk contact een, en een gemeenschappelijke). Maar als je die contacten in een matrix van 8 x 8 zet, dan heb je 8 outputs en 8 inputs nodig (en dus ook maar 16 draadjes).

### Hoe werkt het?

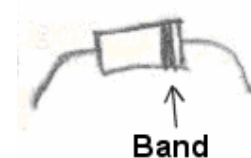
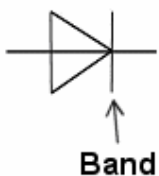
De kast scant de matrix. Dat wil zeggen, hij stuurt eerst kolom 1 aan, en kijkt vervolgens wat er op zijn inputs (de rijen) binnenkomt. Vervolgens stuurt hij kolom 2 aan, en kijkt wat er binnenkomt. En zo gaat hij alle kolommen af.

Zodra kolom 1 wordt aangestuurd zet hij spanning op de kolom, en als er een contact gesloten is gaat er stroom lopen door de diode, door het gesloten contact, en komt uit op een rij. En dat is een input. Zo ziet hij of een contact open of gesloten is. De opbouw van de switchmatrix verschilt per kast, de diode zit wel eens andersom, of meer of minder kolommen, maar het principe blijft het zelfde.

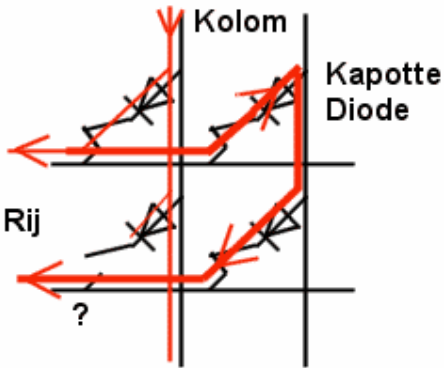


### Diode

Omdat alle contacten met elkaar verbonden zijn moet de kast zeker weten dat de stroom maar 1 kant op gaat. Daar is een diode voor. Het schema van een diode is een pijl met een verticale streep. De stroom gaat maar 1 kant op, en wel in de richting van de pijl. Dit wordt de doorlaatrichting genoemd. De andere kant op is de sperrichting. Om deze richting aan te geven is er een band op de diode getekend (de verticale streep in het schema). De stroom gaat van de "niet-band" kant naar de "band" kant.



Maar diodes kunnen stuk zijn: vaak zijn ze dan kortgesloten en geleiden ze in beide richtingen. In de switchmatrix kun je dan gekke dingen verwachten. Als het contact



gesloten is *en* de diode is stuk zal er een andere kolom meedoen in de switchmatrix. De stroom wordt dan niet meer tegengehouden door de diode. De kast stuurt kolom 1 aan, en door een gesloten contact komt dit netjes aan op een rij, maar door de kapotte diode wordt er *nog* een kolom geactiveerd.

Als er dan nog een contact gesloten is in de kolom die niet aangestuurd had mogen worden heb je een probleem: de stroom gaat door naar de rij en de kast denkt dat het contact gesloten is *van de kolom die werd aangestuurd* en doet netjes wat hij in dat geval had

moeten doen. Een spel afdrukken ofzo. Of hem op tilt gooien. Vaak de lekker irritante dingen.

### Storingzoeken

Wat doe je in zo'n geval? Allereerst kijken wat er gebeurde en beredeneren. Welke contacten zouden er gesloten kunnen zijn. Wat gebeurde er precies toen het gebeurde? Rolde de bal toen over een lane? Dat is dan contact nr.1. En het resultaat? Tilt? Dat is contact nummer 2.

Stonden er droptargets naar beneden? Lagen er ballen vast in een lock? Hoeveel ballen lagen er in de trough? Dat zijn contacten die gemaakt zijn waarvan het niet direkt opvalt. Dat zouden de andere contacten kunnen zijn. Kijk in het schema welke contacten gemaakt zouden kunnen zijn.

Trek de glasplaat er af en probeer het uit: druk een spel af, gooi een paar droptargets naar beneden, of leg de ballen vast in een lock en probeer het probleem te reproduceren.

### Rechthoek

In totaal heb je 4 contacten nodig voor dit probleem. Deze zitten in een rechthoek in de matrix. 2 x 2 contacten waarvan de kolommen overeenkomen, en 2 x 2 contacten waarvan de rijen overeen komen. Er zijn 3 gesloten contacten, en een open contact waarvan de kast *dacht* dat hij wel gesloten was.

Deze laatste is niet degene met een kapotte diode. Hij was immers niet gesloten. En het contact in dezelfde kolom ook niet. Dat is namelijk de kolom die aangestuurd werd. Logisch toch?

Het is de andere kolom en de andere rij dan het contact waarvan de kast *dacht* dat hij gesloten was. De tegenovergestelde hoek in de rechthoek.

### Meten = weten

Kom je er niet uit door te beredeneren? Geen probleem. Een diode kun je doormeten. Een multimeter heeft vaak een diodestand. Hij moet de ene kant op sperren en de andere kant op doorlaten. Mijn multimeter geeft in de diodestand als ik de meetpennen tegen elkaar houd ".000" en als ik ze los van elkaar houd "1". Als ik een diode meet heb ik in sperrichting "1", en in de doorlaatrichting ".562" (een beetje "half" dus!!!). De waarden verschillen natuurlijk per diode en per multimeter, het is wel vaak in die richting. Nadeel is dat je de diodes moet lossolderen om goed te meten. Meet dan de diodes door waarvan je vermoedt dat ze er iets mee te maken zouden kunnen hebben.

Wat zou het nog meer kunnen zijn? Als een contactje tegen metalen delen zit en daardoor kortsluiting maakt kan de diode door dat metaal overbrugd zijn. Of de diode komt net even tegen het draadje van de rij. Het contact rechtsonder van de Path of Adventure van Indy (doordat deze draait) heeft daar vaak problemen mee. Je moet dan alleen wat recht buigen. Dit is altijd zichtbaar, dus *bekijk* de contactjes even.

### **Contactjes die het niet doen**

Zet de kast in de switchtest en kijk of het contact binnenkomt. Vaak moet een contact wat bijgebogen worden: gewoon een kwestie van afstellen. Of een switch is vies: gewoon even schoonmaken. Om een contact schoon te maken bestaat contactspray. Niet iedereen gebruikt dit: sommigen zweren het af. Ik heb er zelf geen problemen mee. Gebruik in ieder geval geen schuurpapier oid., er zitten gouden contactpuntjes op de switch.

Een afgebroken diode die weer vast gesoldeerd moet worden is ook een veel voorkomend probleem.

Of een draadje. En het zit in een matrix, dus alle contacten in een kolom of rij zitten doorgelust. Als een groep contactjes het niet doet kan het zijn dat er ergens een draadje geen contact meer maakt waardoor de "rest" van de kolom of rij het niet meer doet. De stroom komt dan gewoon niet meer verder. Bekijk het schema welke contactjes allemaal in 1 kolom of rij zit. Anders kun je ook de draadkleuren bekijken. Bekijk ook even de connector op de MPU: maakt deze wel goed contact?

Misschien een microswitch die wat "gaar" is. Als een microswitch klikt maakt hij contact. Als het goed is..... Maar als hij wat gaar is, kan hij wel klikken, maar maakt hij geen contact, of slecht contact. Stel je voor dat je een bal razendsnel over een ramp schiet: de bal activeert de microswitch maar *heel even*. Als dan de microswitch wat gaar is doet hij het in de switchtest wel goed als deze met de hand wordt geactiveerd, maar in het spel niet. De microswitch bijbuigen kan een oplossing zijn, maar is vaak maar tijdelijk. De microswitch is dan gewoon aan vervanging toe.

Een kast heeft verschillende manieren om te detecteren of een switch stuk is, en er zijn vele soorten contactjes, elk met hun eigen principe. Opto's werken met licht, eddy's met inductie. Maar dat is een ander hoofdstuk.

## **11. Opto's**

*Het Gamma-quadrant is lit, ik schiet hem maar hij pakt hem niet, ik krijg een Advance in Rank..... en een bal erbij. Gewoon tijdens het spel, en ik heb geen multiball ofzo. Dat heeft die kast wel vaker: gewoon tijdens het spel gooit hij er een bal bij in. Soms zomaar ineens, soms als ik wat schiet, heel raar allemaal.*

De contacten bij de outhole die registreren of de bal weg is, de balltrough, zijn bij deze kast opto's. Dit zijn switches die werken met een lichtstraal. Die lichtstraal kan onderbroken worden door de bal. Als nu de zender kapot is, of slecht contact maakt is de lichtstraal ook weg en zal de kast denken dat er een bal ligt die er niet hoort te liggen en hij zal een bal bij het spel in gooien. En dat is wat er aan de hand is.

### **Zender**

Een opto is een switch, maar dan een met een lichtstraaltje en wat electronica. Dat werkt met een zender en een ontvanger. De zender is een infra-rood LED, het werkt dus met "onzichtbaar" licht. Onzichtbaar voor het blote oog misschien, maar een digitale camera ziet ze wel. Je ziet dan een violette kleur. Overigens heeft Stern opto's met zichtbaar (rood) licht. Dat is in ieder geval gemakkelijker storingzoeken.

De zender is een LED (light-emitting-diode, oftewel een lichtgevende diode) en krijgt via een weerstand 12V. Deze geeft dus altijd licht. Maar omdat er *altijd* stroom loopt wordt de weerstand erg warm (dit koelt dus ook niet af) wordt ook de print waar deze op zit erg warm. Met als gevolg dat de solderingen eerder verouderen en slecht contact maken. Zodra dat gebeurt zal de LED *even* niet functioneren en de kast denkt dan dat er een bal ligt of langs rolt. Niet dus. Dit is een standaard probleem bij de opto's bij de balltrough van kasten van Bally/Williams zoals Indy, Star Trek NG, etc. De latere kasten (zoals bijv. Road Show) hebben een beter ontwerp en daar zijn deze problemen niet te verwachten.



### **Ontvanger**

De ontvanger is een (infra-rood gevoelige) foto-transistor. Deze werkt als schakelaar en is gesloten (geleidt) als er infra-rood licht op valt. Op deze manier wordt er, via wat elektronica, een contact gemaakt in de switch matrix. Soms breekt er door trillingen een pootje onder de zender of de ontvanger af, deze zit vaak wel met 1 pootje nog vast, zodat het niet zichtbaar is. Dan zul je moeten meten. Als je meerdere kasten hebt van dit type kun je ook de printjes verwisselen om er zo achter te komen waar de fout zit.

### **Storing**

Aangezien een opto met licht werkt kan dit dus ook gewoon *vies* zijn. Schoonmaken met een wattenstaafje met glassex doet soms wonderen. Bij het Path of Adventure van Indiana Jones wil het wel eens voorkomen dat het PoA een kant op snel doet, en de andere kant op gaat wat moeizaam. De opto's bij de flipperknoppen moeten dan wat schoongemaakt worden. Ze registreren dan net wel / net niet, en de kast reageert daar op door het motortje niet continu aan te sturen. In het test-menu doet deze het dan prima. Logisch, want daar gebruik je de flipperknoppen niet, maar de test-buttons in het deurtje om de boel aan te sturen. Dûûûûhhhh.



## De techniek staat voor niets...

### Opto's

Overigens zitten er achterin ook 2 opto's om te kijken of het PoA in de linker of rechter positie staat. Dat is dan de conclusie als het PoA het slecht doet met de flipperknop *en* in de test... En aangezien er nogal wat verwijderd moet worden om dat printje te pakken te krijgen vervang ik die opto dan maar direkt.

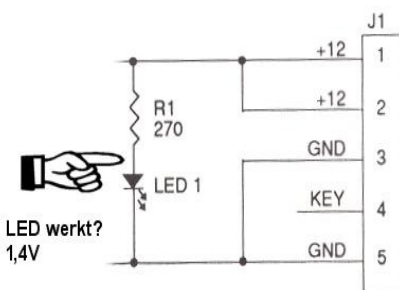
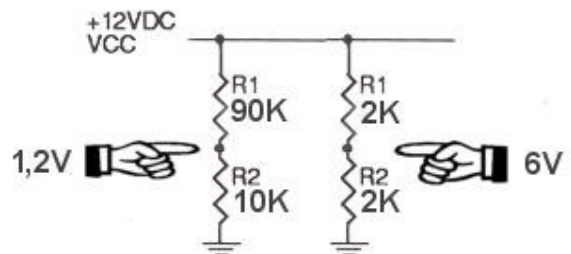
### Verschillende types

Er zijn verschillende soorten opto's. De meest voorkomende soort bestaat uit een separate zender / ontvanger die op een printje zit gesoldeerd, en waar de bal tussendoor rolt. Er zijn echter ook U-vormige componenten, waar bijv. een droptarget mee geregistreerd wordt. Kasten uit eind jaren '80 (zoals Black Knight 2000) hebben deze vaak.

De Dracula heeft een long-beam opto, waarbij de zender aan 1 kant, en de ontvanger aan de andere kant van het speelveld zit. Een bal rolt dan van rechts naar links (de bal onderbreekt de lichtstraal) en als je die wegschiet begint mist-multiball.

### Doorlaatspanning??? Wat is dat???

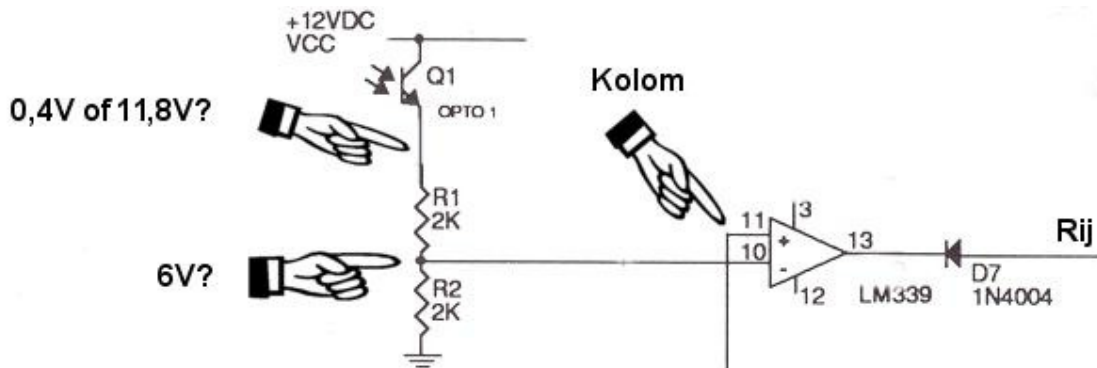
Als er spanning over een weerstand staat loopt er stroom. Als je niet met 1 maar met 2 weerstanden te maken hebt zal de spanning evenredig worden verdeeld: dus als de ene weerstand 1/10 is van het totaal staat daar ook 1/10 gedeelte van de spanning over. En 2 gelijke weerstanden in serie zorgt er voor dat de helft van de spanning over de ene, en de andere helft van de spanning over de andere weerstand komt te staan.



Met een LED is het anders: die heeft een *doorlaatspanning*. D.w.z. als er stroom loopt zal daar een vaste spanning over staan. De hoogte van de spanning is afhankelijk van de eigenschappen van de halfgeleider waar de LED van gemaakt is, maar bij de LED van een opto kun je een spanning van plm. 1,4V verwachten.

### Schema

De zender is een LED die via een 270Ω weerstand aangesloten is op de 12V. In een normale situatie moet er plm. 1,4V over de LED staan. Er loopt dan stroom en er staat dan plm 10,6V over de weerstand. (totaal 12V, min de doorlaatspanning die over de LED staat)



Als er 12V over de LED staat is deze defect, er loopt dan geen stroom. Als er een pootje van de LED of ene draadje van de weerstand afgebroken is staat er 0V. Da's ook niet goed.

De ontvangende kant bij een Bally/Williams bestaat uit een foto (lichtgevoelige) transistor. Deze geleidt als er geen licht op valt. Als je nu over de transistor meet, en je meet 12V (ongeveer..... 11,8V is ook goed), dan geleidt deze niet. Er ligt dus een bal, of er komt geen licht op. Als je nu zeker weet dat de LED goed is en je meet 12V dan is de ontvanger dus stuk. Schijn desnoods met een felle zaklamp op de ontvanger. Meet je verschil? Zie je verschil in de switchtest?

Zodra de transistor geleidt loopt er stroom door de 2 weerstanden. Deze hebben elk een gelijke waarde ( $2k\Omega$ ), en dat heeft tot gevolg dat er over de weerstanden elk de helft van de spanning komt te staan. 6V dus.

### **Switchmatrix**

Hoe werkte dat ook al weer die switchmatrix? De kast scant de matrix. Dat wil zeggen, hij stuurt eerst kolom 1 aan, en kijkt vervolgens wat er op zijn inputs (de rijen) binnenkomt. Vervolgens stuurt hij kolom 2 aan, en kijkt wat er binnenkomt. En zo gaat hij alle kolommen af. (zie ook het hoofdstuk over switches)

Nu wordt bij een opto dit gerealiseerd met comparatoren (dat is een IC'tje met de naam LM339). Dit is een stukje elektronica die spanningen vergelijkt. Ze hebben een "+" en een "-" ingang, en als de "-" hoger is als de "+" (hoe was dat ook al weer? Licht er dan wel of geen bal??) dan wordt de uitgang naar ground geschakeld. Hierdoor wordt er een rij geactiveerd. En dat wordt door de kast gedetecteerd in de switchmatrix.

Via wat elektronica wordt de "+" ingang van die spanningsvergelijkers 2,1V gemaakt zodra de kolom actief wordt. Dat gaat echter zo snel dat je dat niet kan meten. Als de foto transistoren nu geleiden (er valt dus geen licht op) zal er stroom lopen door de 2 (gelijke) weerstanden en er komt plm. 6V op de "-" ingang te staan. Dat is dus hoger dan die 2,1V en de rij wordt geactiveerd.

Dit is de interface met de switchmatrix.

### **Andere problemen**

Opto's kunnen ook voor andere problemen zorgen. Zoals bijv. flipperspoelen die veel te heet worden. Maar dat hoort bij een ander onderwerp. Net zoals de techniek van Stern die heel anders werkt: met een LED waarbij de doorlaatspanning varieert afhankelijk van het licht.

## 12. Eddy

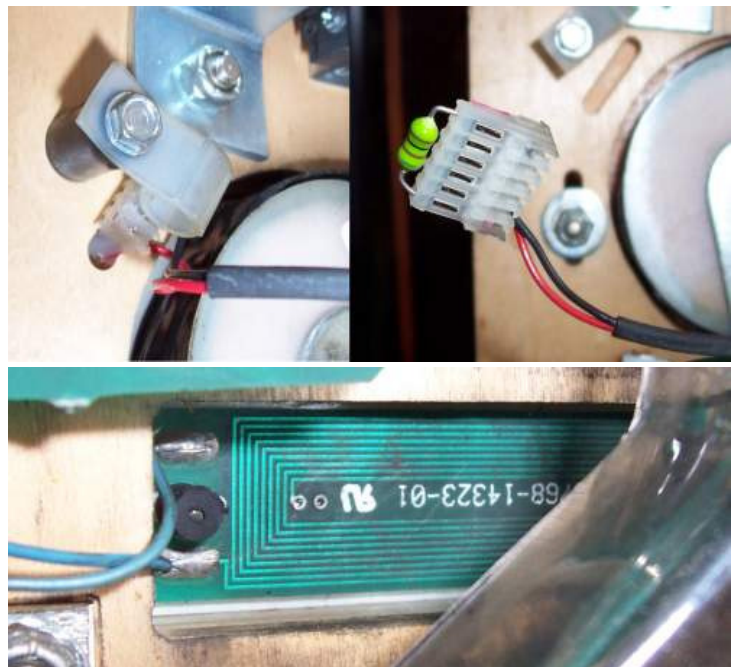
*Een poosje geleden was ik op zoek naar een Jurassic Park om mijn verzameling uit te breiden. Die kwam echter niet op mijn pad. Nou ja, dan maar een Circus Voltaire, ook een leuke. Bij de mijne registreerde de kast het echter niet als je tegen de ringmaster schoot. Wel de targets naast de ringmaster, maar niet als ik hem vol op zijn bakkes knalde.*

De detectie van de ringmaster wordt gedaan met een eddy, een stukje techniek wat een bal detecteert met een spoel. Die spoel is wel een stuk kleiner dan een flipperspoel. Hij is zo klein dat deze getekend wordt op een stukje printplaat, of het is een klein spoeltje wat er uit ziet als een weerstandje in een connector.

Hoe komen ze nou op de naam Eddy? Ik denk dan eerder aan Iron Maiden of een of andere kale vent uit het zuiden. Eddy current is de Engelse benaming voor stroom die gaat lopen door een geleider wanneer metaal door een magnetisch veld beweegt.

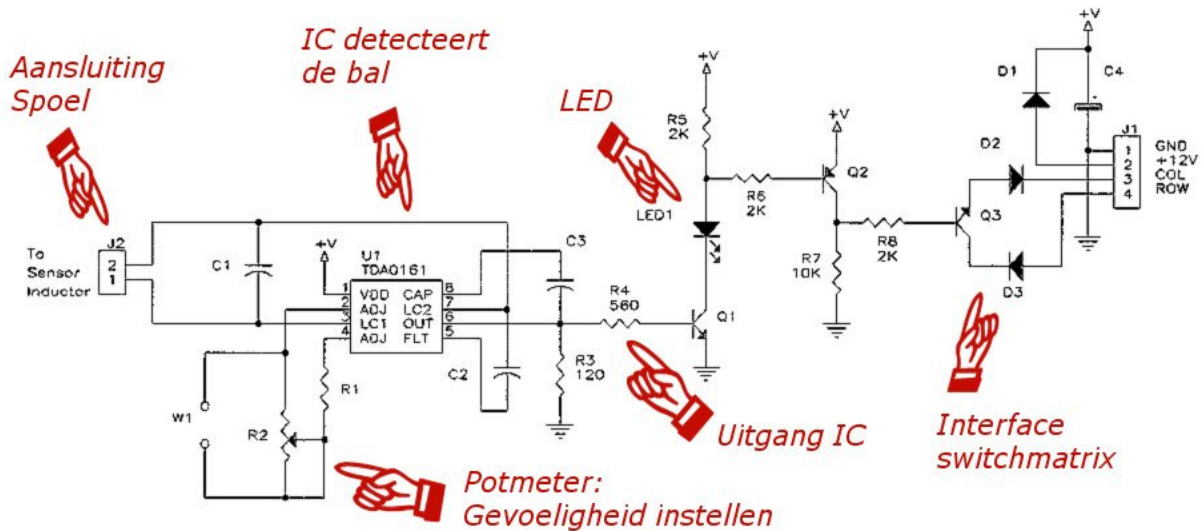
Dat magnetisch veld wordt gegenereerd door een klein spoeltje in combinatie met een condensator, en wordt met een bepaalde frequentie aangestuurd door het IC TDA0161.

Aangezien de weerstand van een spoel verandert als er een metalen voorwerp in de buurt van de spoel komt wordt de frequentie van dat magnetisch veld ook anders. Als dat gebeurt (doordat de bal over de spoel rolt) geeft het IC dit door aan de switchmatrix.



### Schema

Er zit bij een eddy-sensor altijd een printje wat hem aanstuurt. Dat zit ergens onder het speelveld gemonteerd. Zoals gezegd heeft het IC een spoel en een condensator nodig om een bal te detecteren. De spoel zit in het speelveld, vlak onder het oppervlak. De condensator en wat weerstanden zitten bij het IC op de print. Ze zitten aangesloten op de LC1 en LC2 ingangen van het IC. In de elektrotechniek wordt wel gesproken over een LC-kring, dat is een spoel (L) in combinatie met een condensator (C). Die combinatie zorgt voor een bepaalde frequentie waar het IC gebruik van maakt. Het IC kan worden afgesteld met een weerstand op de ADJ(ustment)-ingangen van het IC. En om het ons gemakkelijk te maken wordt dat gedaan met een potmeter.



Als er geen bal bij de spoel in de buurt is zal de uitgang van het IC laag zijn (0V), de led is dan uit. Komt er een bal in de buurt van de spoel zal het IC dat detecteren en de uitgang hoog maken (12V in dit geval) en laat de transistor Q1 schakelen. De led gaat aan.

En doordat er stroom loopt door de led verandert de spanning en laat Q2 schakelen. Die stuurt Q3 weer aan om een signaal door te geven aan de switchmatrix. De kast weet dan dat er een bal over de sensor rolt.

Maar let op bij storingzoeken: de schema's zijn niet altijd juist! In sommige schema's staat het type transistor fout aangegeven. Bij Roadshow is het fout, en Theatre of Magic goed.

## Afstellen

De gevoeligheid is in te stellen met een potmeter. Dit doe je door de potmeter zo te draaien dat de led aan gaat, en deze dan weer terug te draaien zodat deze net uit is. Gaat er dan een bal over heen zal de led weer aan gaan. Het IC is dan goed ingesteld.

Mocht je nu een eddy hebben die steeds problemen geeft, zoals ik bij zowat a/ mijn kasten wel een keer heb gehad moet je eens naar de verbinding met de spoel kijken. Het IC werkt op basis van een weerstandsverandering, en dan is een goede verbinding met de spoel echt cruciaal. Vaak zijn die connectortjes de boosdoener. Tja, wat wil je ook met kasten van 15 jaar oud...

## Nieuw type

Sinds Circus Voltaire is er een nieuw printje ontwikkeld. Een die het IC instelt bij het opstarten van de kast. Handig, heb je geen storing meer... (nee echt?)

Er zijn wat kleine veranderingen tov. de oude print. De baldetectie blijft het zelfde, de interface met de switchmatrix ook. Echter die wordt niet meer door een led aangestuurd. Het is ook wel een beetje raar dat de werking van de print afhankelijk is van een led nietwaar?

De aansturing van de led en die van de switchmatrix gebeurt door een PIC, een programmeerbaar IC. Dat wordt door een (heel klein) programma bepaald. Het programma in de PIC stelt bij het opstarten eerst dmv. een digitaal potmetertje (nog een IC-tje...) het baldetectie-IC in.

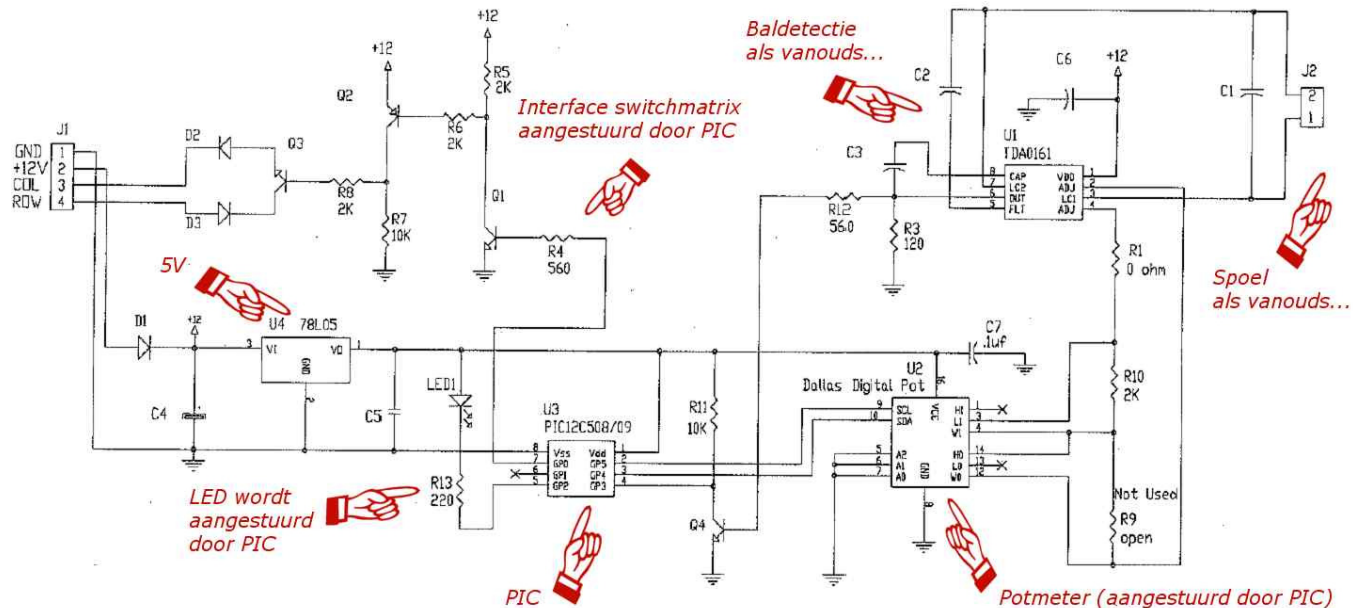


*De techniek staat voor niets...*

Als dan het IC dat de bal detecteert ziet dat de bal er is, geeft de uitgang een signaal aan de PIC. En die stuurt dan zowel de led als de switchmatrix aan.

Tevens is er nog een 5V regulator te vinden op de print, vermoedelijk werkt de PIC of de digitale potmeter met 5V... En ook dat kan kapot gaan.

Aangezien de nieuwe print volledig self-supporting is zijn de oude en de nieuwe print uitwisselbaar. Altijd handig om te weten als er een moeilijk verkrijgbaar IC (met of zonder programma) kapot is....



## Nagellak?

Tot nu toe heb ik voornamelijk de storing verholpen door het circuit van de print naar de spoel in orde te maken. Veelal was dat een connectorverbinding op de connector van de print, of die in het speelveld die wat slecht contact maakte. Draadjes er uit getrokken, en direkt aan het spoeltje gesoldeerd en aan de andere kant de draadjes op de print gesoldeerd verhelpt het euvel en zorgt er ook voor dat het daarna altijd goed blijft.

Er heerst de opvatting dat de potmeter verschuift door het spelen, en dat kun je dan verzegelen met nagellak. Dan verschuift de potmeter niet meer... De Theatre of Magic registreerde de bal vaak onterecht, of helemaal niet. En de Ringmaster soms wel en soms niet. Die laatste stelt de print elke keer opnieuw in met het opstarten van de kast en heeft geen handmatige potmeter.

Waarom dan nagellak? Ik wist in eerste instantie niet waar het aan lag, en dan ga je zoeken op internet... En het kan geen kwaad om het wel te verzegelen met nagellak, sterker nog: het staat zelfs in de manual bij de calibratie procedure.

Toch heeft de soldeerverbinding in plaats van de connector de problemen altijd opgelost.



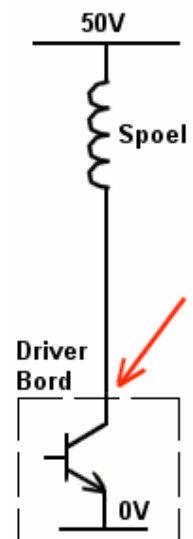
### 13. Ansturing spoelen

*"Mode Start" is lit. Je schiet hem. Je krijgt 20 sec om de bal vervolgens 3x tegen de captive ball te schieten..... en de bal komt de Mode Start niet meer uit.*

Hoe kan dat nou? Dat ding heeft het altijd gewoon gedaan. Allereerst moet je weten waarom de bal ergens niet meer uit komt. Dat kan aan het spoeltje liggen, maar ook aan het contact. Dat is niet altijd even duidelijk. In het geval van de mode start kun je zien dat het contact het doet, simpelweg omdat de mode daadwerkelijk gestart wordt. Echter als de bal een lock induikt en daar niet meer uit komt weet je het niet. Gelukkig heeft een kast verschillende testen, waaronder een spoelentest. Als het spoeltje het in de test ook niet doet weet je dat het daar aan ligt.

#### Hoe werkt een spoel?

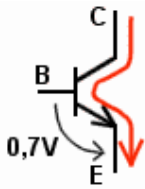
Simpel: je zet er spanning over en hij trekt aan. Omdat hij aangestuurd moet worden moet daar dus een schakelaar tussen. En wel een die de kast zelf aan kan sturen. Dat is de transistor. Een transistor is een elektronisch component wat grotere stromen (een spoel dus) kan schakelen met relatief kleinere stromen. Er staat spanning op de spoel, en er gaat een draad naar de connector op het driverbord, waar de transistoren voor de aansturing van de spoelen zich bevinden. Om er achter te komen of het aan een losse draad ligt kun je de connector van het driverbord afhaken (bij de pijl in het plaatje hiernaast). Deze kun je in het schema opzoeken. Heb je geen schema, dan kun je de draadkleuren op de spoel bekijken, en deze vervolgens op de driverconnector opzoeken. Op de pinnen staat dan 50V, en dat kun je meten. Je weet dan dat de bedrading tot aan het driverbord goed is. Wat je ook kunt doen is een draad met de ene kant aan aarde verbinden, en met de andere kant (heel even!) tegen de metalen behuizing van de transistor tikken. De spoel trekt dan even aan. Als hij dat niet doet moet je de bedrading en de spanning controleren.



#### Spanning meten

Metten doe je met een multimeter (op Volt). Let er even goed op dat hij niet op Amperes staat! (dan zou je door te meten een kortsluiting maken). De zwarte draad gaat aan de aarde, en de rode meet je mee. Op de spoel moet op beide aansluitingen 50V staan. Het is overigens niet bij elke kast 50V, sommigen gebruiken 43V of 25V. In het schema staat welke spanning juist is, maar 0V is nooit goed. Als je nu geen spanning meet op de spoel is het meest voor de hand liggende een kapotte zekering. (en *waardoor* zou die kapot gegaan zijn?) Als je wel spanning meet op de zekering, maar niet op de spoel, controleer dan even of er nergens een draad los hangt bij een spoel. De 50V wordt namelijk doorgelust, oftewel: hij gaat van de ene spoel naar de andere, en zo langs alle spoelen. Als daar ergens een draad los hangt komt de spanning ook niet verder.

## De transistor



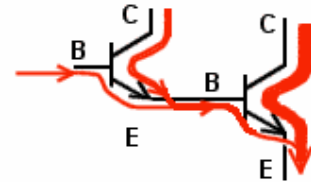
Een transistor heb je in verschillende soorten en maten. Alle transistoren hebben 3 pootjes: de Basis, Collector en Emitter (B, C, E) en in het schema staat een pijl. De basis is de aansturing van de transistor. En zodra deze wordt aangestuurd gaat er stroom lopen tussen de collector en de emitter in de richting van de pijl.

Een transistor komt in geleiding zodra er 0,7V over de pijl staat (in de richting van de pijl). In het schema hiernaast staat de pijl van de basis naar de emitter, maar er zijn ook types waarbij de pijl andersom (naar de basis toe) wijst. De stroom gaat echter altijd in de richting van de pijl als er 0,7V over de pijl staat. Die spanning wordt vaak gerealiseerd met wat weerstanden, zodat de aansturing kan volstaan met 0V of 5V, met een lage stroom.

## 2<sup>e</sup> transistor

Aangezien de aansturing van de transistor geschiedt door spanning over de pijl te zetten gaat er ook stroom lopen. Die aansturingstroom gaat van de Basis met de grote stroom van de spoel mee naar aarde.

Omdat de aansturing van die kleine stromen zijn kun je daar niet zomaar een spoel mee aansturen. Sterker nog: je kunt er niet eens een grote transistor mee sturen, je hebt een kleine transistor nodig om een grotere mee aan te sturen.



Deze 2<sup>e</sup> kleinere transistor (stuurtransistor) wordt zo geschakeld dat deze de basis van de drivertransistor (voor de spoel) schakelt.

## Kapot

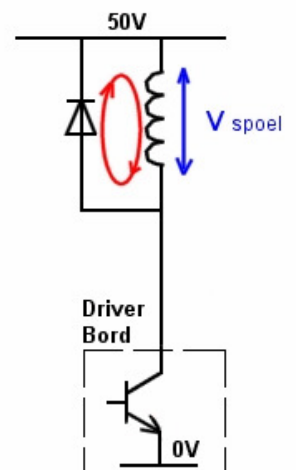
Soms is het ook zo dat de spoel continu bekrachtigd blijft. Dan is de transistor continu in geleiding. Belangrijk is het dan om de kast zsm. uit te zetten.

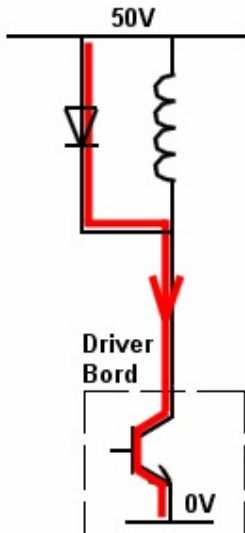
Stel dat de spoel was kortgesloten op het moment dat hij werd aangestuurd. Op dat moment gaat er ontzettend veel stroom lopen. De drivertransistor probeert dit te leveren, en vraagt daardoor ook te veel stroom van de aanstuurtransistor. Gevolg: beide transistoren zijn naar zijn grootje. En vaak gaan transistoren op die manier stuk. En waardoor zou die kortsluiting gekomen zijn? Controleer dit eerst even voordat je het net gerepareerde driverbord weer kapot maakt.

## Diode

Bij elektronische kasten zitten er meestal diodes op de spoel. Een diode is een component die maar in één richting stroom geleidt, vergelijk het maar met een ventiel bij een luchtband. Als je in het schema van een flipperkast kijkt, lijkt die diode nutteloos: de stroom loopt normaal altijd van de + naar de - en de diode zit precies andersom. Toch dient die diode ergens voor.

Als een spoel aangetrokken is (bekrachtigd) loopt er een flinke stroom. Wanneer die stroom onderbroken wordt (als de drivertransistor uit geleiding gaat) is de verandering van de stroom zeer abrupt. Doordat er nog energie in de spoel zit zou dat voor een flinke spanningspiek zorgen op de spoel (en dus ook op de elektronica). De diode zorgt er echter voor dat de stroom nog even kan blijven lopen, namelijk door het circuit spoel + diode. De spanning over een diode kan nooit hoger worden dan zo'n 0,7V en op die manier





wordt die spanningspiek beperkt.

Een veel gemaakte fout bij het vervangen van een spoel is dat de aansluitingen verwisseld worden. In dat geval staat de diode al in doorlaatrichting als de spoel ingeschakeld wordt door de drivertransistor. Dan loopt de stroom die door de spoel had moeten door de diode en zorgt direct voor een kortsluiting. Het gevolg is dat de zekering van de spoelen doorsmelt, en zowel de diode als de beide transistoren die voor de aansturing zorgen geven de geest. Het enige wat dan nog heel blijft is de spoel...

En als dan de zekering wordt vervangen smelt deze direct weer door als alleen de bedrading van de spoel is gecorrigeerd. En als de diode *wel* en de transistoren *niet* zijn vervangen wordt de spoel onmiddellijk bekrachtigd bij het aanzetten van de kast. En dan gaat de spoel *alsnog* naar zijn grootje.

Gelukkig is dat bij nieuwere kasten uit de fabriek verholpen: daar zit de diode op het driverbord.

## 14. Special solenoids

*Return to the ..... seventiiieeeeeees schalt het door de speakers. Lekker muziekje, en in stereo. Dat was voor die tijd (en nu eigenlijk nog) heel vooruitstrevend. Ik lanceer een bal, bonk, bonk, plof. Plof? Hee die onderste bumper doet het niet. Even kijken of hij het in de spoelentest wel doet..... Nee, ook niet, maar geen enkele bumper of slingshot wordt daarin aangestuurd. Lekker handig, waarvoor heb je die dan?*

Hmmmm, dan maar het speelveld omhoog. Er zitten bij die bumper 2 contactjes, een voor de punten, en een voor de aansturing. Die aansturing gebeurt "direkt", dat wil zeggen het contact gaat via wat elektronica naar de transistor die de spoel aanstuurt. De spoel wordt dus niet via de CPU aangestuurd. Dat wordt een "special" solenoid genoemd.

### Waarom niet gewoon in de switchmatrix?

Dat zou op zich wel zo handig zijn: scheelt een contact, wat bedrading en wat elektronica. Alleen de bumper moet "direkt" reageren zodra het contact gemaakt wordt door de bal. Als de bumper zo snel mogelijk reageert stuitert hij lekker tussen de bumpers heen en weer. Als je dat nou zou doen door het contact in de switchmatrix dan betekent dat dat de CPU eerst de switchmatrix scant, en vervolgens in het programma de aansturing van de spoel moet regelen. Op zich kan het dan nog wel, maar in het programma zitten ook routines om contactdender te herkennen.

Contactdender wil zeggen dat als een contactje sluit, dat dit niet in 1 keer goed gaat, maar als het contact wat traag wordt gesloten dat het net even gemaakt wordt, dan weer niet om vervolgens helemaal goed contact te maken. Dat gaat zo snel dat een mens dat niet ziet, maar de kast ziet het wel als meerdere keren. En dan zou je dus 2x of 3x de punten krijgen. En om dat te voorkomen maakt het traag: de kast moet de switchmatrix meerdere malen scannen om dat te herkennen.

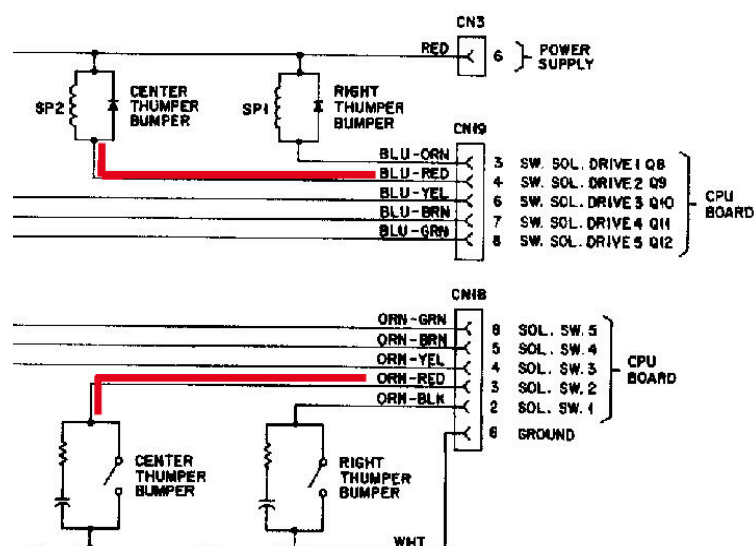
Een oude Bally werkt wel gewoon met de contacten in de switchmatrix, en ook Williams vanaf Sys 11C maakt er geen gebruik meer van. Bij die laatste zit de elektronica overigens wel op de print. Op zich wel logisch, want om een nieuw ontwerp van een print te maken terwijl mensen al druk zitten te filosoferen over het WPC ontwerp...

### Het schema

Maar goed: die bumper deed het niet, gelukkig had ik het schema voorhanden. Alleen dat contactje gaat naar de CPU, met al die componenten er op en dat schema is een wirwar van lijntjes. Hoe moet ik daar nu wijs uit worden?

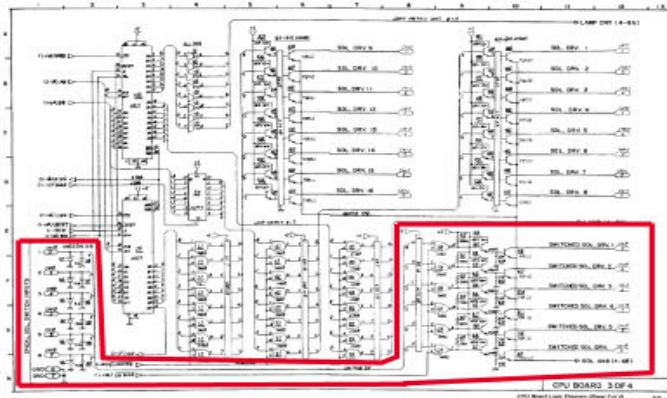
Eerst maar eens die spoel opzoeken: even meten, ja er staat spanning op de spoel. Beide contactjes even goed contact laten maken: niets.

Op het contact zit een witte en een oranje-rode draad, die laatste gaat naar connector CN18 pin 3, en op





de spoel zit rode en een blauw-rode draad: CN19 pin 4. Die connectors zitten rechtsboven op de CPU, en jawel: het euvel is gevonden: het is daar lekker zwart op de CPU. Die transistors die de spoelen aansturen zitten dicht bij elkaar, die kunnen hun warmte niet afstaan. Ze zitten inderdaad wat los. Kwestie van alles weer vast solderen.



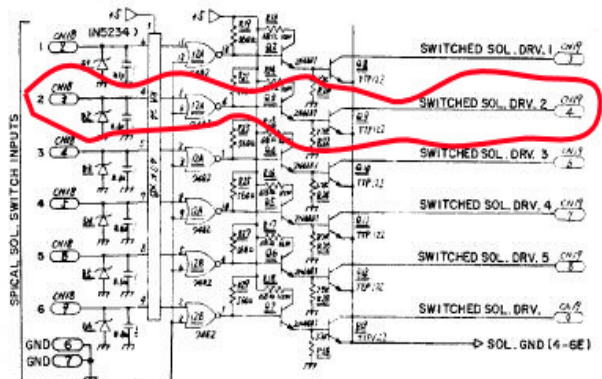
### Wirwar van lijntjes

Okee, maar hoe werkt het nu? En hoe moet ik eigenlijk dat schema lezen?

Het gemakkelijkste is om het in hapklare brokken op te delen: het is maar een klein gedeelte wat voor de aansturing van de spoelen zorgt. In eerste instantie dus de connectors opzoeken CN18 en CN19 op de CPU. In het schema staan ze heel handig "niet" naast elkaar.

Eerst de boel maar eens vereenvoudigen, dan wordt het allemaal wat duidelijker. Het gaat hier om de special solenoids, daar ben ik nu mee bezig. Dan wil ik *daar* het schema van hebben.

Okee, dat ziet er al wat beter uit, maar nog steeds niet echt superduidelijk. Dit zijn 6 dezelfde circuits: een voor elk van de special solenoids. En al die weerstandjes en condensatortjes geloof ik ook wel, dat is gewoon om wat storingen tegen te gaan en de stromen te beperken.

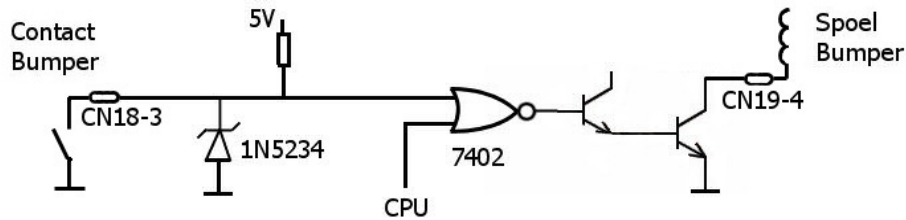


### Zenerdiode

Het circuit bestaat feitelijk uit 3 onderdelen: een ingang, een IC (de 7402), en de uitgang.

De ingang is het contact onder het speelveld, en wordt via een draad verbonden met de connector CN18-3. Op de CPU printplaat wordt er een zenerdiode geplaatst, dit is er een van 6,2V en is gecodeerd als 1N5234. Een zenerdiode is een component die de spanning beperkt. Normaliter staat er 5V op dit circuit, maar als deze hoger wordt dan 6,2V dan zal er maximaal 6,2V over staan.

Handig, als ik nu onder het speelveld een kortsluiting maak met de spoel (50V) dan blaas ik de electronica tenminste niet op. En die spoel zit er toch heel dicht bij. Maar dat kan toch sowieso nooit gebeuren, want we doen altijd de kast uit als we onder het speelveld zitten te schroeven (yeah, right!).



Dit is het vereenvoudigde schema van één special solenoid.

## 7402

Het 2<sup>e</sup> onderdeel van het circuitje is een IC: de 7402. Het betreft hier een "Quadruple 2-input positive Nor-gate". Hmmm, een quadrupeltje gaat er wel in, maar wat dit precies is? Het is een IC waar 4 logische bouwsteentjes in zitten. Elk van deze bouwsteentjes heeft 2 ingangen en 1 uitgang. Deze in- en uitgangen werkt met "0" en "1", oftewel laag of hoog (0V of 5V). Als een van de ingangen hoog is (5V) dan zal de uitgang laag (0V) zijn. Het betekent dus gewoon dat hij 5V aan de uitgang geeft als beide ingangen 0V zijn. En met die 5V stuurt hij de transistors aan.

Het contact onder het speelveld is aangesloten op 1 van de ingangen van het IC, daar staat bij een open contact 5V op (via dat weerstandje), en als het contact gesloten wordt wordt de ingang van het IC'tje 0V (hij maakt immers contact naar aarde). De andere ingang wordt aangestuurd door de CPU: die moet immers de spoel uit kunnen schakelen voor het geval ik de kast op tilt gooi.

## Aansturing spoel

De uitgang van het IC is verbonden met de transistors. Deze sturen de spoel aan, zie ook het hoofdstuk over het aansturen van spoelen. De eerste transistor neemt weinig stroom, zodat het IC'tje dat kan leveren, maar levert genoeg om de 2<sup>e</sup> transistor aan te sturen. De 2<sup>e</sup> transistor stuurt de spoel aan.

## Te veel bomen in het bos

Veelal wordt bij het lezen van elektrische schema's door de bomen het bos niet meer gezien. Het is daarom handig om zaken te vereenvoudigen om de logica te begrijpen. Hoe moeilijk een CPU schema ook lijkt, het meeste is het aansturen van iets door een uitgangetje van een of ander IC te activeren. Het gaat dan om een spoel, een flitser, een lampmatrix, of wat dan ook.

Maar dat specifieke gedeelte waar je een probleem hebt is vaak wel te begrijpen als je de hoofdlijnen kunt herkennen.

## 15. Flippers (de solid-state flipperkast)

*"Shoot the eight ball". Oops. Het ruikt behoorlijk verbrand hier. Smokinnnn'!!! Alleen ik speel op het moment geen No Fear, maar een Eight Ball Champ. En de rechter bovenflipper begon ook wat te zoemen. Ik vermoed dat daar een nieuw spoeltje in moet. Nu maar hopen dat de spoel niet helemaal om de plunger is heen gesmolten..... Ik haal de glasplaat er af en doe het speelveld omhoog. De stank komt me tegemoet. De hele flipperspoel is weggesmolten. Dat wordt krabben! En het vriest niet eens... Ik zie het direkt: de EOS switch is afgebroken, en wel op het punt dat de flipper hem raakt. De flipper kan hem niet meer open doen, en het contact blijft nu altijd gesloten.*

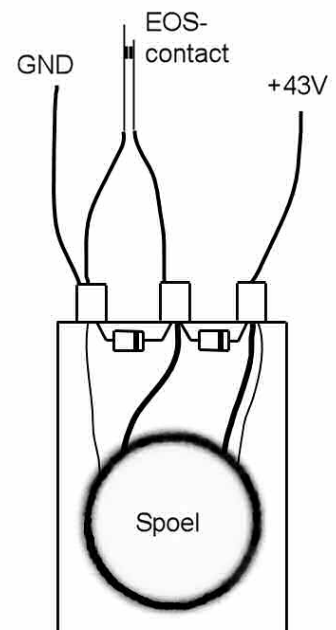
Een flipperspoel bij de meeste kasten bestaat uit 2 spoelen die om elkaar heen zitten: een krachtige, om de bal mee weg te schieten, deze wordt ook wel de "stroke" genoemd. En een zwakke, om de flipper omhoog te houden als hij eenmaal omhoog staat, deze wordt de "holding" genoemd. Bij de wat oudere kasten (van voor 1991) is dit electromechanisch geregeld: als de flipper naar beneden staat wordt de sterke spoel (stroke) geactiveerd, totdat de flipper omhoog staat, dan verbreekt er een contact en wordt de stroke afgeschakeld en de holding actief. Het is erg belangrijk dat de stroke maar kort bekrachtigd blijft, want anders wordt hij te warm en verbrandt. Nu was bij de Eight Ball Champ het contact afgebroken, en de stroke bleef geactiveerd. En toen was de spoel tragisch overleden.

### Een EOS switch?

EOS – End Of Stroke. Het is een switch die detecteert of het einde van de stroke is bereikt, dus of de flipper omhoog staat. Bij de oudere kasten is dat een verbreek-contact (het contact is gemaakt als de flipper naar beneden staat en wordt verbroken zodra de flipper omhoog staat). Het is dus ook erg belangrijk om dat EOS contact goed af te stellen: het contact moet *op het laatste moment* open gaan, maar het "moet" open gaan. Als het contact niet open gaat verbrandt de spoel, en als hij te vroeg open gaat is de flipper niet krachtig genoeg. De stroke wordt dan te kort geactiveerd, en niet alle schoten worden gehaald.

Als de flipper naar beneden staat gaat de stroom vanaf de spanning (+43V) door de stroke-spoel, door het EOS-contact, naar de ground (GND). De stroke spoel is de dikke draad in het figuur hiernaast. Het is ook de dikke draad op de spoel zelf. De spanning verschilt per merk. Bally heeft +43V, maar kijk even in het schema welke spanning geldt voor jouw kast. Als dan het contact opent (de flipper staat dan omhoog) staat de spanning alleen nog op de dunne draad (de holding) en de flipper blijft daardoor omhoog staan. Als dan de bal hard op de flipper terug komt, en de holding houdt de flipper niet meer, zal het EOS contact weer sluiten, en de stroke activeren. De bal wordt dan met wat extra kracht weer weg geschoten.

In het schema hiernaast staan de stroke (met EOS) en de holding parallel. Het gebeurt ook wel eens dat de holding in serie staat met de stroke. De dunne draden gaan dan niet van de spanning naar de ground, maar van de middelste aansluiting (van de stroke dus) naar de ground. Qua kracht is het niet echt merkbaar, maar let er even op dat het EOS-contact altijd de stroke moet onderbreken.



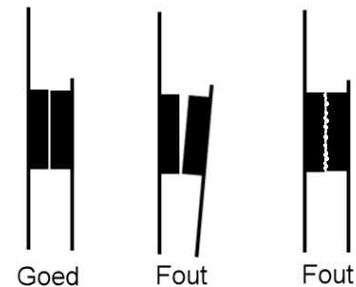
## **Stroom, spanning en weerstand: de wet van Ohm**

Jonkheer Ohm heeft in zijn jonge jaren ooit eens gezegd dat  $U=IxR$ , oftewel spanning is stroom keer weerstand. Als dus de weerstand hoger is zal de stroom minder zijn (aangezien de spanning het zelfde blijft: die komt immers uit de trafo). De kracht van de flipper is afhankelijk van de stroom door de spoel. En wel de stroke, dat is de spoel met de dikke draad, en die heeft heel weinig weerstand (een ohmpje of 3). Daar gaat dus heel veel stroom doorheen, en zorgt dus voor een heel sterke flipper.

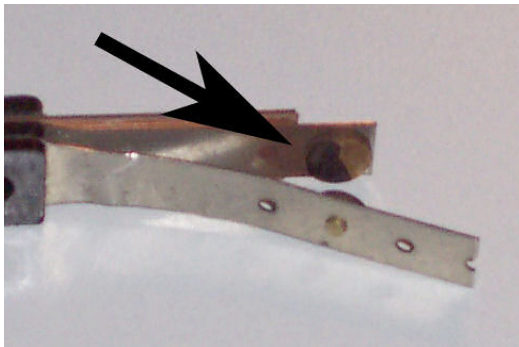
Diezelfde stroom gaat *ook* door het gesloten EOS contact. Die moet hem immers afschakelen zodra de flipper omhoog staat. Dat EOS contact is een extra weerstand voor die stroom. Als de flipperspoel 3 ohm is aan weerstand, wat echt erg weinig is, en het EOS-contact ook, dan zal de flipper dus *de helft* minder krachtig zijn!!! Dat speelt heel vervelend. Het gaat er dus om om het EOS-contact *zo min mogelijk* weerstand te geven als hij gesloten is.

## **Wat doe ik er aan?**

Allereerst moeten de draden die op de EOS, en op de flipperspoel zelf gesoldeerd zitten er mooi, goed en deugdelijk op gesoldeerd zitten. Als dat al niet netjes zit (slechte soldeerverbindingen of half gebroken draden) dan merk je dat direct in de kracht van de flipper. Verder moet de EOS, zoals eerder gemeld, op het laatste moment open gaan, maar als hij niet opengaat ruik je dat direct, hij verbrandt dan. Zorg er dus voor *dat* hij open gaat.



Als het EOS-contact er wat slecht in zit geeft dat ook problemen. Dat contact is gemaakt van een duurzaam metaal: tungsten. Aangezien je er stroom mee schakelt (en niet zo'n klein beetje ook) krijgt dat contact nogal wat te verduren: dat gaat inbranden. Vaak geven die contacten een vonk (omdat de stroom wordt onderbroken gaat dat gepaard met een vonk) en dat is slecht voor de contacten zelf. Zorg er dus voor dat de contacten niet zijn ingebrand, maar nog netjes er uit zien. Als ze zijn ingebrand is dat een ruw oppervlak waar al die stroom door heen moet: het is extra weerstand en dat kun je juist met die flipper niet gebruiken: dat zorgt voor zwakke flippers. Vervangen is dan het beste.



Ook als de EOS-contacten niet *vlak* op elkaar liggen zal je dat merken: het contact wordt op een heel klein oppervlak gemaakt. Daar gaat al die stroom doorheen, en ook daar heb je wat weerstand, en dus zwakke flippers. Je kunt het heel mooi zien of de contact-oppervlakken mooi vlak tegen elkaar zitten door er met een zaklamp op te schijnen met een wit papiertje er achter.

In de foto hiernaast zie je duidelijk dat het contact aan 1 kant is ingebrand: de contacten hebben niet recht op elkaar gezeten. Op deze foto kun je duidelijk zien dat het niet-ingebrende gedeelte bijna de helft is van het totale oppervlak. Nu moest al die stroom door het kleinere oppervlak, en heeft dus ook een zwakkere flipper tot gevolg gehad.

### **Diodes en condensatoren**

Er zitten vaak 1 of 2 diodes op een flipperspoel: ze dienen er voornamelijk voor om de energie die in de spoel zit weg te laten vloeien zodra de knop los gelaten wordt. De diodes geleiden in 1 richting: van de niet-band kant naar de band kant. Zorg er voor dat de bandkant aan de spanning zit. Doe je dat niet dan gaat de stroom door de diode, en is de diode en de zekering kapot. Als dus de zekering door blijft gaan bij het indrukken van de flipperknop is er een diode kapot, die is dan doorgeslagen en geleidt in beide richtingen.

Sommige flippers hebben wel eens een condensator bij de contacten, het is een redelijk grote gele dingetjes die aan het EOS contact zit. Die condensator vermindert de vonk enigszins bij het openen van het contact. Deze condensator staat dan parallel aan het contact.

### **Andere mogelijke oorzaken voor een zwakke flipper**

Het kan zijn dat de flipper te strak in het speelveld zit: de flipper moet dan echt moeite doen omdat het mechanisme niet soepel genoeg is. Een flipper moet je altijd verticaal wat op en neer kunnen bewegen. Kan dat niet dan heeft de flipper moeite en ook dat merk je in een zwakke flipper. Het is dan een kwestie van de flipper wat afstellen zodat er meer ruimte is.

Een flipper zit altijd met een witte bus door het speelveld heen. Het wil wel eens voorkomen dat deze is afgebroken: dan zit er teveel speling in en de spoel trekt eerst de flipper scheef voordat deze de bal omhoog duwt. Niet alle kracht wordt aan de bal gegeven: zwakke flippers dus.

Alle delen van het flipper assembly moeten goed vast zitten: een coilstop (waarmee de spoel wordt vastgehouden en waar de plunger tegen aan komt) die half vast zit kan ook zorgen voor zwakke flippers. Ook het hele flipperassembly moet goed vast zitten aan het speelveld. Het zijn allemaal dingen die voor een zwakke flipper zorgen.



## 16. General Illumination

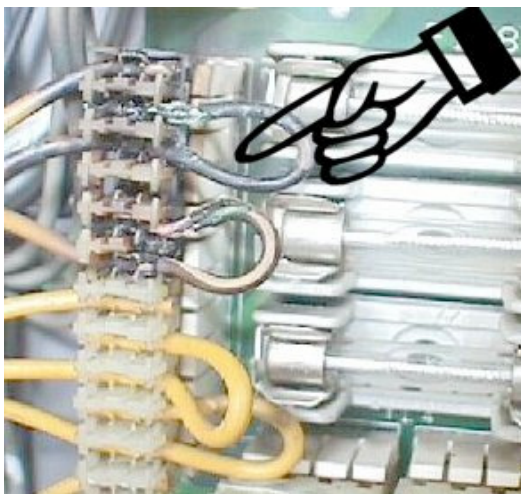
*Leuk zo'n gameroom met allemaal oude Bally's uit begin jaren '80. Staat erg gezellig als de flipperkasten aan staan. Even een pijltje gooien, zo'n dartbord is immers ook leuk. Na een uurtje darten valt ineens de verlichting van de Medusa uit, maar niet de knipperende lampjes, alleen de continu brandende lampjes doen het niet meer. Zomaar ineens, ik ben er niet eens bij in de buurt geweest. De zekering van de General Illumination (G.I.) blijkt doorgesmolten te zijn.*

Een zekering is een beveiliging tegen overstroom. Als je ergens een kortsluiting maakt en de stroom wordt niet afgeschakeld dan kan de bedrading, de connectors en electronica te warm worden, en zelfs verbranden. Dat levert niet alleen brandgevaar op, maar de componenten kunnen er ook niet tegen. Wat je in zo'n geval dus nooit moet doen is zilverfolie om de zekering doen, of de zekering vervangen door een spijker. Je bent dan je beveiliging kwijt. Printbaantjes gaan dan fungeren als zekering en *die* smelten dan door. En de connectors worden te warm en beginnen zwart te worden. Electronica gaat kapot: het gaat van kwaad tot erger.

### Waarom pas na een uur?

Het circuit voor de verlichting is ooit eens ontworpen voor een bepaalde stroom. In die tijd was alles uitgedacht voor die stroom. Op een gegeven moment wordt er een andere kast ontworpen met wat meer verlichting. Staat leuk en wordt dus zo uitgevoerd, die paar lampjes extra is toch geen probleem? Maar als dat vaker gebeurt en er komt steeds meer verlichting bij kom je toch een keer in de problemen.

Als een zekering geschikt is voor 20A, dan zal deze *direkt* doorsmelten bij een kortsluiting. Er loopt dan een stroom van honderden ampères! Maar als je door te veel lampjes 25A trekt, dan duurt dat even, en 21A duurt veel langer. Een zekering is immers niets meer dan een draadje wat door te veel stroom te warm wordt en smelt. Er zijn zelfs snelle en trage zekeringen te koop. Er staat dan een F (flink = snel) of een T voor trage zekeringen op. Een snelle zekering heeft vaak een druppeltje tin op de draad zitten en smelt sneller door bij een overbelasting.



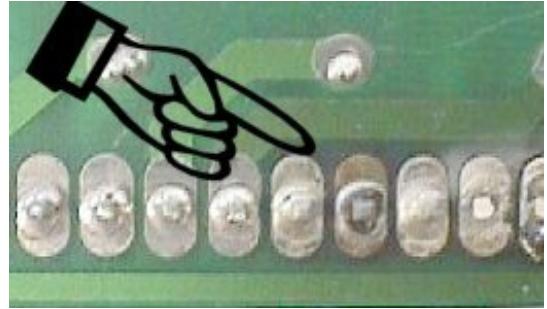
### Wat doen we er aan?

De oorzaak is dat er te veel lampjes op dat circuit zit aangesloten, en elk lampje trekt 0,25A. Als ik 90 lampjes van 0,25A heb is dat een totale stroom van  $90 \times 0,25 = 22,5A$ . En dat is meer dan de waarde van de zekering van 20A. Die gaat dus doorsmelten. Maar er zijn ook lampjes te koop van 0,15A (#47 voor bajonet-, en #447 voor insteeklampjes). Dat is maar 13,5A voor 90 lampjes. Dat scheelt behoorlijk..... Een lampje van 0,15A geeft wel iets minder licht, maar het verschil is nauwelijks merkbaar.

Overigens verschilt het per kast: sommige kasten hebben meerdere groepen verlichting, elk met hun eigen zekering. Kijk hiervoor even in het schema.

### Verkoolde connectors

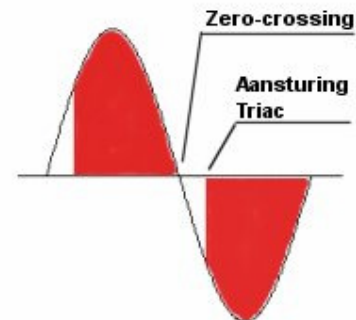
Te veel lampjes op een circuit vind ik een ontwerpfout. Daar is door de fabrikant niet goed over nagedacht. Sommige kasten hebben andere ontwerpfouten: een standaard probleem is een verkoolde connector, ook vaak bij de G.I. Dat is logisch, want juist daar trek je veel stroom. En bij de verlichting is dat ook nog eens continu: al die lampjes branden



standaard als de kast aan staat. De boel koelt dus ook niet af. Als dan de connectors daar niet tegen kunnen wordt dat warm, de solderingen waarmee de connectors op de print zitten verouderen, dat wordt slechter, maakt slechter contact en dus wordt dat warmer en daar kunnen de connectors helemaal niet tegen. Die worden dan bros, en zodra je ze aanraakt vallen ze in meerdere stukken uit elkaar. Op een gegeven moment maken ze helemaal geen contact meer en valt de verlichting uit. Gelukkig zijn er tegenwoordig nieuwe connectors te koop die tegen een hogere temperatuur kunnen. Wat je vaak ziet is dat de vorige eigenaar de draden direkt op de print of op de connectorpinnen heeft gesoldeerd. Als je dan de print er uit moet halen is dat niet meer mogelijk. Als je geen nieuwe connector wilt plaatsen, of als de boel dusdanig verziekt is dat het niet meer kan, zet er dan in zo'n geval even een kroonsteentje tussen. Dat is best een degelijke verbinding.

### Gedimde G.I.

De nieuwere kasten (Bally/Williams) kunnen de continu brandende lampjes dimmen. Dat werkt net zoals de dimmer voor de schemerlamp: met een triac. Een triac werkt voor wisselspanning en laat de stroom pas door zodra hij wordt aangestuurd. De stroom wordt weer afgeschakeld zodra de spanning 0V wordt (bij de nuldoorgang dus). De triac wordt dus na elke nuldoorgang aangestuurd. Als de triac na een poosje pas wordt aangestuurd zal de spanning niet volledig op de lampjes komen, en dus minder fel branden. De lampjes krijgen dan alleen het gekleurde gedeelte voor hun kiezen. Omdat de triacs ook die grote stroom voor hun kiezen krijgen worden die behoorlijk warm. Je herkent de triacs duidelijk op het driverbord: die 5 zwarte koellichamen. Het zijn dus ook 5 circuits, elk met hun eigen zekering. Als de verlichting het voor een gedeelte niet doet zal dus 1 groep zijn uitgevallen. Controleer als eerste de zekering en de connectors.



### Zero-crossing detector

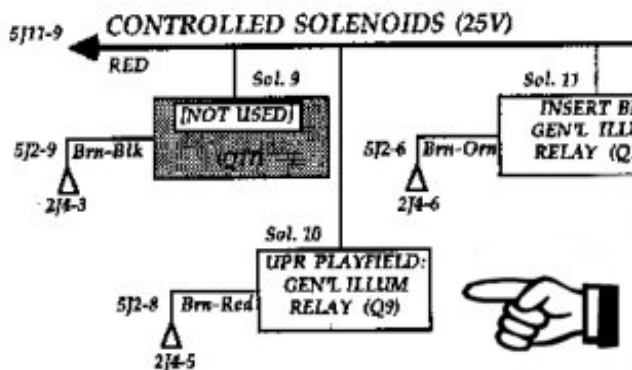
Omdat de kast moet weten wanneer deze de G.I. moet aansturen moet hij dus weten *wanneer* de wisselspanning door het nulpunt gaat. Dat gebeurt met de nulpuntsdetectie (zero-crossing detector). Een stukje electronica die een pulsje geeft zodra de wisselspanning echt 0V is. Als de kast de verlichting vol verlicht wil hebben zal deze de triacs op *dat* moment aansturen. Als de verlichting gedimd moet worden stuurt hij de triacs wat later aan. Je moet dan denken aan milliseconden.

## Metten

De spanning op de lampjes van de G.I. is AC, wisselspanning. Meten doe je met een voltmeter op de V AC stand. Niet tegen aarde meten, maar over het return circuit. Bij sommige kasten kan dit wel, maar dat komt omdat de secundaire wikkeling van de trafo ook met aarde is verbonden. Dit geldt niet voor elke kast. Sommige kasten zetten 5,9V op de lampjes, soms is dit wat hoger. Dat doen ze omdat de lampjes behoorlijk wat stroom trekken, en als er veel stroom door een dunne draad gaat heb je wat spanningsverlies. Aan het eind van de draad heb je een lagere spanning op je lampje staan, en dan brandt hij minder fel.

## Relais

Een Black Knight 2000 heeft in de attractmode dat de verlichting uit gaat, en de flitsers fel branden terwijl de kast wat zegt. Leuk, die speciale effectjes. Kasten uit die tijd konden de GI nog niet gedimd aansturen, dat werd met een relais gedaan. Een relais is niets meer dan een klein spoeltje wat een contact aantrekt. Dat contact wordt gebruikt als schakelaar voor grotere stromen, verlichting bijvoorbeeld. Die relais zitten vaak op kleine printjes onder het speelveld of in de kop. Aangezien dat relais ook de stroom schakelt van de lampjes, en dat ook met connectors bedraad zit, kan een slechte soldering of een verkoolde connector *ook daar* zitten.

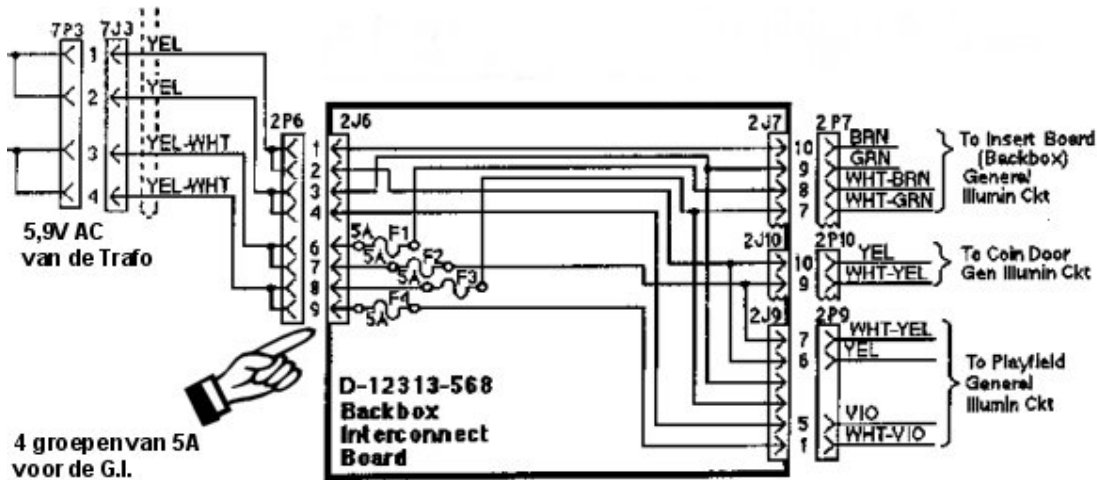


En als het contact helemaal niet meer wil werken kan het zijn dat de aansturing van het relais niet goed meer is. Een los draadje of een kapotte transistor (zie ook het hoofdstuk over de aansturing van spoelen) kan de oorzaak zijn.

In het schema hiernaast staat dat er een relais voor de G.I. op het upper playfield zit. Deze wordt aangestuurd door Q9 op het driverbord, en er gaat een rode (25V spanning, meet je deze?) en een bruin-rode draad naar het spoeltje van het relais.

## Schema

Hieronder staat het schema van een Earthshaker. De 5,9V AC die van de trafo komt gaat via connectoren en komt uit op connector 2J6 van het "Backbox interconnect board". Op deze print zitten 4 zekeringen (F1 t/m F4, dus 4 groepen) van elk 5A. Connectoren 2J7, 2J9 en 2J10 dienen om lampjes op aan te sluiten. Zoals je kan zien zit er ook logica in de draadkleuren: een violette en een wit-violette draad horen bij elkaar: het is 1 groep. Wat gebeurt er nou als je lampjes door gaat lussen van verschillende groepen? (onder het speelveld bijv.) Je zet dan teveel lampjes op 1 groep, en de zekering zal doorsmelten. Niet doen dus.

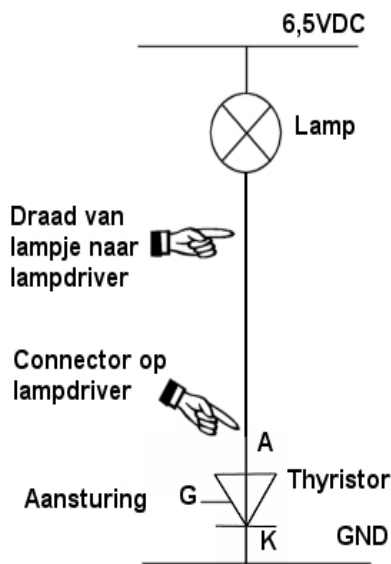


## Feature lamps

Bij de G.I. worden alle lampjes tegelijk (per groep) aangestuurd, echter een flipperkast heeft ook nog "feature lamps". Dit zijn lampjes die aangeven of er een jackpot lit is, of dat er een mode gestart kan worden. Dit soort lampjes wordt heel anders aangestuurd, en krijgt een eigen hoofdstuk.

## 17. Feature lamps

Toen ik 17 was kocht ik mijn eerste flipperkast, een Skateball. Die kast had ook wat kleine problemen. Eén daarvan was een kapot lampje (jaja....). Een vriend van me wist te vertellen dat dat een van 2 dingen kon betekenen: het lampje zelf kon stuk zijn, of de aansturing kon stuk zijn. In het eerste geval kon ik er een nieuw lampje in zetten, in het andere geval kon ik er een nieuwe lampdriver in zetten. Na het simpel getest te hebben met een goed lampje wist ik dat het aan de lampdriver moest liggen... Oeps. Dure hobby....



Dat was een financiële strop voor een 17-jarige jongen die nog zakgeld kreeg: een hele lampdriver kostte me zoveel, daar kon ik een maand van rond komen. Zodoende heb ik het draadje maar eens gevolgd en kwam uit bij een component met een barst, en die heb ik maar eens nieuw gekocht bij de plaatselijke elektronica-boer. Er in gezet en het lampje deed het weer...

### Lampdriver

Een oude Bally heeft een lampdriver waar 60 thyristoren zitten die daarmee de lampjes aansturen. Er zijn 2 types thyristoren gebruikt, de kleine kunnen 1 lampje per stuk aansturen, en zijn grotere broertje 2. Zo'n thyristor kan meerdere lampjes aansturen, zodat een shoot again in de kop en op het speelveld tegelijk worden aangestuurd. Soms worden daar ook truukjes mee uitgehaald: een "3x bonus" die je moet schieten staat soms parallel aan de "2x bonus" die net geschoten is. Het scheelt weer een aansturing en een draadje.

Onder het speelveld wordt 6,5V op het lampje gezet, dan gaat er een draad van het lampje naar de lampdriver en de thyristor op de lampdriver schakelt het lampje naar de ground waardoor deze gaat branden.

Vroeger werd gedacht dat met 1 lampdriver genoeg aansturingen gedaan konden worden om alle lampjes aan te sturen. Maar naarmate de kasten uitgebreider werden kregen de kasten ook meer lampjes en ze werden uitgebreid met een extra lampdriver.

### Thyristor

Een thyristor is een vergelijkbaar component als een transistor: een elektronische schakelaar. Hij wordt door de elektronica aangestuurd, en die schakelt vervolgens de lampjes aan. Klein verschilletje: als een thyristor eenmaal is aangestuurd *blijft* deze aan, en wel zolang als er spanning op staat. Als de spanning weg is schakelt hij ook automatisch weer uit. Hij moet dan opnieuw aangestuurd worden.

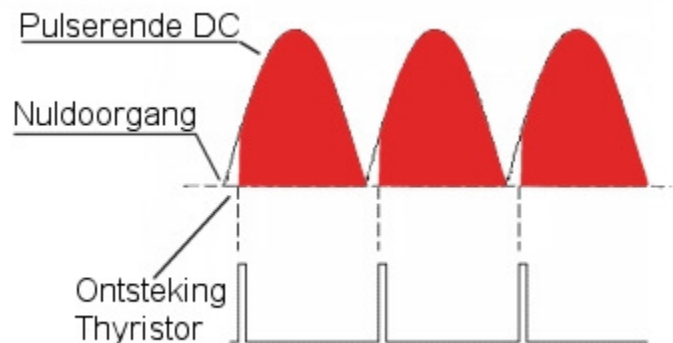
Dat heeft dus als voordeel dat het programma van de flipperkast eerst de lampjes aanstuurt, en dan, als de lampjes eenmaal branden, kan het programma zich met hele andere zaken bezighouden, zoals de punten bijhouden en delen van het spel uitvoeren. De lampjes zijn eenmaal aan en moeten toch pas tijden later weer worden behandeld. We praten hier over 10 millisecon., wat in computertermen eeuwen lijkt.

Een thyristor heeft 3 pootjes: een anode (de "plus"), een kathode (de "min") en een gate, om hem te ontsteken. Het symbool lijkt op dat van een diode, maar dan met een 3<sup>e</sup> pootje er aan. Een ezelsbruggetje om de anode en de kathode uit elkaar te houden: KNAP: Kathode Negatief, Anode Positief.



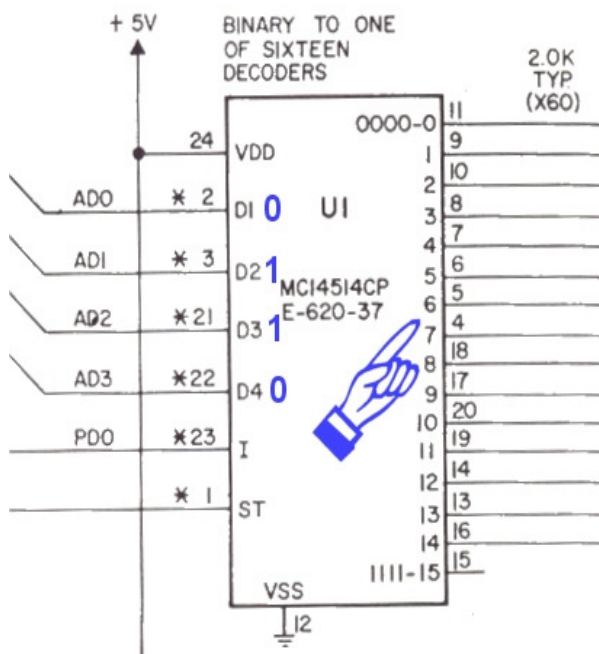
## We have ignition!

Ontsteking? Waar dan? Bij een thyristor wordt het aansturen ook wel *ontsteken* genoemd. Omdat een thyristor blijft geleiden zolang de spanning aanwezig is zal deze dus nooit uitgaan. Daarom wordt vaak een pulserende gelijkspanning gebruikt. Als de sinus uit het stopcontact gelijkgericht wordt (door bijv. een brugcel, of de 4 diodes) wordt de negatieve helft van de sinus positief: de gelijkspanning pulseert.



Het is ook erg belangrijk dat de gelijkspanning *niet* wordt afgevlakt (met een condensator), want dan wordt de spanning niet meer 0V en zullen de lampjes aan blijven zodra ze eenmaal aangestuurd zijn. Zal er op zich wel grappig uitzien: een flipperkast die in de attractmode "vol" loopt, zoals de attractmodes van High Speed en andere kasten uit die periode. Alleen dan *blijven* de lampjes aan.

Als we dan de lampjes aan schakelen dmv. een thyristor blijft deze dus geleiden totdat de spanning een nuldoorgang tegenkomt. De spanning is dan weg en de thyristor uit. Dat betekent dus ook dat als het lampje aan moet blijven, de kast de thyristor "weer" moet ontsteken. Elke halve sinus weer, dat is dus 100x per seconde. En in Amerika is dat zelfs 120x per seconde, ze hebben daar namelijk een 60Hz spanning. Die ontsteking moet ook nog eens op het juiste moment gebeuren: namelijk *vlak na* de nuldoorgang als de spanning weer positief is. De kast "weet" wanneer hij dat moet doen omdat er een zerocrossing detector in zit: een nuldoorgangs-detectie. Ik heb eens wat testjes gedaan en ben er achter gekomen dat de thyristor ongeveer na 500  $\mu$ sec (een halve millisecc. dus) moet worden aangestuurd om altijd goed te werken. Hmmm, das best snel.



## Datalijnen

4514, de code van een IC'tje. Het is een *binary to one of sixteen decoder*. Ofwel een IC wat één uitgang van de 16 selecteert afhankelijk van de ingangen. Dit IC stuurt 15 lampjes aan, een kwart van de complete lampdriver. Er zitten er dan ook 4 van op. Een binaire code is een manier van tellen voor een computer. Een computer denkt alleen in nulletjes en ééntjes, maar het is ook wel handig als we met dat rekenwonder wat verder kunnen tellen.

Code "0110" van de datalijnen selecteert uitgang 6, die op pin 5 van het IC zit. Deze datalijnen staan op het schema als ADO t/m AD3 en worden vanuit de MPU aangestuurd. Ze worden aangesloten op de D1 t/m D4 ingangen.

## *De techniek staat voor niets...*

### *Feature lamps*

Elk IC heeft ook een "I", wat staat voor "Inhibit". Op deze manier wordt het IC geactiveerd. Wel handig want de datalijnen gaan naar alle 4 de IC's, dus de IC's moeten ook worden geselecteerd, anders wordt *elk* IC aangestuurd en dan gaan er te veel lampjes aan nietwaar? Dat wordt gedaan mbv. PD0 t/m PD3. Elk IC krijgt er één.

De derde belangrijke lijn is de "ST" of de strobe. Daar wordt een puls aangeboden en op dat moment wordt de data in het IC onthouden.

Feitelijk werkt het zo dat de MPU eerst de data goed zet (de 0110 voor uitgang 6 dus), dan geeft de strobe een puls zodat dat onthouden wordt. Dit gebeurt voor de 4 IC's tegelijk. Vervolgens activeert de MPU het IC met de inhibit. Dat doet de MPU voor de 4 IC's tegelijk, maar alleen voor die IC's waarvan uitgang 6 geactiveerd moet worden. En zo worden alle uitgangen na elkaar afgehandeld. Te beginnen bij uitgang 0 en het eindigt bij uitgang 15.

### **Foutje... bedankt!**

Wat een kolder zeg! Heb je een IC met 16 uitgangen en dan laat je de 16<sup>e</sup> onbenut. Rare jongens die Amerikanen. Of toch niet?

Bally heeft er wel degelijk goed over nagedacht. Het idee daarachter is dat er geen lampje wordt aangestuurd als de AD en PD datalijnen bezig zijn met wat anders. Ze worden namelijk *ook* gebruikt voor de aansturing van de switches, spoelen, display en geluid. Daar heten ze anders, maar het zijn wel dezelfde lijnen. Alleen de strobe wordt puur voor de lampjes gebruikt. Anders zouden er lampjes aan gaan als er een display wordt aangestuurd, en dat willen we niet. Als allerlaatste wordt van elk IC code "1111" geselecteerd ofwel uitgang 15 (de 16<sup>e</sup> dus, want we beginnen bij 0). En daar zit geen lampje op. De strobe laat het IC het onthouden en het programma kan met een gerust hart wat anders doen.

### **Meer lampjes**

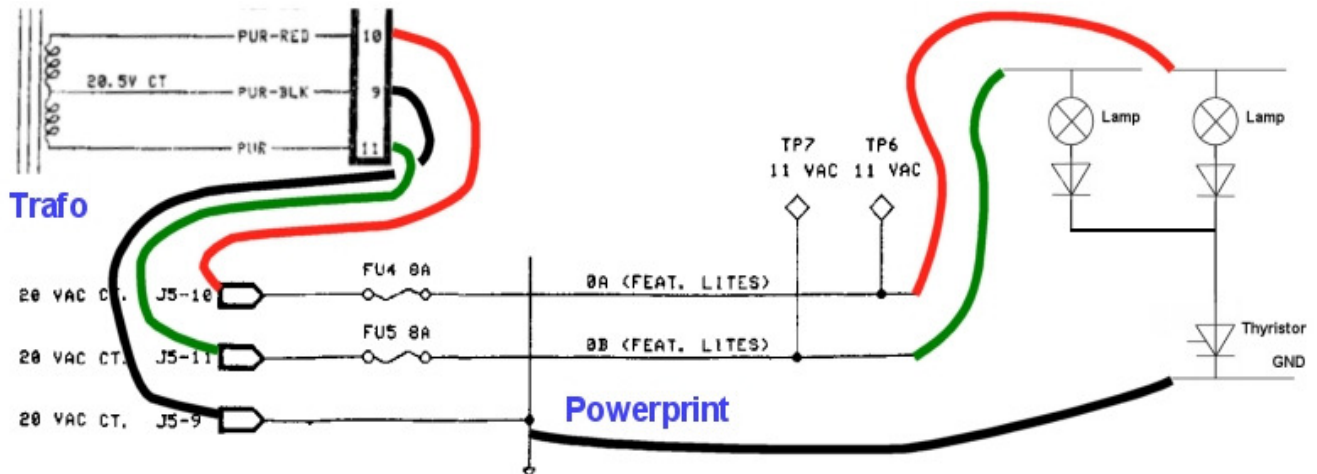
Wordt gedaan met een auxiliary lampdriver. Dit is een uitbreiding voor extra lampjes. Je hebt ze in alle soorten en maten voor meer of minder lampjes. De werking is het zelfde, maar omdat er extra IC's worden geïntroduceerd moet er wel een extra datalijn komen: de 2<sup>e</sup> strobe. Dit om onderscheid te maken tussen de verschillende drivers.

Sommige kasten hebben ook wat andere aansturingen. Sommigen kunnen ook de GI uit schakelen. Vector en Elektra bijvoorbeeld. De Centaur laat de GI zelfs knippen. Dat wordt met een triac gedaan (een schakelaar voor wisselspanning), die op de bodemplaat bij de powerprint gemonteerd zit. Deze triac wordt aangestuurd door de lampdriver.

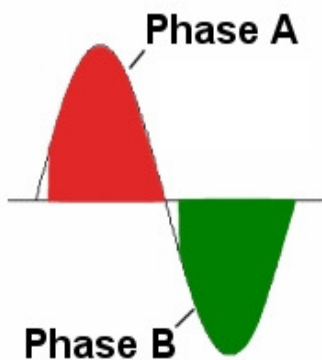
Of de "solenoid expander", een klein printje die dient om meer spoelen aan te sturen, wordt ook aangestuurd vanaf de lampdriver.

### **Phase A en B**

Vanaf een bepaalde periode kwam Bally met de 6803 MPU. Kasten als Party Animal en Heavy Metal Meltdown zijn met die MPU uitgevoerd. Er zijn een paar kleine verschillen, onder andere is de lampdriver geen aparte print meer, maar wordt op de MPU-print aangestuurd. De aansturing van de lampjes wordt ook net even anders gedaan: met "phases" stuurt Bally met 1 thyristor 2 verschillende lampjes aan.



Dat begint bij de trafo: dat is een wikkeling met een middenaftakking. 20,5VAC, dat is dus 2x de helft: 2 wikkelingen van een voltje of 11. AC, dat is dus wisselspanning en dat blijft het. Waar een oudere Bally een pulserende gelijkspanning nodig heeft, heeft dit type kasten een wisselspanning nodig.



Phase A is de ene kant van de trafo-wikkeling, gaat via een zekering naar de lampjes die zijn aangesloten op phase A. Phase B idem dito, maar gaat naar andere lampjes. De middenaftakking van de trafo wordt verbonden met de ground, en de thyristor schakelt naar de ground.

Het idee er achter is dat de positieve helft van de sinus voor phase A wordt gebruikt, en de negatieve helft van de sinus voor phase B. Elk lampje is dan dus ook uitgevoerd met een diode: er zou anders altijd stroom door de beide lampjes lopen.

Aangezien dus eerst het lampje op phase A wordt aangestuurd, en dan pas die van phase B, worden de lampjes maar de helft van de tijd aangestuurd. Ze zouden dan dus ook minder fel zijn.

Om dat te compenseren wordt er ook een hogere spanning op de lampjes gezet. 11V op een 6V lampje, maar ze worden maar de helft van de tijd aangestuurd. De speler ziet dus geen verschil, en het lampje kan er ook tegen.

Bij dit soort kasten worden de flitsers ook zo aangestuurd, dat zijn dan phases C en D en hebben een hogere spanning.

## Matrix

Matrices komen erg veel voor bij flipperkasten: switches zitten vaak in een matrix, er zijn dot-matrix displays, geprogrammeerd door Scott Matrix en veelal zitten de lampjes ook in een matrix, bij Williams bijvoorbeeld. Vaak wordt gedacht dat een lampje met een diode wordt aangestuurd door een lampmatrix. Maar bij Bally dus niet, of je moet het al zien als een heel erg rechthoekige matrix.

## **18. Lampmatrix**

*We hadden laatst 2 kasten opgehaald ter reparatie voor de NFV. Mijn vrouw had het er over dat daar nog wel een 3e bij kon in het busje, en dat werd een Monopoly. Geen probleem, maar dan moest wel de Theatre weg. Ach, kleinigheidje...*

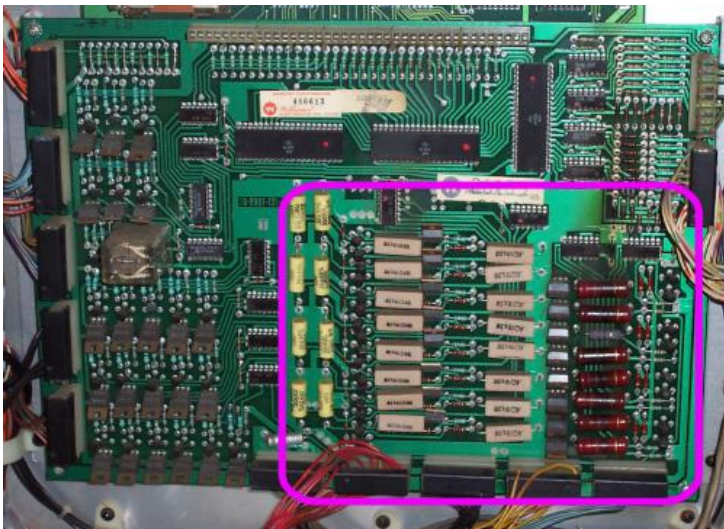
Die kast had een wazig probleem: zo nu en dan ging de zekering door van de lampmatrix. Als je dan de zekering bekeek kon je zien dat hij was doorgesmolten door een overbelasting. Op een gegeven moment, als je de "community chest" haalde, werd ook duidelijk waar dat door kwam... De kast liep vast, en de lampjes brandden zo fel als flashers. Eventjes...

Wat wil je ook als je 18V op een 6V lampje zet? 3 keer hogere spanning, dan ook 3 keer grotere stroom. Dat is wel lekker fel, en zeker niet zoals het hoort.



### **Kolommen en rijen**

Williams heeft vroeger, toen de kasten zo ongeveer elektronisch begonnen te worden, een methode bedacht om lampjes aan te sturen. Dit is eigenlijk sindsdien altijd toegepast. Later is het ook door Data East schamteloos gekopieerd, maar gelukkig heeft Sega / Stern wel zelf wat bedacht met het whitestar-systeem. Pinball 2000 had een iets geavanceerdere lampmatrix, of eigenlijk 2 maar liefst, maar als basis bestaat het dus al meer dan 30 jaar.



Een lampmatrix bestaat uit 8 kolommen en 8 rijen. De software kan op die manier 64 lampjes aansturen, en wel door een kolom aan te sturen, en tegelijkertijd ook de bijbehorende rijen. Dan de volgende kolom, en de rijen die daar bij horen. En als alle kolommen zijn aangestuurd begint hij vrolijk weer opnieuw. Dat gebeurt zo snel dat je het met het blote oog niet ziet. En als je het wel zou zien gloeit het lampje nog wel even na.

Voordeel van een matrix is dat je met 16 aansturingen 64 lampjes tot je beschikking hebt. Ach, voordeel? Die 16 aansturingen nemen zoveel ruimte op de print, daar kon

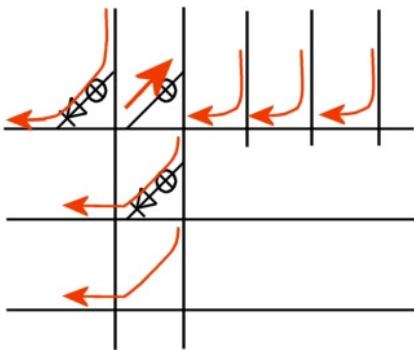
Bally al zijn aansturingen per lampje ook wel op kwijt. Hiernaast een foto van een driverbord van een Williams Jungle Lord. Het omcirkelde gedeelte is de lampmatrix.



Een klein nadeel is dat de lampjes ook niet continu worden aangestuurd en dus zwakker zullen gaan branden. Dat wordt dan weer gecompenseerd door 18V op een 6V lampje te zetten.

### Kapotte diode?

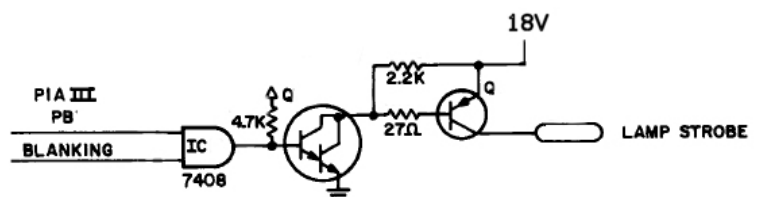
Omdat de lampjes in een matrix aangesloten zijn heeft elk lampje een diode. Anders zou de stroom van de ene kolom, via een ander lampje in die rij, "terug" kunnen en zo spanning op een andere kolom zetten. En dan gaan er meerdere lampjes aan terwijl dat niet de bedoeling is. Als er een diode kortgesloten is gebeurt dat dus ook. Gelukkig is het storingzoeken in zo'n geval reuze-simpel: het lampje bij de kapotte diode gaat dan namelijk ook aan, in de attractmode brandt hij zelfs feller. En in de single-lamp-test gaat hij dan mee met een aantal andere lampjes op halve sterkte.



In het schema hiernaast kun je zien hoe dat werkt: als kolom 1 wordt aangestuurd, en de diode is kapot van het lampje er naast komt de spanning via het goede lampje, door het lampje met de kapotte diode, via *nog* een ander lampje weer naar een rij. Maar die "foute" stroom gaat wel via een boel lampjes. Een boel kolommen en een boel rijen. En dat zie je in de sterkte. Het deed me weer een beetje aan de Monopoly denken...

### Kolom

De kolom (ook wel "lamp strobe" genoemd) wordt via een PIA aangestuurd. De PB poorten zijn voor de aansturing van de kolommen, en de PA poorten zijn gereserveerd voor de rijen. Handig: heb je 1 PIA voor de lampmatrix.



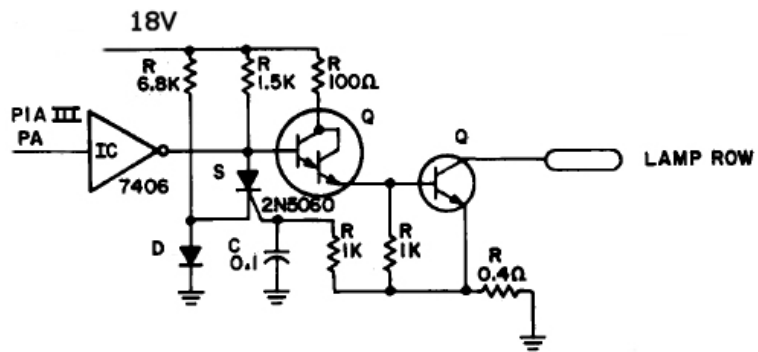
Dit signaal komt op een IC, die ook een ander signaal nodig heeft: de blanking. Het IC stuurt een transistor aan, en die stuurt op zijn beurt een andere transistor aan, één die wat meer stroom aan kan. Dat weerstandje van 27Ω is een dikke, het is er één van 2W en wordt erg heet.

Wat doet nu eigenlijk het blanking signaal? Dat signaal dient er voor om de aansturing van elektronica (voor spoelen, en lampjes) uit te zetten. Dit is omdat de uitgangen van de PIA op sommige momenten een ongedefinieerde status hebben. Is dat nu echt zo? Ja, ik heb inmiddels ervaring met een Circus Voltaire waarvan de blanking het niet doet... Op het moment dat je hem in de test zet gaat er ergens een lampje heel fel branden (welk lampje dat is varieert per keer). En hij brandt zo fel, het is alsof hij continu 18V te verduren krijgt...



## Rij

En op de PA poorten van dezelfde PIA worden de rijen aangesloten. De uitgang van de PIA wordt door een IC ge-inverteerd. En dat IC stuurt, net zoals bij een kolom, een transistor aan die op zijn beurt weer een transistor aanstuurt. En ook hier zit zo'n dikke weerstand (die van  $100\Omega$ ) die erg heet wordt...



## Kortsluitbeveiliging

Er is zelfs nagedacht over een kortsluiting. Een lamphoudertje kan natuurlijk een kortsluiting hebben, en dan zou het zonde zijn als meteen de elektronica naar de filistijnen gaat. Williams heeft daar een weerstand met een hele *lage* waarde voor bedacht, het is er één van  $0,4\Omega$ . De waarde is zo laag dat het lampje daar normaal gesproken geen hinder van ondervindt, maar bij een kortsluiting wordt de betreffende kolom uitgeschakeld.

Als er stroom door de weerstand loopt, komt er een spanning over die weerstand te staan. Die spanning staat ook op de gate van een thyristor (S, de 2N5060) en die gaat geleiden zodra de spanning op de gate hoger wordt dan de spanning op de kathode plus de gate-trigger-voltage.

En dat is hier de diode plus thyristor samen (en zijn elk  $0,7V$ , dus samen is dat  $1,4V$ ). Dan gaat de thyristor geleiden waardoor er geen spanning over de pijl van de 1<sup>e</sup> transistor meer staat. Daardoor wordt de transistor uitgeschakeld. En dat gebeurt al bij een stroom van  $3,5A$ . Dat weerstandje van  $0,4\Omega$  is trouwens ook een dikke die zo heet wordt...

## Pinball 2000

Werkt als vanouds, met een paar kleine aanpassingen. Een Pinball 2000 kast kan ook detecteren welk lampje een kortsluiting heeft, of gewoon kapot is.

De detectie van een kortsluiting of open circuit is hier opgelost met een spanningsvergelijker die een signaal geeft aan een IC (74LS74) die de transistor uit schakelt. Parallel hieraan geeft het IC dit ook door aan de PC. Die weet op die manier dat de spanningsvergelijker actief is.

De referentiespanning moet wel worden ingesteld door de PC. Een kortsluitbeveiliging werkt met 2 diodes in serie en wordt dus vergeleken met een spanning van  $1,4V$ . En een open circuit wordt gemeten door de referentiespanning  $0,45V$  te maken. Dat wordt door de PC gedaan door ipv. de 2 diodes van  $1,4V$  een zenerdiode van  $0,45V$  (1N5817) in te schakelen. Als een lampje goed is loopt er stroom en dan *moet* er juist spanning over de weerstand staan.

## Sega / Stern

Werkt precies hetzelfde met die kolommen en rijen, maar hier wordt de aansturing met een IC'tje gedaan met 5 pinnen. Hij ziet er een beetje uit als een transistor, maar dan met 5 pootjes. Het is een VN02N, en die stuurt de kolommen aan. Is er dan een kortsluiting schakelt hij de kolom gewoon niet. De rijen zijn ook erg simpel uitgevoerd: één enkele FET schakelt de rij. Het neemt dus al met al ook wat minder ruimte in op de print in de kop. En waarom ze daar vroeger niet op zijn gekomen? De elektronica gaat met zijn tijd mee en wordt stukken goedkoper en ge-avanceerder. Dat hadden ze in de jaren '80 niet of was gewoonweg te duur.

## LED

Sommige mensen zijn nogal enthousiast over led-lampjes. Dat zijn ledjes die in de lampmatrix geplaatst worden. Het valt mij op dat de lampjes schokkerig reageren, het verschil tussen aan en uit is voor mijn gevoel erg abrupt.



En ik heb zelf een modificatie gemaakt met een led voor de Lord of the Rings, en het valt me ook wel eens op dat hij soms heel erg zwak brandt terwijl hij uit hoort te zijn.

Hiernaast zie je de Lord of the Rings in de lamptest (rij) en je ziet de Palantir bol oplichten terwijl er al 8 lampjes in die rij aanstaan. Hij gaat foutief mee met de andere aansturingen. De Palantir zit in de vorige rij in de matrix.

Dat komt doordat de led erg snel reageert, en de elektronica te traag is. Als de kolom (of rij) uit wordt gestuurd vanuit de software duurt het even voordat de elektronica *echt* uit is. De software is dan

al verder en schakelt de volgende kolom of rij al weer aan. Zo kan het voorkomen dat de led heel kort verkeerd wordt aangestuurd. Ach, het is er ook niet voor gemaakt.

## Probleem?

Als je nou een kast hebt die niet op wil starten en op een gegeven moment begint het wat verbrand te ruiken in de kamer, dan zijn de weerstanden van de kolommen druk bezig om de elektronen in warmte om te zetten. Je moet ze dan niet aanraken want het levert je geheid een 1<sup>e</sup> graads verbranding op.

En aangezien die dikke weerstanden zo heet kunnen worden zullen ook daar vaak de problemen zijn. Soms wordt het zo heet dat ze slecht contact gaan maken of zelfs van de print af vallen.

Soms wil het ook wel eens voorkomen dat een lampje het niet doet, en dat het niet aan het lampje of het lamphoudertje blijkt te liggen. Dan zou het ook nog aan de diode kunnen liggen natuurlijk.

## 19. Display

*Alleen zone 5 knippert nog, dat betekent dat ik mag locken. Alleen dat moet dan over de zijramp, en die schiet ik toch het gemakkelijkst door eerst in de saucer te schieten..... en dat is meteen zone 5. "They locked on, with all the hits". Lock is lit, en hoppekee: over de ramp.*

Leuk kastje die Earthshaker. Alleen jammer van die puntjes. Er staan allemaal puntjes in de display, de hele rij dus ook daar waar ze niet horen. Ik weet wel waar het aan ligt, maar het is zo moeilijk op te lossen. Op de CPU is wat batterijschade, en langs de batterij lopen de printbaantjes voor de aansturing van de display. Door die verzuringen maken de printbaantjes slecht contact en daardoor wordt het puntje continu aangestuurd.

### Gas

Een display bestaat uit allemaal segmentjes die zijn gevuld met een bepaald soort gas wat oplicht als je er spanning over heen zet. Dat is dan van plm. 190V gelijkspanning. Een display werkt overigens ook op een lagere spanning, en ook op een hogere. Hoe lager de spanning hoe langer de display mee gaat.

Sommige merken hebben een spanning van 190V, maar als je dat aanraakt voel je daar dus meer van dan als je de helft van de spanning aanraakt. Goed, dan doen we 2x de helft: +90 en -100V. Als je een van die aanraakt voel je het wel, maar het valt toch weer erg mee. Mensen hebben het wel eens over de "hoogspanning" in een flipperkast. Die dient dus voor de display. Volgens de Nederlandse richtlijnen is een DC spanning van 1500V pas hoogspanning en is die 100V dus eigenlijk "peanuts". Toch noemen we deze spanning de hoogspanning in een flipperkast. En als je je bedenkt dat de elektronica in de flipperkast veel met 5V werkt *is* dat eigenlijk ook best hoog.

### Hoe wordt nu eigenlijk een karakter weergegeven?

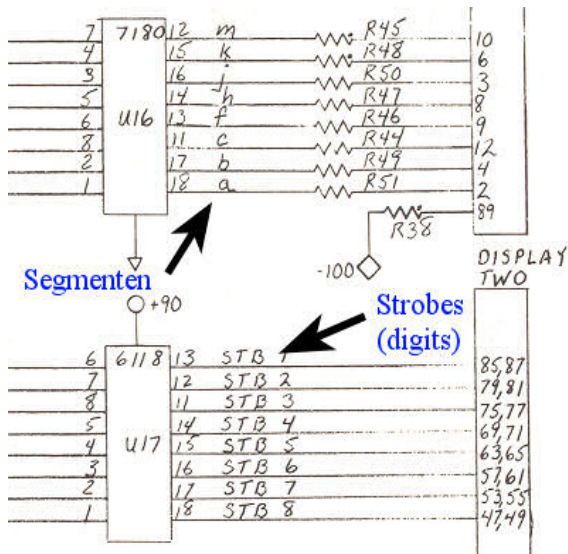
Een display zoals de Earthshaker heeft is een alphanumerieke display: er staan allemaal cijfers en letters in de display. Een display bestaat uit allemaal digits (de karakters) en elk digit bestaat uit allemaal segmenten. Door bepaalde segmenten van een digit aan en uit te zetten kun je letters en cijfers maken. Hiernaast staat een voorbeeld van een "R" en een "7". Elk segment heeft een code gekregen die op het schema terug te vinden is. Dat is gemakkelijk met het storingzoeken.



Display Characters Segment Designations



Een heel display wordt aangestuurd door heel snel achter elkaar van elk digit de verschillende segmenten aan te zetten. Alle digits worden dan na elkaar aangezet. Dat gebeurt zo snel dat het oog het niet ziet, en dus lees je gewoon een regel tekst. Als je een foto zou maken met een camera met een wat snellere sluitertijd zie je het wel.



## 2 IC's: de 6118 en de 7180

En hoe krijgen we nu die hoogspanning op een stukje glas? Gelukkig wordt dat glas geleverd met pinnetjes waar we die 190V zo op kunnen prikken. Nu nog wat IC'tjes vinden die dat kunnen schakelen en klaar alweer.

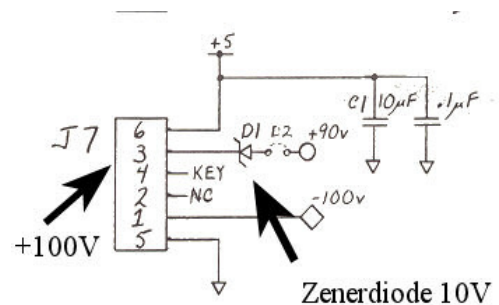
De 6118 schakelt de 90V op de display digits, en de 7180 schakelt de -100V van de segmenten. Dit doen ze op het moment dat de CPU daar opdracht voor geeft: als de ingang van die IC's 5V wordt schakelen de IC's de bijbehorende uitgangen.

De ingangen van die IC's worden dus aangestuurd vanaf de CPU, die daar uitgangen voor heeft. En die printbaantjes lopen bij een Williams (Earthshaker bijvoorbeeld) langs de batterijen.

Hoogst irritant! Ze zouden de batterijen niet op een print moeten monteren maar ergens er naast. Scheelt een boel ongemak.

## 10V zenerdiode

Ergens weggedrukt in een hoekje van het schema staat een klein, maar o zo belangrijk component: een 10V zenerdiode. Het is namelijk zo dat de (positieve) voeding die wordt aangeboden vanaf de powerprint +100V is, en geen +90V. Die 100V is kennelijk gemakkelijker te maken, maar we moeten wel wat doen om de spanning wat omlaag te brengen. Dat kan met behulp van een 10V-zenerdiode. Een zenerdiode is een component waar altijd maximaal een bepaalde spanning over staat: 10V in dit geval. Maar als hij stuk is (of een te lage waarde heeft) staat er dus een te hoge spanning op het display en *dat* gaat je je display kosten.



## **Dotmatrix display**

Werkt op min of meer dezelfde manier, maar dan met kolommen en rijen. De rijen worden achter elkaar aangestuurd en dan wordt per rij gedefinieerd welke kolom aangestuurd moet worden. Het is wel iets anders, want ook de elektronica is met zijn tijd mee gegaan. Er zit bijv. een Ram-IC (werk-geheugen net als in de PC, alleen wat minder) op waar 16 display-pagina's in opgeslagen kunnen worden. Wat wil je ook als je al die plaatjes direkt moet laten zien, dan heb je wel wat extra geheugen nodig.

Een dotmatrix display werkt ook met andere spanningen (+62V, -125 en -113V), maar het basisprincipe is toch hetzelfde. Het verschil tussen de +62V en de -125V is 187V. Die laatste 2 spanningen zitten 12V uit elkaar, en dat moet ook: er wordt een IC'tje van gevoed, en als die geen voeding meer krijgt doet je display ook niets meer.

## **Seriële aansturing**

Van een dotmatrix display is ook de aansturing is heel anders: die werkt seriëel. Een beetje vergelijkbaar met een USB bus in een PC. Een dotmatrix bestaat namelijk uit vele kolommen en rijen en die moeten allemaal worden aangestuurd. Dat zijn 128 kolommen en 32 rijen: een boel pinnetjes dus. En als je dat ook nog eens dubbel zou hebben.... En dan moet dat ook nog eens worden aangestuurd vanuit de CPU. Da's niet te doen. Door dat seriëel aan te sturen scheelt dat een boel uitgangen op de CPU. Dat kan in dit geval met 7 draadjes. Als je het volgens het oude principe zou doen zouden dat 160 aansturingen zijn: voor elke rij en elke kolom één. (128 kolommen + 32 rijen = 160 aansturingen)

Er zijn een aantal soorten displays, waarvan Cherry en Babcock de bekendste fabrikanten zijn in de flipperwereld. Ze werken elk met iets andere IC's, maar werken wel hetzelfde: ze accepteren een seriële aansturing en die sturen op hun beurt alle pinnetjes van de displays aan.



## **Ingebrand en "outgassed"**

Een display heeft maar een beperkte levensduur. Dat komt door de relatief hoge spanning. Hoe hoger de spanning (die 190V) hoe korter de levensduur, en vice versa. Hoe langer sommige segmenten of dots aangestuurd worden hoe eerder die verouderen. Je kunt dat ook vaak zien: die segmenten zien er wat zwarter uit dan andere. "Outgassed" is een term die mensen wel eens gebruiken om aan te geven dat het gas in het display niet goed meer is en dat de

display vervangen moet worden. Vrij vertaald in Jip-en-Janneke-taal betekent dit dat de display gewoon "af" is.

Veel gebruikte letters tijdens de attractmode branden in en zien er zwarter uit. Het is een teken dat een display aan het eind van zijn latijn is en eigenlijk vervangen moet worden, maar ze kunnen dan nog best een hele poos mee gaan. En soms moet een display eerst even warm worden voordat hij het doet, zeker als de kast een lange tijd heeft uitgestaan. Vaak ook geen enkel probleem, vele van mijn kasten hebben het al jaren en doen het nog steeds.



Soms kun je een "Game over" in de display zien als de kast uit staat. Dat betekent dat de exploitant er minder aan verdiend heeft dan hij eigenlijk had gewild....

### **Storing. En nu?**

Als de display niets meer doet is het altijd een goed idee om even alle spanningen te meten. Dat is bij elke storing het eerste wat je moet doen en zo ook hier. Als daar iets mis is is het logisch dat hij niet doet wat hij moet doen.

Maar er zijn ook andere problemen mogelijk. Bij een dotmatrix display kun je vaak wel zien of het een aansturingsprobleem is (wat rare troep in de display) of dat de display gewoon "af" is. Het aansturingsprobleem is heel vaak te verhelpen door de flatcables even los te halen en weer vast te drukken. De pinnetjes zijn dan wat vies en door de connectors even los te halen en weer vast te zetten maken ze weer goed contact en dan kan hij de data weer wat beter doorgeven. En als het display "af" is moet hij vervangen worden. Een klusje van een paar minuten..... En hoeveel euro's?

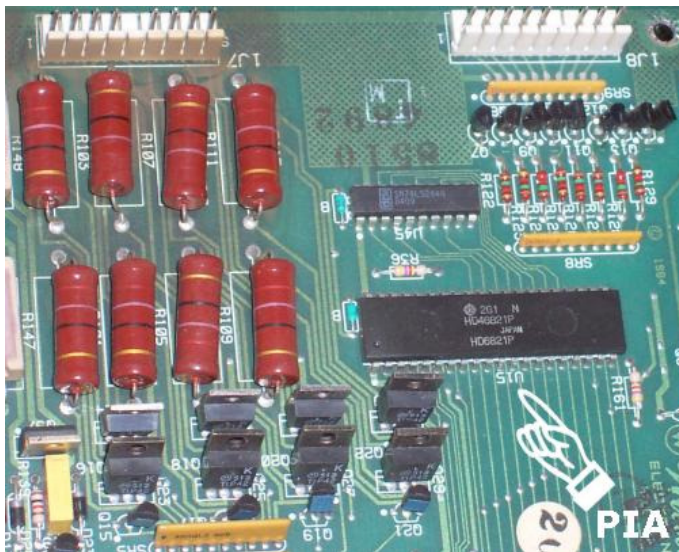
Als je problemen hebt met een rij of een kolom ligt het sowieso aan de displayprint zelf: een pinnetje kan van de display afgebroken zijn waardoor de hele rij het niet meer doet, of er zit een kortsluiting tussen 2 rijen waardoor die rijen precies hetzelfde doen: ze gaan beide aan als er maar 1 aan hoort te gaan.

## 20. De PIA

*Net een oude Speak Easy opgestart. Althans... geprobeerd op te starten, hij wil het echter niet doen. De LED knippert 4x, en 4x knipperen betekent dat PIA U11 stuk is. Of het IC zit slecht in zijn voetje, dat kan natuurlijk ook. Dat lijkt me het meest logische want de kast heeft het altijd gedaan.*

### De CPU

Een CPU bestaat globaal uit een aantal soorten IC's. Als eerste natuurlijk de processor, die voert het programma uit. En de rommen, daar zit het programma in opgeslagen. Een paar ram-IC's, je moet ook wat kunnen onthouden natuurlijk. En PIA's... Sommige kasten zoals de Speak Easy hebben er maar 2, en andere kasten hebben er wel 6, Jurassic Park bijvoorbeeld. Het zijn voornamelijk oudere kasten (tot begin jaren '90) die PIA's hebben, want in de loop der jaren is er een hoop verbeterd in de elektronica-business.



PIA U15 dient voor de switchmatrix bij Space Shuttle

Een PIA (ofwel een *Peripheral Interface Adapter*) is de interface naar buiten. Vanuit de processor gezien wel te verstaan. De processor voert de programma-code uit zoals dit in de rommen gebrand is. Hij stuurt bijvoorbeeld een spoel van een saucer aan als er een bal in ligt.

Feitelijk zijn dit heel veel stapjes vlak achter elkaar: de switchmatrix wordt continu gescand, en als de bal in de saucer wordt geschoten weet de kast dat het contactje gesloten is, telt wat punten bij de score op, en stuurt vervolgens de spoel aan om de bal weer op het speelveld te krijgen.

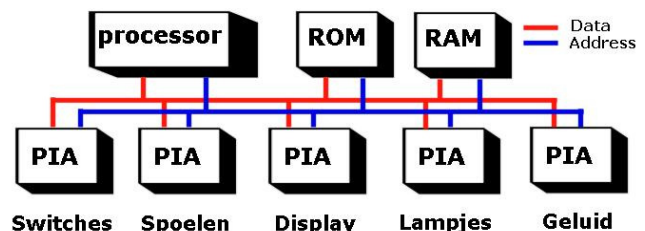
Het aansturen van electronica vanuit het programma gaat allemaal via PIA's: het uitlezen van de switchmatrix, het aansturen van de display en vervolgens het aansturen van het spoeltje.

### 6821

De meest bekende PIA is een 6821, een IC met 40 pinnetjes. Dit IC heeft communicatie met de processor via de "data bus" en de "address bus".

De *data bus* zijn 8 verbindingen (met codering D0-D7) die van de processor naar alle IC's zoals de rom, ram, en PIA's gaan, en dient voor communicatie (dataoverdracht) tussen deze IC's.

Anderszijds moeten de IC's ook niet allemaal tegelijk naar de processor luisteren, dat zou ook niet goed gaan: dan zouden alle PIA's hetzelfde doen. En het maakt echt wel uit of je een display aanstuurt of spoelen...



De belangrijkste IC's op een CPU print

Daar is de *address bus* voor: die adresseert alleen het IC die op dat moment moet luisteren. Dat zijn meerdere verbindingen (code A0-A15 op het schema) die vaak naar verschillende IC's gaan.

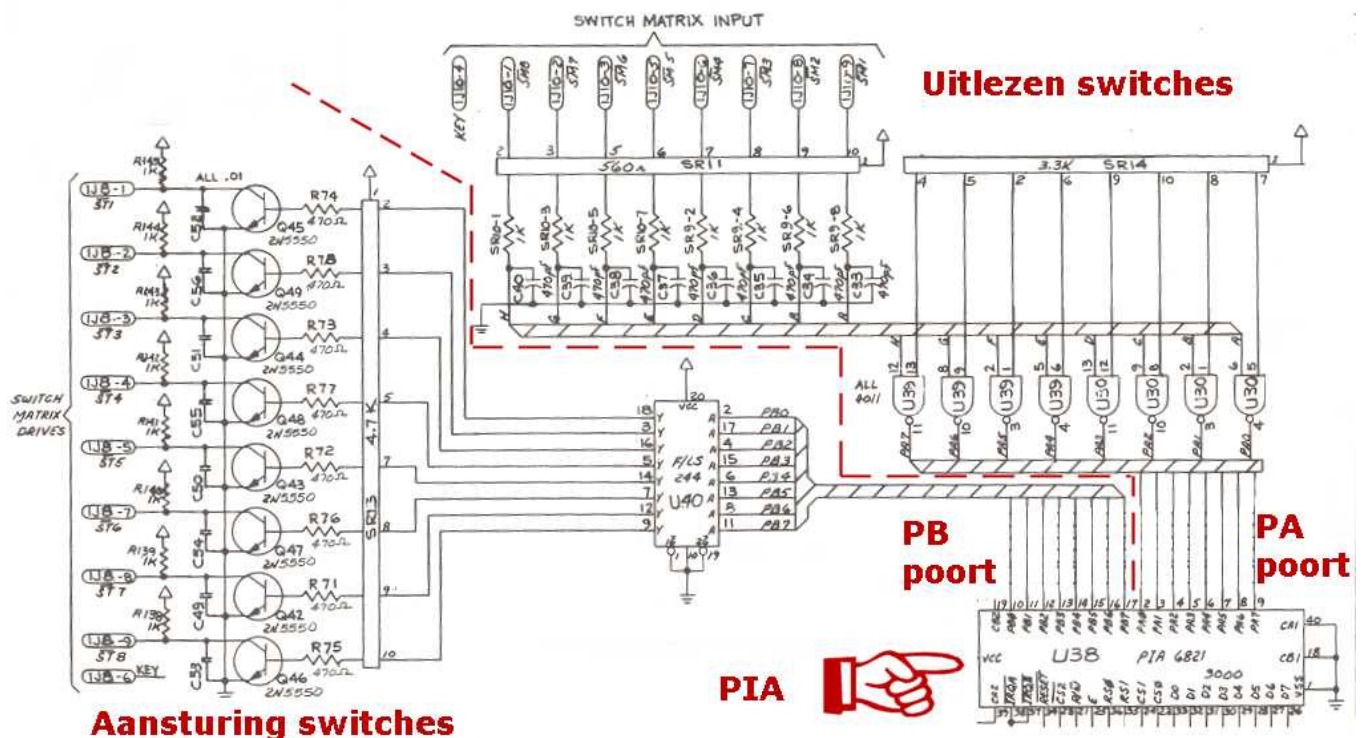
Het is hetzelfde met een telefoon: je belt iemand op (via een uniek nummer), en zodra die opneemt kun je met die persoon communiceren. De processor adresseert een IC via de address-bus (belt hem op), het IC accepteert of geeft vervolgens gegevens via de data-bus (communiceert).

## PA en PB poorten

De PIA heeft een 2-tal poorten van 8 in- of uitgangen. Veelal zijn het uitgangen, want er wordt behoorlijk wat aangestuurd. Displays, spoelen en lampjes bijvoorbeeld.

Maar hier en daar heb je ook wat ingangen nodig, voor de switches bijvoorbeeld. Je ziet op het schema als PA0-PA7, en PB0-PB7. Ze gaan elk ergens anders heen. De processor kan de PIA configureren als zijnde een in- of een uitgang, dit is dus geprogrammeerd door de fabrikant en staat in de rommen opgeslagen.

Een switchmatrix is een goed voorbeeld: die heeft 8 kolommen en 8 rijen. De uitgangen van de PIA zijn de kolommen en de ingangen de rijen (of precies andersom, dat is dan weer afhankelijk per merk). Ze zitten netjes gegroepeerd op 1 PIA. Duidelijk: dat is dan de switchmatrix-PIA.



De PB-poorten sturen de switchmatrix aan en de PA-poorten lezen vervolgens de matrix uit

## C-poorten

Een PIA heeft ook 2 CA en CB poorten. Hiervan is de CA1 en CB1 altijd een interrupt request (IRQ). Een *interrupt* is, net zoals op de PC, een signaal van de hardware om een bepaald deel van het programma uit te voeren. De PIA geeft dan de IRQ ook netjes door aan de processor. De oude Bally's hebben het test-knopje aangesloten op de CA1 van U10, en de display-interrupt-generator op CA1 van U11. Dat wil dus zeggen dat als er een signaal binnenkomt er "op *dat* moment" de display moet worden aangestuurd, de rest van het programma wacht dan even. En met *even* bedoel ik micro-seconden. Je moet natuurlijk wel in computertermen blijven denken.

De CA2 en CB2 zijn in te stellen of ze moeten fungeren als interrupt-input, of een extra output. Vaak is dat dan een extra output. Bijvoorbeeld het knipperende ledje op de Bally-MPU's wordt daarmee aangestuurd. Of de solenoid/sound select. Ik heb wel eens gehad dat een Dolly Parton met zijn spoelen stond te klapperen op de melodie van het opstart-melodietje. Toen deed de solenoid/sound select het dus niet...

## Control

De overige pinnetjes worden gebruikt om de communicatie met de processor tot stand te brengen. De meeste van die pinnetjes worden dus aangesloten op lijnen van de address-bus.

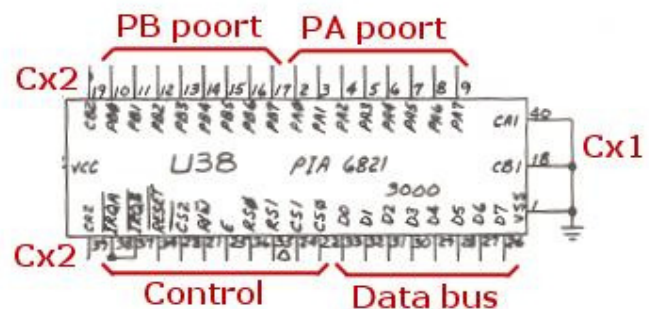
3 pinnetjes voor "chip select" CS0, CS1 en CS2. Als CS0 en 1 hoog zijn (ofwel een spanning van 5V), en CS2 is laag (0V) zal de PIA reageren. Het is dus aan de ontwerper van de print op welke manier welke PIA wordt aangestuurd via de address-bus. Zo kan de processor het juiste IC aansturen en worden de switches niet verward met de spoelen.

2 pinnetjes voor "register select" (RS0 en RS1), om de PIA in te stellen welke poort (PA of PB) er aangestuurd moet worden en of dit ingangen of uitgangen zijn.

Een "read/write" (R/W) om aan te geven of de processor data stuurt of juist wil ontvangen. En een "enable" (E). Dat is een puls, een clock-sig-naal zeg maar. Als die puls hoog is (5V dus...) reageert de PIA op de data en zet de poorten in de juiste stand. Alle signalen moeten dus in de juiste stand staan, en op het moment dat de enable hoog wordt zal de PIA de data uitvoeren.

## Maar da's niet alles...

Dit is dan wel de aansturing van de componenten, maar de uitgangen van de PIA kunnen zo weinig stroom voeren dat er allemaal extra elektronica nodig is om de flipperkast aan te sturen. Om bijv. een spoel aan te sturen kom je allemaal transistoren, diodes en weerstanden tegen. De PIA is slechts de interface van de processor naar de buitenwereld.





## 21. Geluid

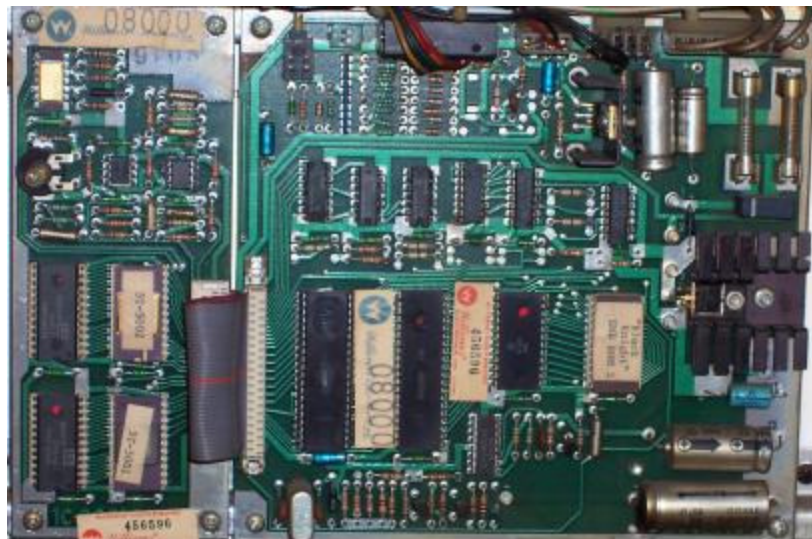
*Van de flippervereniging heb ik een Black Knight te logeren gekregen. Vroeger heb ik zelf een Black Knight 2000 gehad, vond ik altijd een leuke kast, en zodoende heb ik zijn voorganger eens geleend van de vereniging om hem eens op te knappen. Een kast uit 1980 die toch een en ander aan spraak moest hebben. "The Black Knight will slay you" zou hij bijvoorbeeld moeten zeggen. Deze deed dat echter niet.*

De pingels en dergelijke deed hij wel, zowel in het spel als in de test. Met die pingels konden ze in 1980 toch al leuke "kataklop"-geluiden maken alsof er een paard voorbij komt. En een fluittoon die bouwvakkers maken als er een jongedame met lang blond haar voorbij loopt als de extra ball lit is. Maar geen spraak dus...

### De printen

Om geluid uit de speaker te krijgen heb je een aantal printen nodig. Allereerst natuurlijk de geluidsprint. Die produceert het geluid, maar dat moet ook worden afgestemd met het spel. Als de kast een jackpot zou hebben zou je toch het jackpotmelodietje bij de jackpot verwachten nietwaar? De CPU moet daarvoor dus een signaal geven aan het geluidsprintje.

Williams heeft in de jaren '80 kasten gemaakt met en zonder spraak, ze hebben een geluidsprint gemaakt en een spraakbordje. Via wat jumpers konden ze de print zo instellen dat er wel of geen spraak was. Een geluidsprint was er toch altijd, maar spraak niet.



### De opzet

De globale opzet van zo'n ontwerp zie je in het schema hieronder. Groen zijn de commando's van de

CPU naar het geluidsbordje, bijvoorbeeld een commando om een bepaalde stem te laten horen. Als de processor zo'n commando binnen krijgt volgt hij zijn programma om het vervolgens uit te voeren (blauw aangegeven). De pingels en ander gewoon geluid (paars in het schema) worden op een iets andere manier geproduceerd dan de spraak (rood), maar toch is het basisprincipe wel het zelfde. Beide signalen worden digitaal aan een IC-tje aangeboden die er vervolgens een analoog signaal van maakt. Die 2 analoge signalen worden dan voor-versterkt en samengevoegd in het mix-gedeelte, en dat wordt versterkt in de eindversterker zodat het ook goed uit de luidspreker komt.

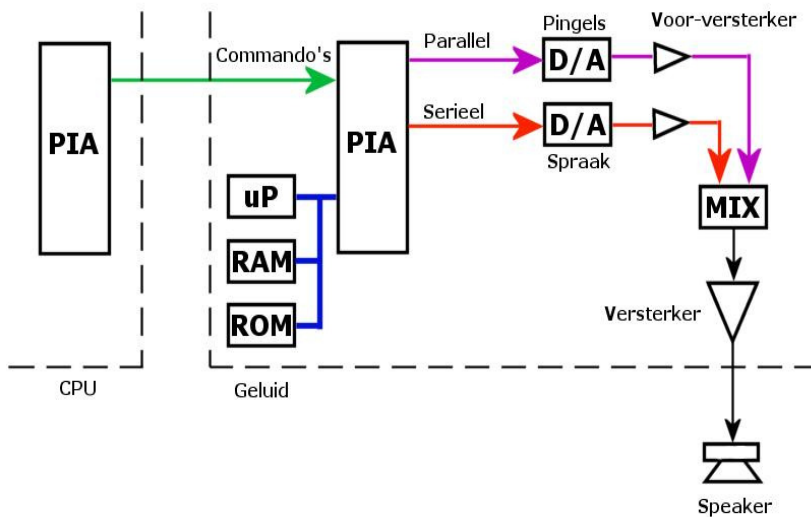


**Spraak-bord**



**Geluidsprint**





## Soundbord

Het soundbord is een redelijk op zich staand bordje. Er zitten een aantal voedingen op, een 12V en -12V voor de geluids-IC's, en 5V voor de logische IC's. Er zit een processor op, met een RAM-IC voor het tijdelijke geheugen, en een ROM waar de geluidsdata in opgeslagen zit. En een PIA. Zoals in een eerder hoofdstuk uitgelegd zorgt een PIA voor de communicatie naar de buitenwereld, vanuit de processor gezien natuurlijk.

Dat zijn in het geval van het soundbord verscheidene IC's. Enerzijds dus de communicatie met de CPU-print, een mogelijkheid om pingels af te spelen en spraak, maar een testknopje en wat dipswitch-settings (wat toch ook op een geluidsprijs zit) moet immers ook werken.

## Communicatie met CPU

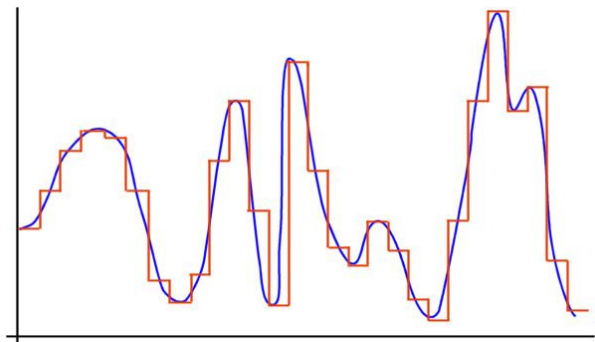
Op de CPU print zorgt een PIA, door uitgangen hoog en laag te zetten, voor communicatie met het soundbord. Het soundbord zelf heeft ook een PIA, en daar zijn diezelfde signalen *ingangen*, deze *luistert dus* naar wat de CPU te zeggen heeft en zo weet het soundbord welke pingels of stemmen hij moet produceren. In het schema is het groen uitgebeeld.

Mocht daar dus een verbinding slecht zijn zullen de verkeerde pingels afgespeeld kunnen worden, of juist helemaal niet. Hmmm... ik heb vroeger eens een Eight Ball Deluxe gespeeld die *13-ball* niet zei, en dan alleen nog in het spel. Toen vond ik het vreemd...

## Pingels

Klein probleempje: een processor is digitaal, daarvan zijn de signalen nulletjes en ééntjes. En een luidspreker verwacht een analoog signaal om geluid te kunnen laten horen. Dat moet omgezet worden van de data die in de rommen opgeslagen zit naar een signaal wat je kan laten horen. Daar zijn gelukkig kant en klare IC-tjes voor: een D/A converter (afgekort tot DAC), een digitaal naar analoog omzetter.

Een DAC geeft een analoge spanning op de uitgang afhankelijk van wat hij digitaal binnen krijgt. Dat is dan gerelateerd aan zijn voedingsspanning. De digitale ingangen zijn nulletjes en ééntjes wat parallel door de PIA wordt aangeboden. Dat wordt binair opgeteld: als je 2 ingangen hebt, zijn dat 4 mogelijkheden. 3 ingangen geeft 8 mogelijkheden, en elke ingang extra geeft een verdubbeling van het aantal mogelijkheden. 8 ingangen geeft  $2^8 = 256$  mogelijkheden en dus is elke stap  $1/256^e$  van de voedingsspanning. De hoogte is dus met  $1/256^e$  deel van de spanning hoger te maken door één stapje hoger aan te sturen. Is de ingang 0 zal de uitgang 0V geven. Is deze 256, dan zal deze de maximale spanning geven.



Een geluidsgolf is een vloeiende golf met een boel verschillende frequenties door elkaar heen. Dat geeft een gecombineerde golf en als je dat op een luidspreker aanbiedt hoor je geluid. De blauwe lijn hiernaast geeft een voorbeeld.

Zoals hiernaast staat uitgebeeld wordt een geluidsgolf *gesimuleerd* door allemaal stapjes te maken van een analoge waarde. De rode lijn is wat de uitgang van de DAC probeert te maken. Dit zijn stapjes met verschillende hoogte en een bepaalde breedte. Hoe beter de hoogtes en breedtes te definiëren zijn, hoe beter het signaal is weer te geven, en dus hoe beter de kwaliteit van het geluid is.

Als je nu een 6-bits DAC hebt kun je 64 verschillende stapjes in de hoogte maken, erg weinig voor geluid. Een 8-bits DAC geeft al wat meer mogelijkheden: 256 verschillende waarden. Dat wordt in de flipperkast gebruikt.

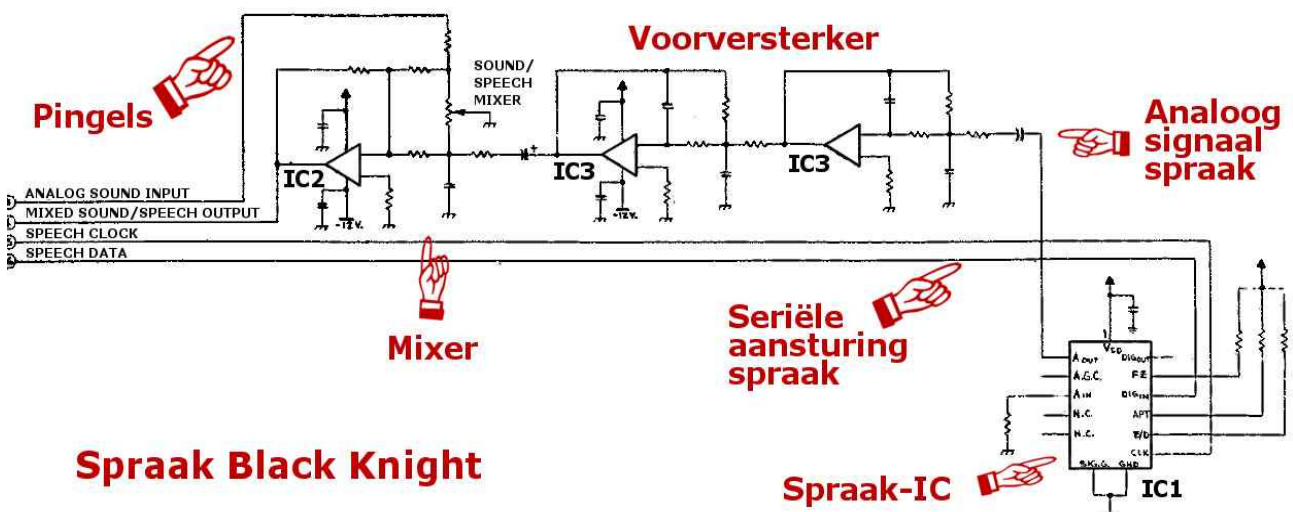
De breedte van de puls is altijd gelijk en is afhankelijk van de snelheid van de processor. De PIA geeft aan de D/A converter de digitale data door en hoe sneller dat gebeurt hoe meer verschillende stapjes in de breedte je kunt definiëren.

En het programma probeert daar zo goed mogelijk geluid van te maken. Eén nadeel: veel verschillende stapjes geeft weliswaar een mooiere kwaliteit geluid, maar kost ook meer geheugen om in op te slaan. En dat was in 1980 erg duur.

## Spraak

De spraak werkt toch net even wat anders: er is een speciaal IC voor. De PIA geeft seriëel de data door aan het spraak-IC wat de spraak produceert. De MC3417 is een IC-tje wat gebruikt kan worden voor telefonie en seriële data omzet in een analogoog signaal en vice versa. Je kan er dus een microfoon op aansluiten, en dan zal hij seriële data produceren, om vervolgens weer te communiceren met zijn tegenhanger die seriële data omzet in geluid.

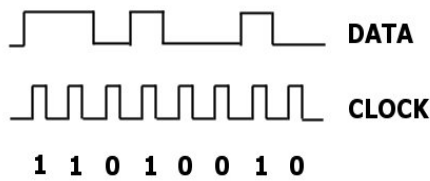
Ze noemen het een CVSD-spraak-chip, maar je moet het een beetje voorstellen als een soort D/A converter die dan specifiek voor spraak is gemaakt. Hij is vermoedelijk in 1980 ook gebruikt om de spraak op te nemen en in de rommen op te slaan, maar in de flipperkast wordt hij alleen gebruikt om de spraak te produceren.



Hierboven het schema van het spraakbord. Vanaf de geluidsprint komen de speech-data en speech-clock en zitten aangesloten op IC1, het spraak IC. Dit spraak IC heeft meerdere pootjes die niet gebruikt worden. Dat is logisch want het IC dient er ook voor om een analogoog signaal om te zetten naar digitale pulsjes.

## De techniek staat voor niets...

### Geluid



De seriële signalen zijn vergelijkbaar met een USB of netwerkverbinding van een PC. Een data-sigitaal en een clock-sigitaal zijn in de seriële IC's redelijk standaard: het IC accepteert een pulsje van de *data* als de *clock* ook wordt aangestuurd. Als dan de *data* hoog is op het moment dat de *clock* een pulsje geeft wordt dat herkend als een '1' en als de *data* laag is wordt dat een '0'.

De totale combinatie moet door het IC herkend en vertaald worden en moet uiteindelijk zorgen voor een zeer zacht analogo spraak-sigitaal aan de uitgang van het IC.

### Versterker

IC3, twee kleine voorversterkertjes achter elkaar, versterkt het sigitaal vervolgens en wordt aangeboden aan de mixer bij IC2. Op deze mixer komen ook de analoge pingels vanaf het geluidsbord. Deze mixer is via een potmeter in te stellen en mengt de pingels en kataklop-geluiden met de spraak.

Het gemixte analoge sigitaal gaat terug naar de geluidspriint en wordt daar aangeboden op een TDA 2002, de eindversterker die het sigitaal aan de luidspreker doorgeeft. En daar hoor je het geluid.

### Black Knight

De Black Knight was alleen sprakeloos. Het IC wat voor de spraak zorgt was goed. Althans ik had het test-knopje ingedrukt en op de uitgang van het IC gemeten. Nadat de pingels gespeeld waren bleef het even stil. Aan de uitgang zag ik "juist toen" wat signalen pulseren op mijn nieuwe logic probe en kon dus concluderen dat dit IC goed was. Echter aan de ingang van het volgende IC, de voorversterker, gebeurde niets, en daar stond maar liefst -11V. Ik heb het IC-tje vervangen en de Black Knight heeft zijn stem terug.

Dit principe werd door Williams een behoorlijke tijd gebruikt. Zeker tot en met Comet en Space Shuttle. Hierbij moet wel vermeld worden dat het geluidsgedeelte bij die kasten op de CPU-priint geïntegreerd zit.



Geluid gedeelte  
op de CPU-priint

Spraak-bord bij Comet  
is vergelijkbaar met Black Knight

Later, toen er meer IC's werden ontwikkeld, werden er vele andere technieken toegepast. Er kwamen ook speciale geluids-IC's op de markt zoals de Yamaha YM-2151, waarmee je allerlei tonen kan genereren. Ik moet zeggen dat de Road Kings wat dat betreft erg mooie muziek had.

Weer wat later had je een zingende Black Knight 2000, een Funhouse die je de oren van het hoofd praat, en een Indiana Jones met geluid op CD-kwaliteit. Is het niet geweldig?