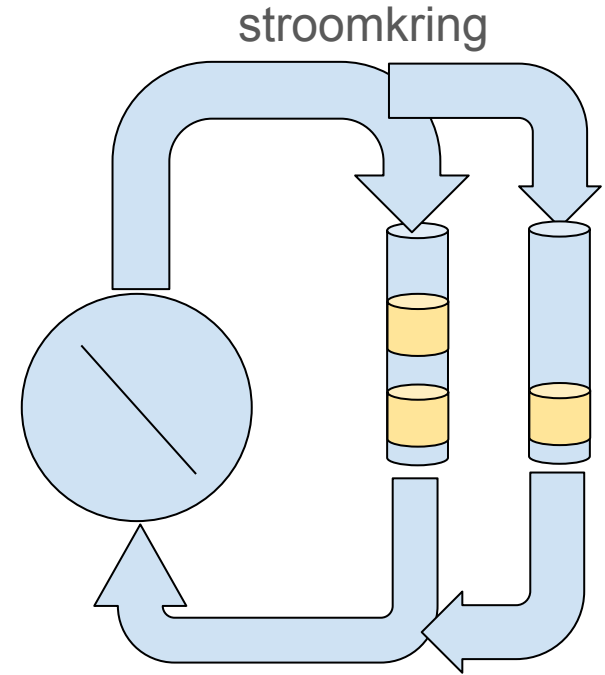
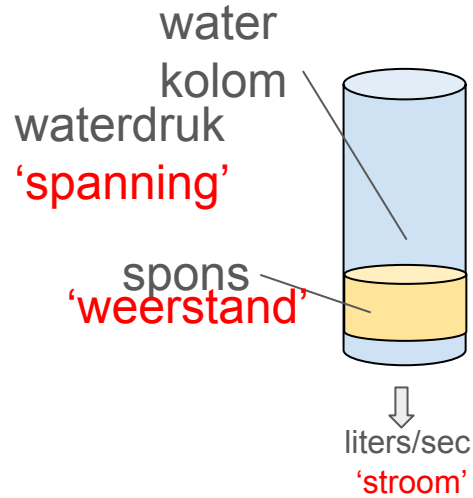


Inleiding repareren elektronica

zonder formules!

Repair Cafe 'de Bieb' - Utrecht

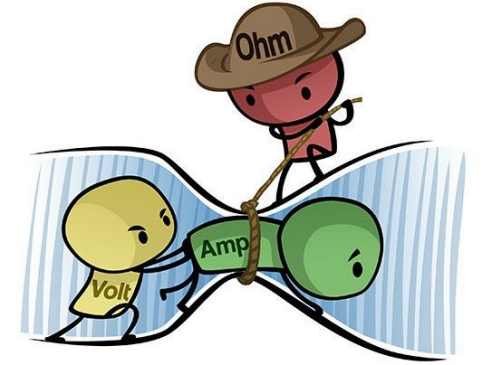
Spanning, stroom en weerstand



- in serie
- parallel

Spanning, stroom en weerstand

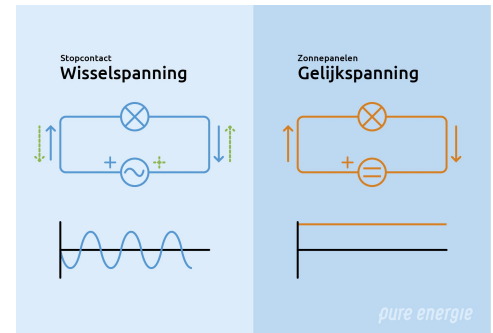
- elektriciteit bestaat uit elektronen, een soort heel kleine geladen bolletjes.
- die elektronen kunnen ergens doorheen stromen, zoals een stukje koperdraad. Hoeveel elektronen er per seconde stromen door die draad wordt de 'stroom' genoemd. Voorbeeld: 'de stroom is 2 Ampère'.
- elektronen stromen ongehinderd door het ene materiaal (bv koper) maar een stuk lastiger door het andere (bv koolstof), daar ondervinden ze 'weerstand'. Voorbeeld: 'de weerstand is 100 Ohm'.
- de elektronen kunnen ergens tegenaan drukken met een bepaalde kracht, dat wordt de 'spanning' genoemd. Voorbeeld: 'de spanning is 9 Volt'.
- een multimeter heeft aparte standen om spanning, stroom en weerstand te meten.



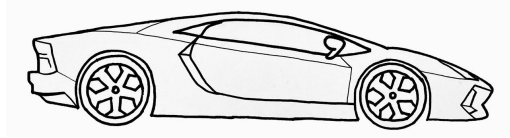
Gelijkstroom en wisselstroom

- Bij gelijkspanning verandert de spanning niet. Bijvoorbeeld: een 9V batterij heeft een plus en een min pool, en de stroom gaat altijd van de plus naar de min pool.
- Bij wisselspanning gaat de stroom het ene moment in een richting, en het andere moment in de andere.
 - Van links... naar rechts ...
- Uit een stopcontact komt wisselspanning. 100 keer per seconde verandert de stroom van richting.
- Een multimeter heeft aparte standen voor gelijkstroom/gelijkspanning en wisselstroom/wisselspanning.
DC vs AC.

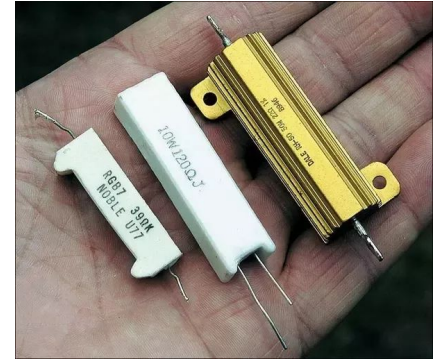
AC ⚡ DC



Vermogen



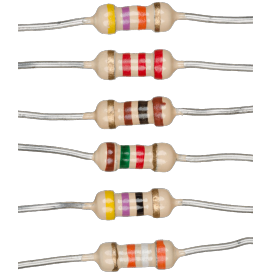
- Vermogen geeft aan hoeveel energie er per seconde wordt geleverd of hoeveel er wordt geconsumeerd.
- Wordt gespecificeerd in Watts. Voorbeelden:
 - “deze weerstand dissipeert 5 Watt”. Of:
 - ‘deze zonnepanelen leveren 10 KW’.
- Als je spanning en stroom kent, kun je het vermogen uitrekenen. Bijvoorbeeld, als een stofzuiger 10A trekt uit een 230V stopcontact, dan consumeert hij 2300 Watt ($10A \times 230V$).



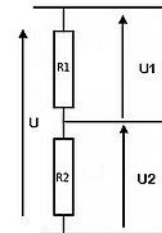
Weerstand

- Functie: vermindert spanning of stroom
- Meerdere verschijningsvormen
- Ohm
- Wattage
- Is betrouwbaar, gaat meestal stuk als gevolgschade
 - uitzonderingen: weerstanden die de inschakelstroom van bepaalde schakelende voedingen beperken,
 - en potmeters (contactspray)

- tolerantie, koelfilm, metaalfilm
- Potentiometers (potmeters) - lin/log
- Spanningsdelers

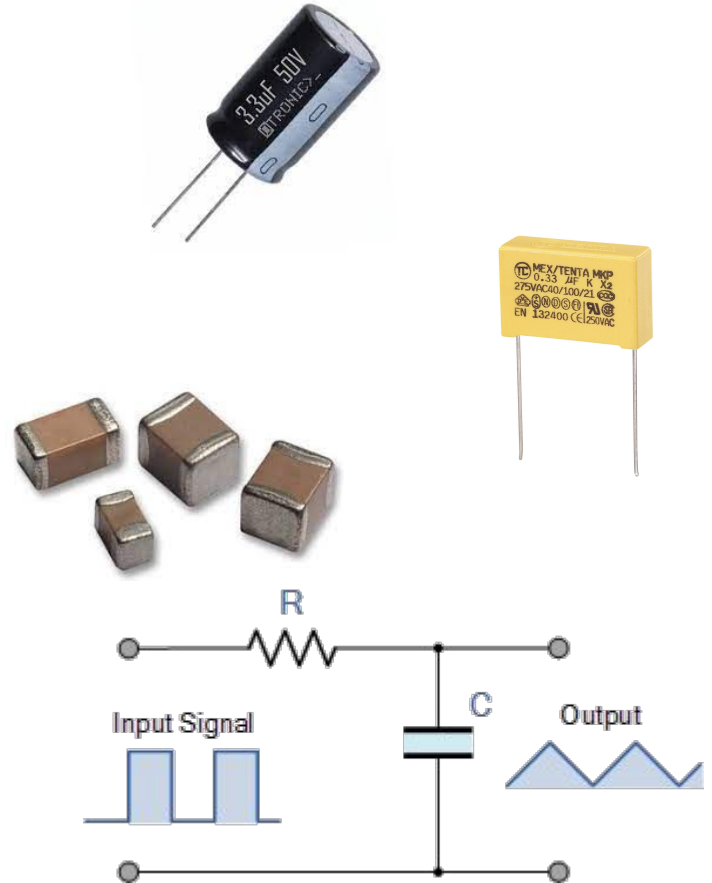


SMD Resistor



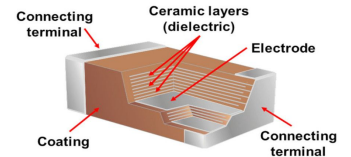
Condensator (1)

- Elektronen zijn geladen, een groepje elektronen bevat daarom 'lading'
- Een condensator is een soort mini-accu: slaat lading tijdelijk op
- Komt in vele soorten en maten
 - elco, tantaal, keramisch, MKT, ...
- polair en apolair
- capaciteit (in Farad)
- max spanning (in Volt)
- Verdere Kenmerken:
 - max temperatuur, low ESR
- Gebruik:
 - afvlakken van rimpel op een voedingslijn
 - blokkeren van gelijkstroom
 - in filters
 - ontkoppeling (dipjes voorkomen op de voedingsspanning) van ICs



Condensator - Foutmechanismen

- Elco:
 - bevatten een elektrolyt - deze vloeistof verdampt bij hogere temperatuur en gevorderde leeftijd.
 - 'Bol hoedje' of smurrie aan de onderzijde als ze stuk zijn
 - Maar niet altijd: ESR meten is verstandig (in-circuit, out-of-circuit)
 - 'capacitor plague', Japanse kwaliteits elco's (Nichicon, Panasonic) tov al het andere.
- Tantalum:
 - bevat eveneens een elektrolyt. Barst, brandt of explodeert indien defect.
- Keramische condensator
 - vooral bekend als ontkoppelcondensator in SMD
 - scheur in condensator zorgt ervoor dat de 'lasagna' van interne plaatjes kortsluiting maakt
- MKT
 - zelfherstellend, maar na iedere spanningspiek sterft een stukje capaciteit
 - staan soms permanent onder 230V, hetgeen veroudering versnelt
 - (oa bekend uit Senseo's)



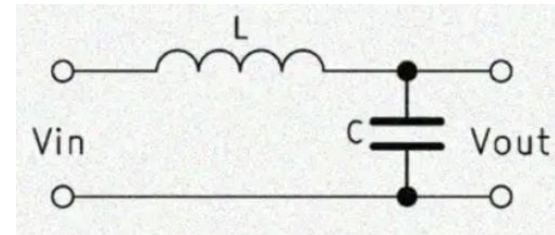
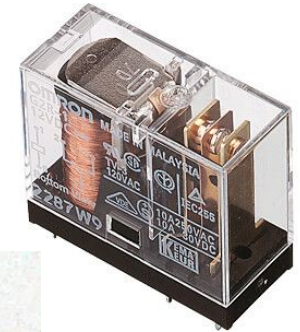
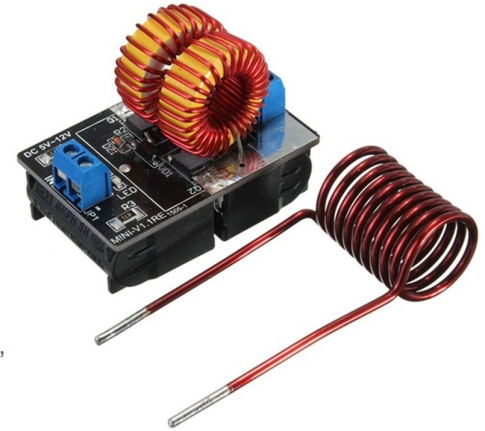
Spoel en relais

- Spoel

- kan, net als een condensator, energie tijdelijk opslaan
- wekt een magnetisch veld op
- je kunt een hoog-doorlaat of laag-doorlaat filter maken met een spoel, net als met een condensator
- of een 'band' filter met de combinatie spoel+condensator.
- als er stroom loopt door een spoel en je onderbreekt die plotseling, dan zal de spoel 'protesteren' door een hoge spanningspiek af te geven
- Als je twee (of meer) spoelen magnetisch combineert heb je een transformator gemaakt

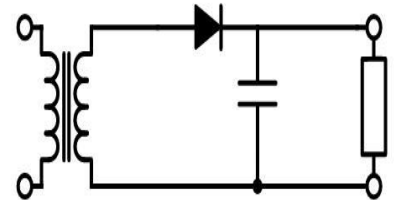
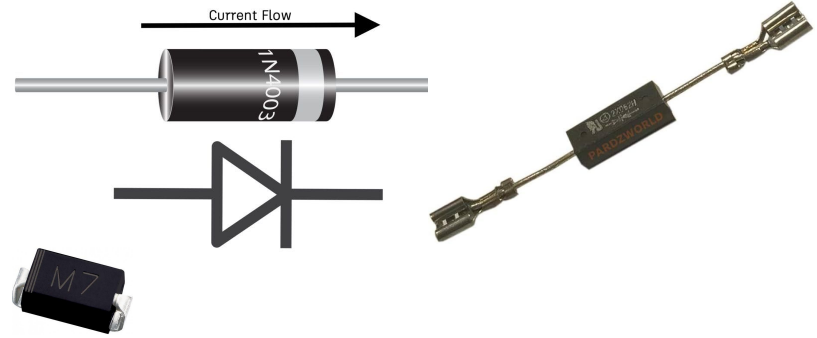
- Relais

- met een lage spanning kun je een hoge spanning of stroom schakelen
- er zit een spoel in het relais, die door een magnetisch veld contacten opent of sluit
- normally on, normally off
- contacten kunnen verslijten door oa vonkvorming en oxidatie
- als de stroom in de stuurspoel van een relais wordt onderbroken, dan ...
- en daar kan de omringende electronica slecht tegen. Daarom is meestal een 'blus' diode of een 'snubber' netwerkje aanwezig

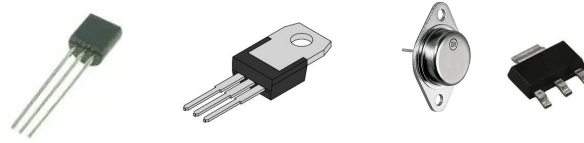


Diode

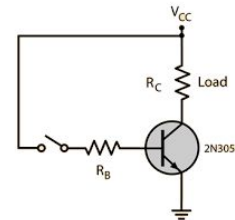
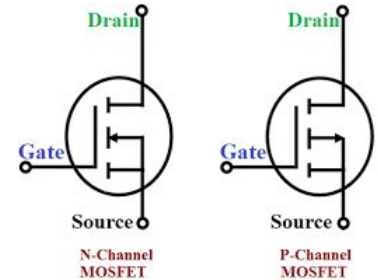
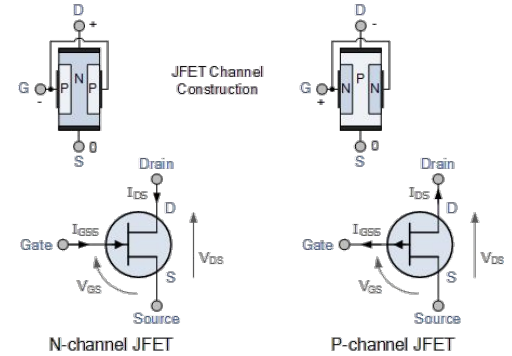
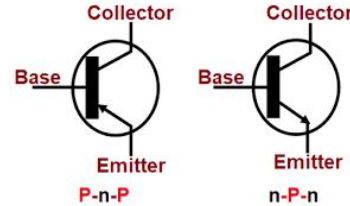
- is (bijna) de simpelste halfgeleider
- max sperspanning
- doorlaatspanning
- brugcel
- foutmechanismen
 - te hoge stroom -> ladingdragers worden losgeslagen
 - te hoge temperatuur
 - te hoge 'tik' van sperspanning gekregen
- schottky (schakelende voedingen)
- zenerdiode
- LED (hogere doorlaatspanning, afhankelijk van kleur)



Transistoren



- Voornaamste gebruik
 - als een versterker van spanning of stroom
 - als een elektronische schakelaar
- Verschillende technologieën:
 - BJT (PNP en NPN), J-FET, MOS-FET
- Drie pootjes
 - een pootje is de 'ingang', de andere twee pootjes zijn de 'uitgang'.
 - in een BJT zitten twee dioden, in een J-FET een, in een MOSFET twee.
 - J-FET en MOS-FET subtypen:
 - P-channel en N-channel
 - MOS-FET subtypen:
 - enhancement en depletion mode



Transistoren - foutmechanismen

- Foutmechanismen:

- te hoge stroom -> ladingdragers worden losgeslagen
- te hoge temperatuur
- te hoge 'tik' van spanning of stroom gekregen
- in radicale gevallen springt er een stuk uit de behuizing

- Grootte:

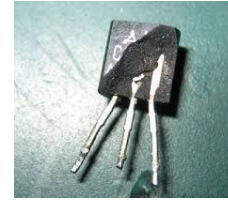
- Vermogens transistoren (BJT/J-FET/MOS-FET) raken meestal kortgesloten als ze defect zijn
- Signaal transistoren raken ofwel onderbroken, ofwel kortgesloten
- Voor zowel vermogens- als signaal- transistoren kan het defect ook enkel zijn dat de versterkingsfactor is aangetast.

- BJT testen

- In circuit: gebruik multimeter. Controleer of emitter<->collector oneindige weerstand heeft. Controleer doorlaat & sper spanning tussen basis<->collector en basis<->emitter.
- Out-of-circuit: speciaal meetapparaatje (multi-function component tester)

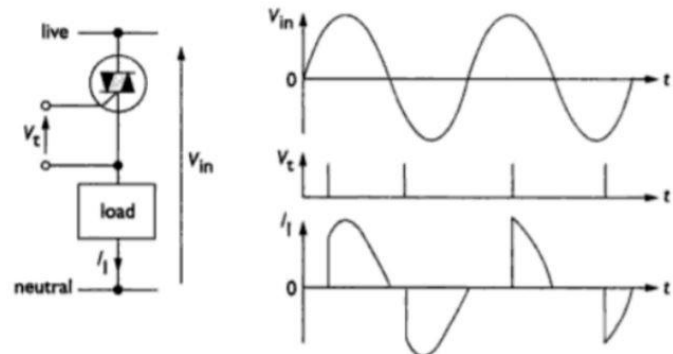
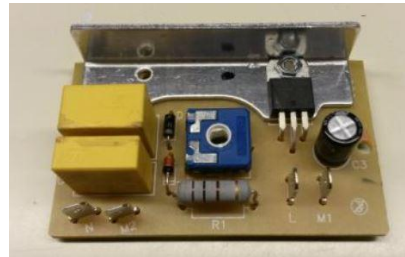
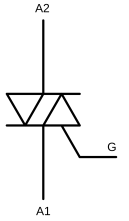
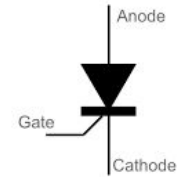
- MOS-FET testen

- In circuit: gebruik multimeter. Controleer of de substraatdiode van de MOSFET meetbaar is (drempelspanning rond 0,5 of 0,6 V) tussen substraat->drain en substraat->source, en of de gate geïsoleerd is van de andere twee pinnen. Controleer, bij enhancement mode, of drain<->source oneindige weerstand heeft.
- Out-of-circuit: speciaal meetapparaatje (multi-function component tester)



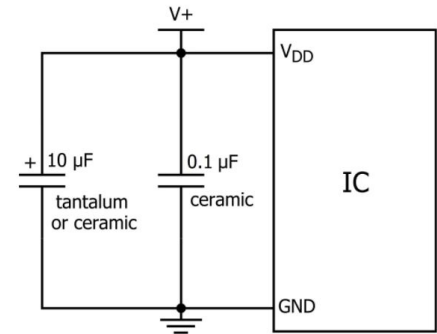
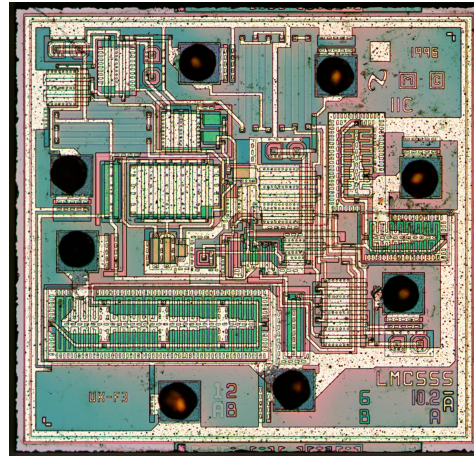
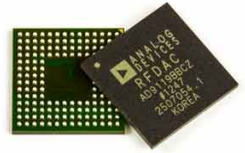
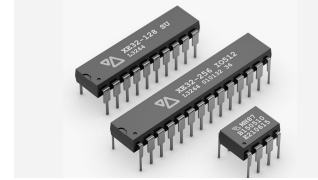
Triacs en thyristoren

- Gebruik: bv in dimmer en motorregeling stofzuiger
- Drie pootjes
- Kan goedkoop hoge spanning/stroom schakelen zonder veel warmte te produceren
- Triac schakelt in bij gate puls en automatisch uitschakelt op stroom nuldoorgang
- Reparatie hack: Anode en Kathode doorverbinden

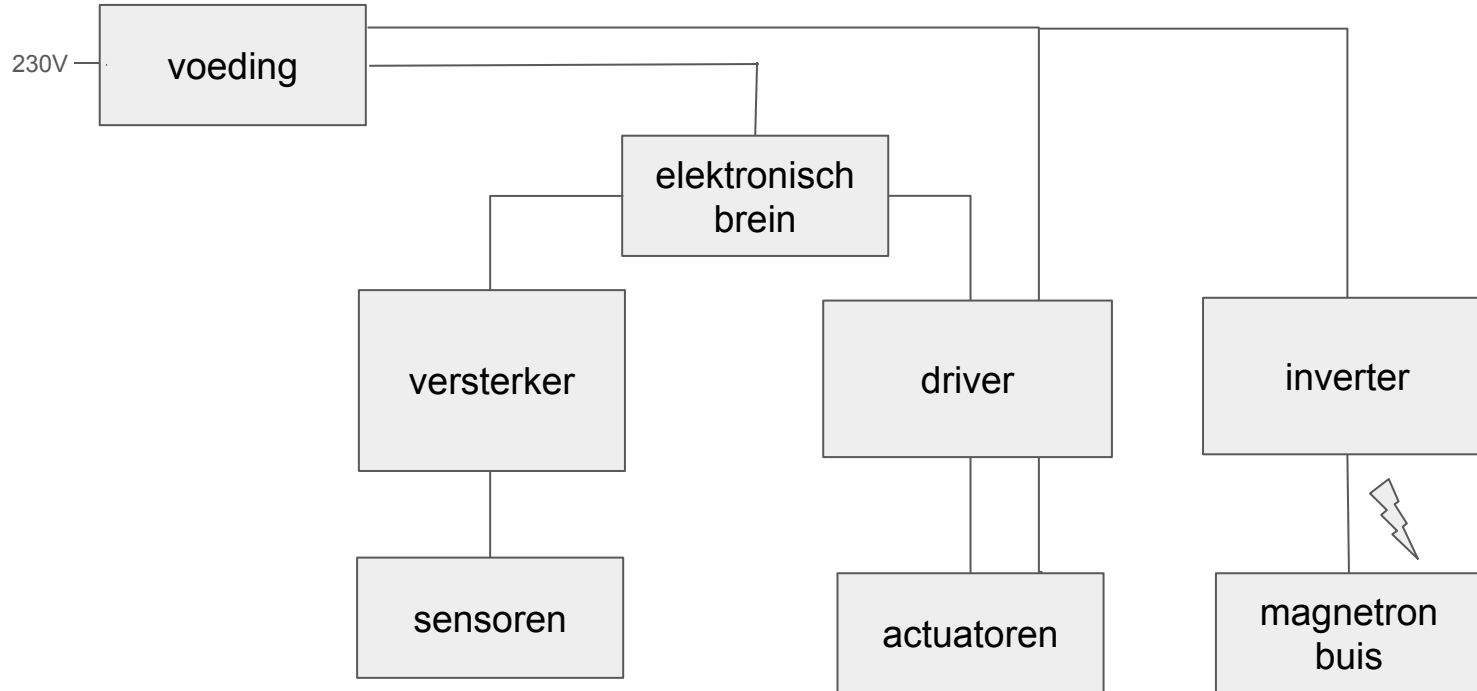


IC's (integrated circuits)

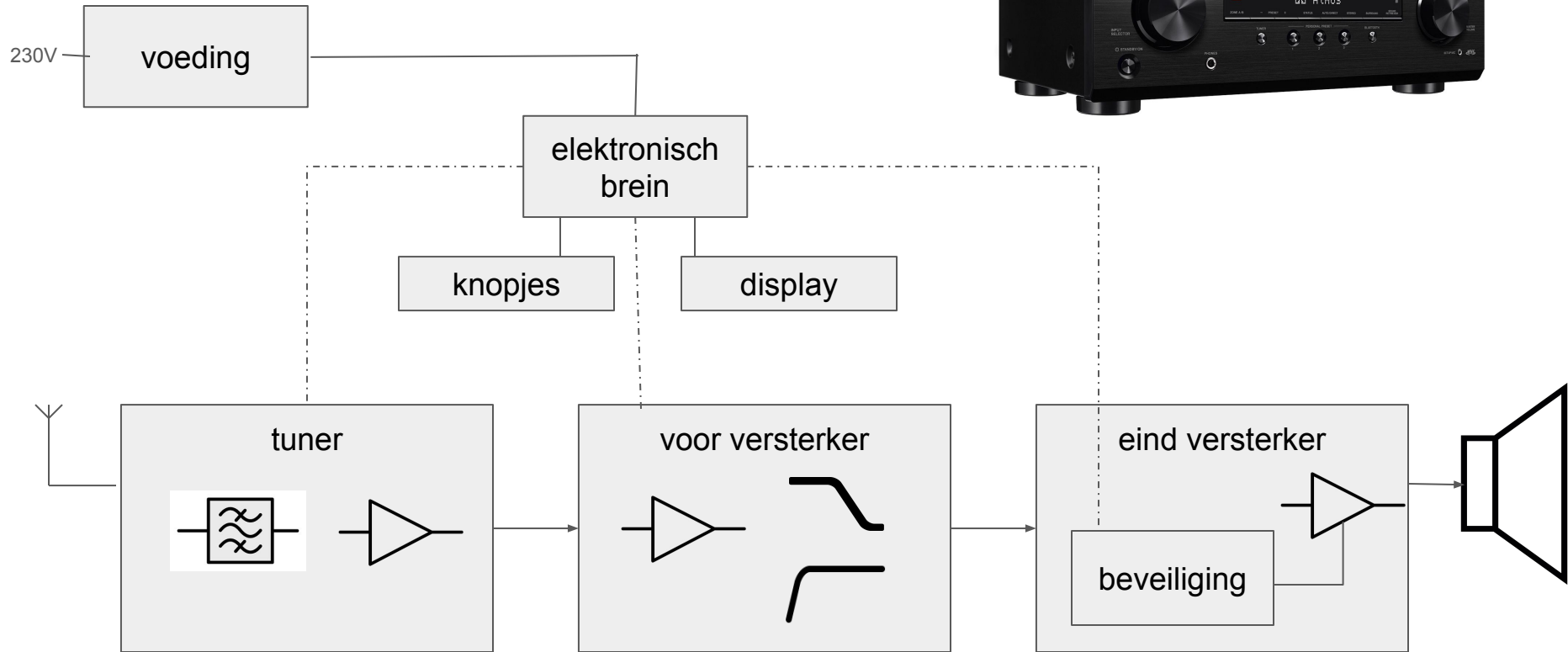
- Zwarte rechthoekjes met veel pinnetjes
- Komen in vele soorten en maten
- Voorbeelden: Microcontroller, SMPS driver (schakelende voeding)
- Analooq en digitaal
- Opamp
- (Toon een wafer)
- Datasheets op internet



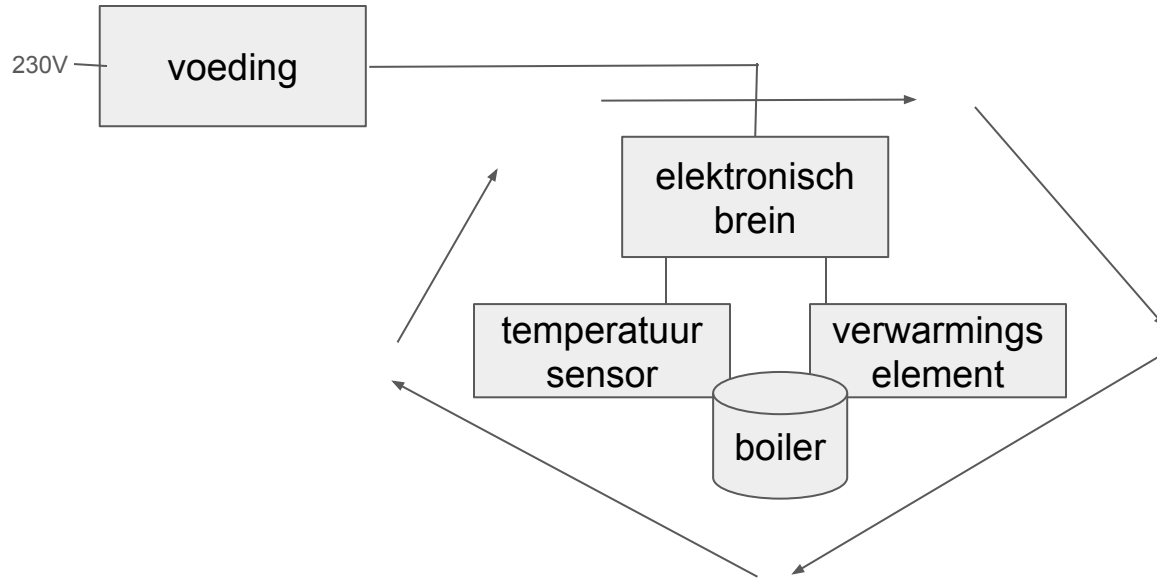
Espresso apparaat Magnetron



Receiver



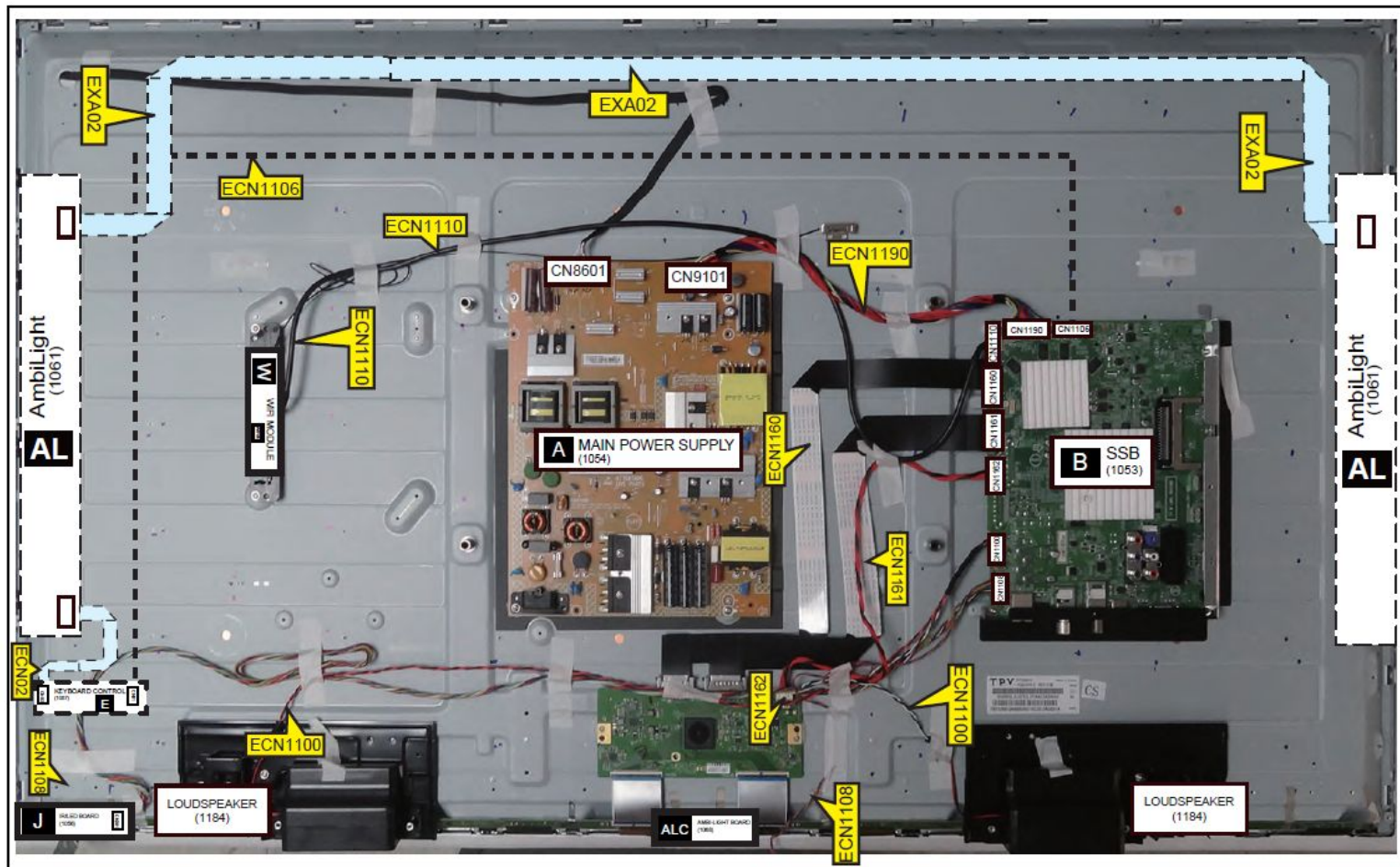
Meet & regel techniek (feedback)



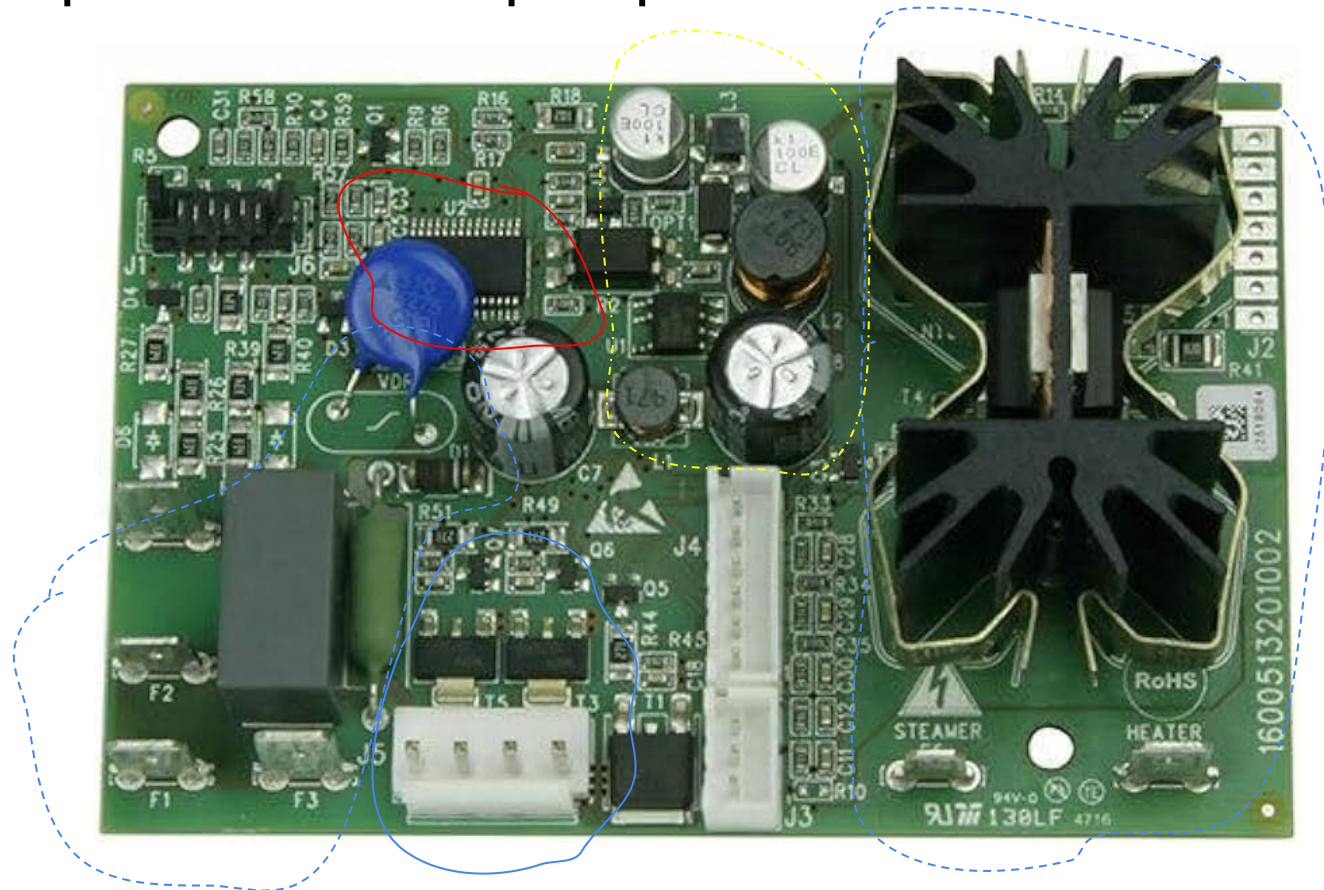
Wat zou er gebeuren als de temp sensor defect is en altijd 20C meet ?

En wat als hij altijd 200C meet ?

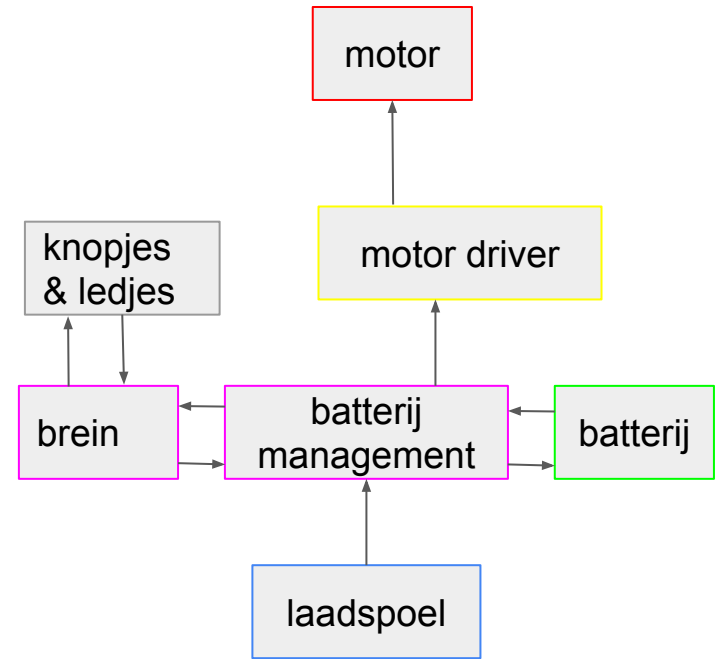
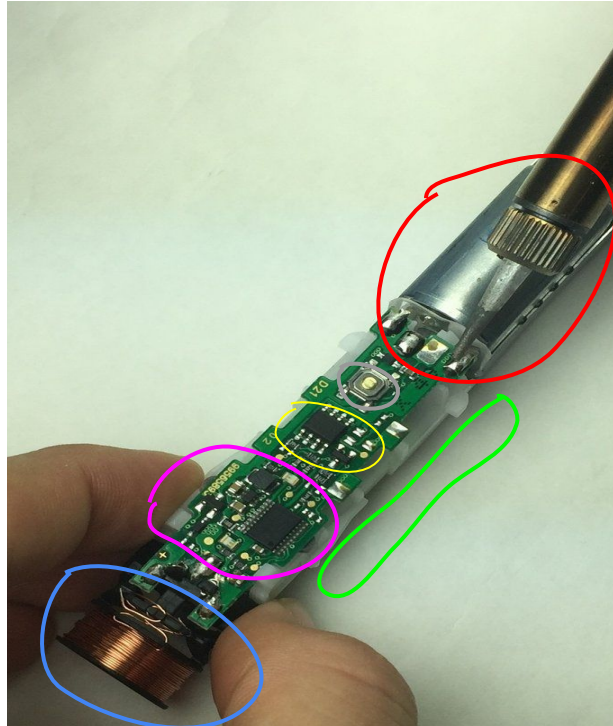
En wat als het verwarmingselement defect is ?



Nespresso EN500 printplaat



Oral-B White Pro 1000 tandenborstel



Bouw een verwachting op voor een goed werkend apparaat

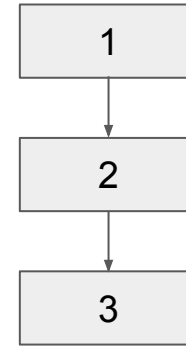
Bijvoorbeeld bij een CD speler:

- eerst wordt het laatje naar binnen getrokken
- daarna beweegt de laser naar het centrum
- daarna probeert de laser scherp te stellen
- daarna gaat de CD draaien

Of een koffiezet apparaat:

- eerst gaat de boiler opwarmen
- daarna gaat de pomp lopen

Als je nu een apparaat repareert, dan herken je dankzij je ervaring wanneer het gedrag begint af te wijken van de verwachting. Dat geeft een indicatie in welke richting het probleem zit.



Waardoor gaat elektronica stuk ?

- **Veroudering**
 - van elco's
 - van halfgeleiders
 - thermische cycling
 - 'gele lijm' die verhardt tot een bruine geleidende massa
- **Mechanische overbelasting (bv een val)**
 - losgescheurde connector
 - haarscheurtjes in soldeerverbindingen
- **Elektrische overbelasting**
 - Bv door een spanningspiek op het net
 - Of door een mechaniek dat zwaar is gaan lopen
- **Thermische overbelasting**
 - Bv: apparaat kan zijn warmte niet kwijt
 - Stelregel: iedere 10 graden warmer is een halvering van de levensduur
- **Vocht**
 - Kan kortsluiting veroorzaken
- **Corrosie en mechanische slijtage**
 - Bv van schakelaars, potmeters, printplaat

Thermische 'cycling'

- Apparaat warmt op als ie aan wordt gezet, en koelt weer af na uitzetten
- Materiaal zet uit bij opwarmen en krimpt bij afkoelen
- Als dit maar genoeg wordt herhaald kunnen er problemen ontstaan
 - haarscheurtjes in soldeerverbindingen (vaak te klein om met het blote oog te zien). Verergerd met de introductie van loodvrij soldeer.
 - halfgeleiders die stuk gaan
- Onderdelen aanraken tijdens bedrijf
- Nasolderen met flux, vooral van de zwaardere onderdelen



Veiligheid

- Een 100W gloeilamp als stroombegrenzer is aan te raden bij apparaten die niet zoveel stroom trekken.
- Gebruik een scheidingstransformator indien voorhanden.
- Gebruik isolerende handschoenen (bv latex) indien nodig.
- Pas op met de primaire elco's in schakelende voedingen, die kunnen tot 340V zijn opgeladen. Ontlaad nooit dmv kortsluiting, maar met behulp van een vermogensweerstand van een paar Ohm.
- Sommige magnetrons en ouderwetse kleurentelevisies kunnen spanningen tot wel 15000 Volt bevatten, lang nadat de stekker uit het stopcontact is getrokken.
- Tin/lood soldeerdampen zijn niet gezond, dus hang er niet direct boven.
 - Hetzelfde voor spuitbussen koudespray en perslucht.



Elektronica reparatie tips (1/3)

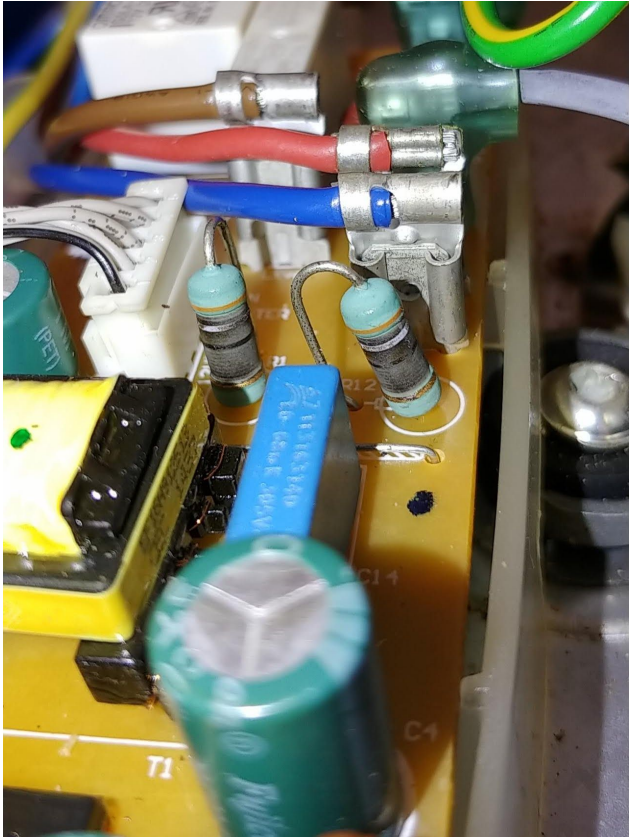
- Stel de eigenaar altijd vragen. Bv: ontstond het defect geleidelijk? Is het apparaat gevallen of met vocht in contact gekomen? Treedt de fout altijd op? Of soms?
- Een meter die continue de netstroom in de gaten houdt is handig.
- Repliceer het defect dat de eigenaar meldt. Ga niet af op enkel zijn/haar verhaal.
- Rommel met het apparaat en let goed op geluid, lichtjes, stroomopname, display met foutcode. Beweeg vooral schakelaars en potmeters. Gebruik contactspray indien nodig.
- Werkt het apparaat als het koud is en stopt het na het opwarmen? Of omgekeerd? Koudespray / Föhn.
- Gebruik je ogen. Speur board af op zoek naar bolle elco's, geblakerde of loszittende onderdelen, slechte soldeerverbindingen, bruin geworden gele lijm. Om soldeerverbindingen te controleren en de printplaat te inspecteren op defecten, is een klein vergrootglas met voldoende vergroting aan te raden.
- Gebruik je handen. Raak onderdelen aan terwijl apparaat is ingeschakeld en merk of dat een effect heeft. Heeft zachtjes kloppen of schudden invloed op de werking? Bijvoorbeeld: connectoren. Voel of er onderdelen (te) warm worden. Let wel op je eigen veiligheid.
- Gebruik je oren. Schud met het apparaat en let op rare geluiden. Let op het al dan niet klikken van relais. Let op de geluiden die het apparaat maakt bij inschakelen.
- Gebruik je neus. Verbrande electronica heeft een kenmerkende geur.
- Gebruik scherpe stiften aan je multimeter om de oxidelaag op soldeerverbindingen te doorbreken, anders doe je geen betrouwbare meting. Ook handig om door een passivatielaag te prikken.
- Check de simpele zaken eerst:
 - voedingslijnen met een multimeter of oscilloscoop. Soms zijn er testpunten; anders kun je de spanning over de elektrolytische condensatoren meten.
 - zekeringen, printzekeringen, thermische zekeringen

Elektronica reparatie tips (2/3)

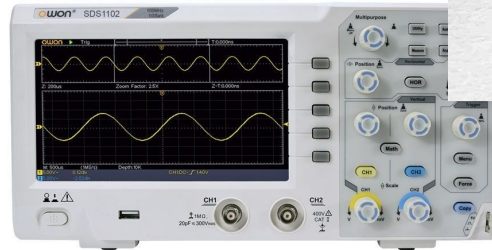
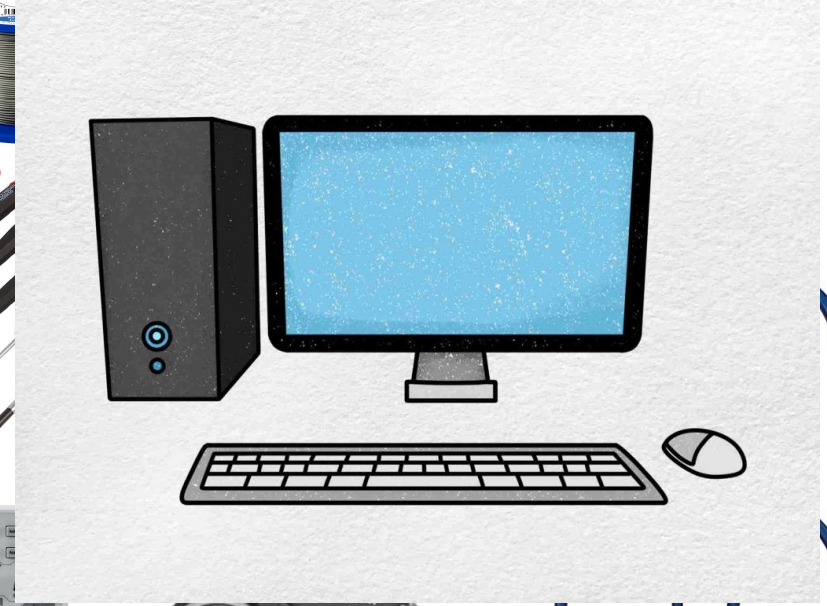
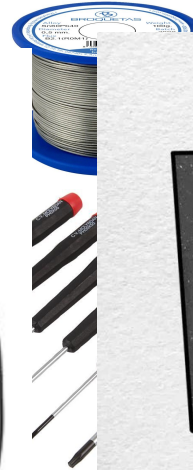
- Apparaten hebben vaak een 'typisch' elektronisch defect. Google hiernaar.
- Probeer functieblokken te herkennen. Voeding, bediening, digitale besturingssectie, analoge sectie, eventuele drivers etc. Probeer te beredeneren waar eventuele fouten kunnen zitten.
- Maak veel foto's gedurende demontage, zodat je weet hoe de zaak in elkaar steekt
- Gebruik permanent markers in verschillende kleuren om connectors en kabels te markeren
- Probeer aan een 'service manual' te geraken. Bv via elektrotanya.com.
- Meet altijd eerst op connector niveau, voordat je 'in' een PCB zelf (dus op circuit niveau) duikt.
- Je kunt soms connectoren lostrekken om het probleem te isoleren.
- Soms is het sneller om de hele printplaat te vervangen ipv het defecte onderdeel te zoeken.
- Als je er tijdens het RC niet uitkomt, dan kun je als je de fout hebt teruggebracht tot een printplaat, die printplaat mee naar huis nemen om verder te testen (dat is handiger dan het hele apparaat).
- Sommige elektronica (oa CD spelers) kunnen in een diagnostische mode worden gezet, hetgeen foutzoeken vergemakkelijkt.

Elektronica reparatie tips (3/3)

- Kies een richting van werken: ofwel met de stroom (energie of informatie) mee, ofwel tegen de stroom in. Van ingang naar uitgang of andersom.
- Schakelende voedingen hebben een minimale belasting nodig om te kunnen functioneren.
- Als de voeding OK is, check dan of de functieblokken die je tegenkomt ook voeding krijgen door de spanningen op de voedingsaansluitingen van IC's en microcontrollers te meten.
 - Datasheets en ervaring vertellen je op welke pinnummers je moet letten.
 - Als de spanning 0V is, controleer dan met een ohmmeter of de voedingspin is kortgesloten met massa. Als dat zo is, zoek dan naar de kortsluiting.
 - Als dat niet het geval is, zoek dan stroomopwaarts om uit te vinden waarom het IC geen voeding krijgt.
- Bij verdenking van een component kan het helpen om een pootje los te solderen om zodoende invloed van het omringende circuit uit te kunnen sluiten.
- Gebruik loodhoudend soldeer bij reparaties, en probeer loodhoudend en loodvrij soldeer niet te mengen.
- Om bv gelekt elektrolyt uit elco's of batterijen te verwijderen, is het handig een glasvezelborsteltje te hebben. Gebruik citroenzuur om het loog te neutraliseren.
- Infrarood LEDs kun je 'zien' mbv de camera op een telefoon.
- Neem af en toe een apparaat mee om dat thuis te repareren, daar leer je een hoop van. Thuis heb je de tijd, kun je hulplijnen (fora) raadplegen, heb je een groot beeldscherm.
- WD40 hoeft *geen* contactspray te zijn. Er moet echt 'contactspray' op de spuitbus staan.



Gereedschap voor elektronica reparatie



Vervolg

Wet van Ohm: <https://www.youtube.com/watch?v=KFcYtCYnQd0>

Een schat aan informatie: <https://www.elektormagazine.nl/articles/elektronische-apparatuur-repareren>

Aanbevolen YouTube serie (Engelstalig): <https://www.youtube.com/@LearnElectronicsRepair/videos>

Aanbevolen Nederlandstalig forum: <https://www.circuitsonline.net/forum>

<https://www.elektor.nl/>

<https://www.youtube.com/@Kapottespullen>

<https://verstraten-elektronica.blogspot.com/>

<https://www.do-lebbe.be/Technical/Elektronica/FormulesEenhedenElektronica.pdf>

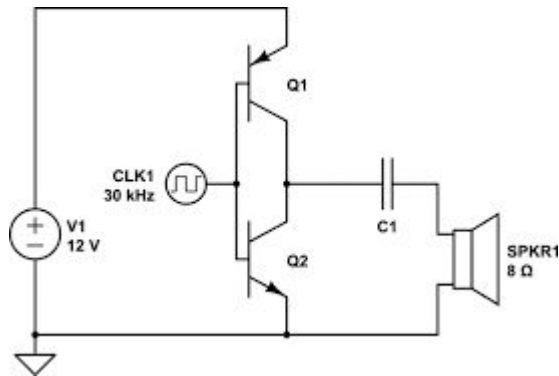
service manuals: <https://elektrotanya.com/>

<https://repaircafe-forum.org/nederlands/index.php>

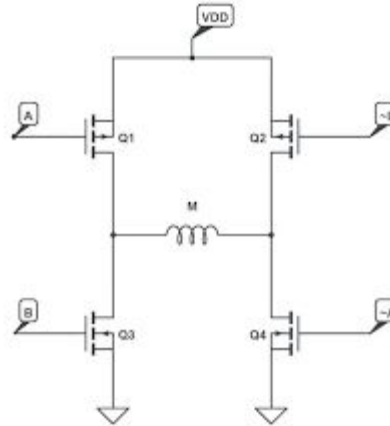
Wat volgt zijn slides mocht de tijd het toelaten

Typische transistor schakelingen

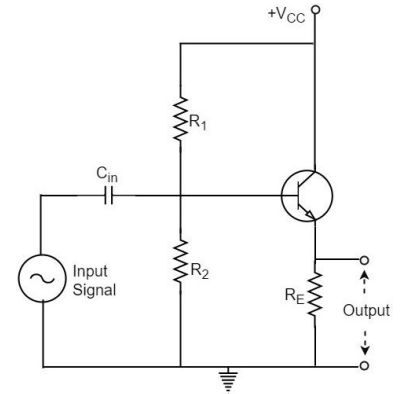
Push-pull



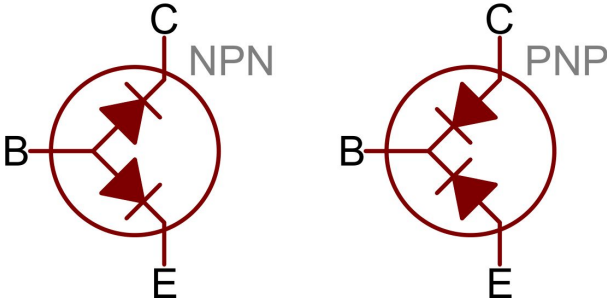
H-bridge



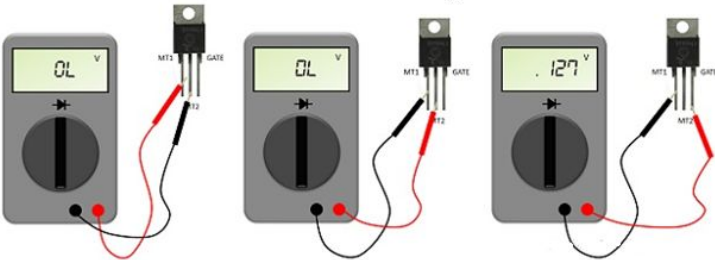
emitter follower
(voltage buffer)



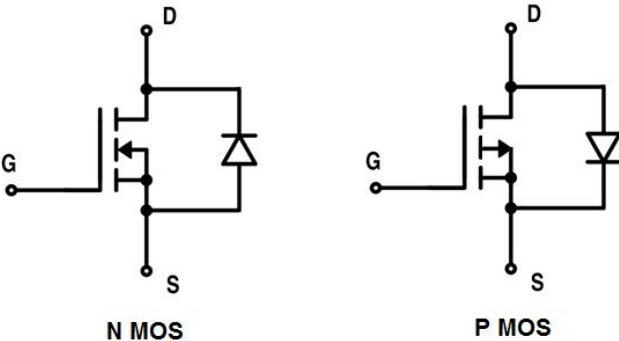
BJT (NPN of PNP) transistor doormeten



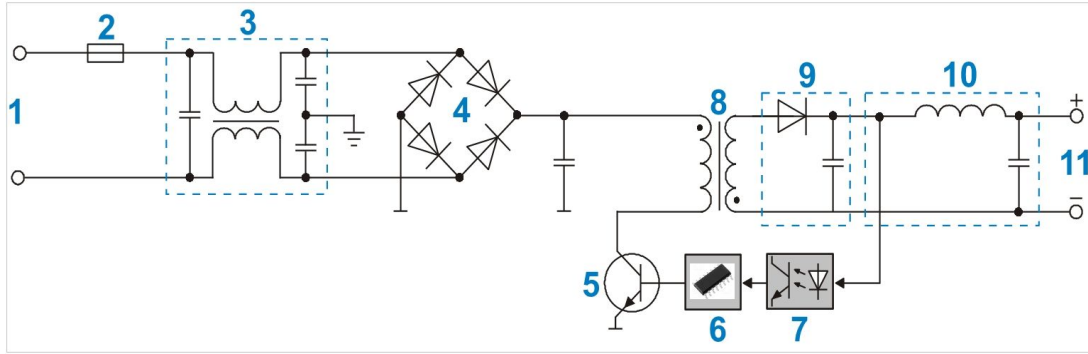
TRIAC doormeten



(enhancement mode) MOSFET doormeten



Voorbeeld schema schakelende voeding



- populair want: minder koper nodig (kleinere transformator)
- feedback, galvanische scheiding, opto-coupler
- vaak is er nog een standby circuit aanwezig

Vorbereiding

Wafer meenemen

PCB's meenemen (kan ik er iets uit laten fikken?)

Weerstanden en batterijen klaarleggen

Condensatoren en transistoren klaarleggen

In-circuit tester opladen + klaarleggen

Capaciteitsmeter opladen + klaarleggen

Regelbare voeding klaarzetten ?