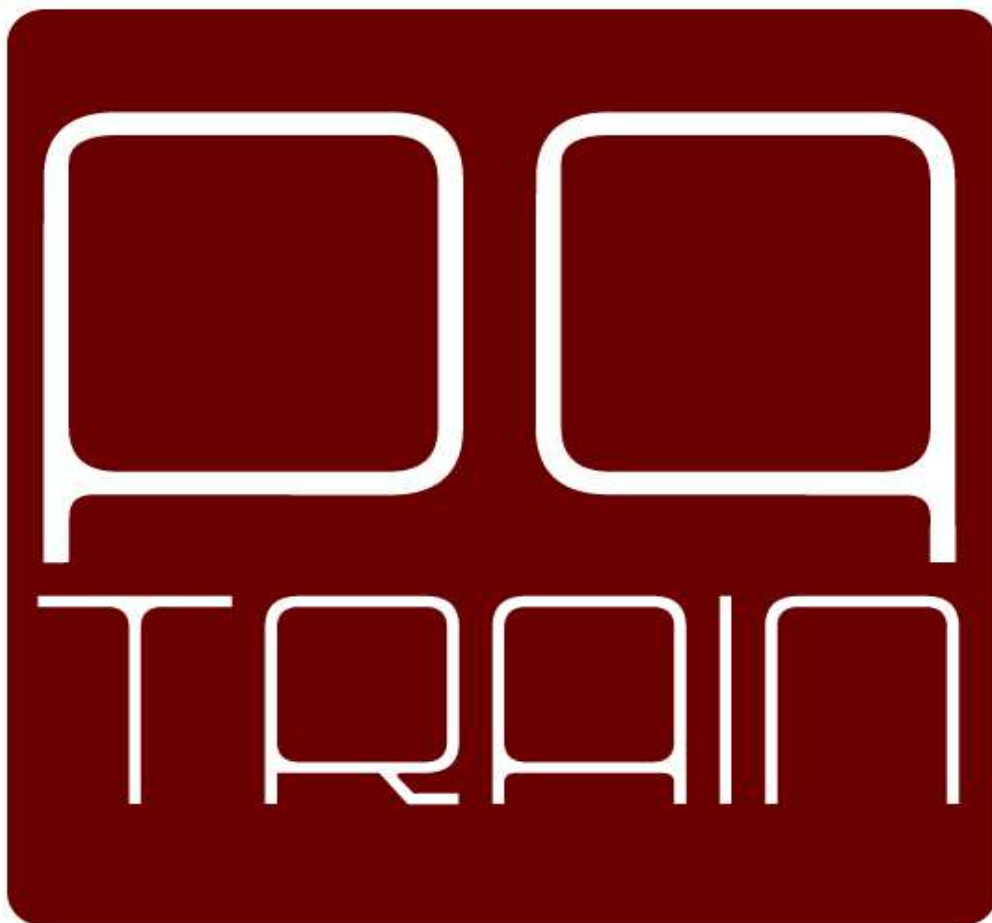




Basis Elektronica

Auteur: Peter Quené
Bedrijf: pqtrain
2019 (versie 1.5)



© pqtrain 2019

Niets in deze uitgave mag zonder de uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van de auteur vermenigvuldigd worden in welke vorm dan ook.

Peter Quené

Eikenwal 26

8076RH Vierhouten

web: www.pqtrain.nl

tel: +31654341575

email: pquene@pqtrain.nl



Auteur: Peter Quené
Bedrijf: pqtrain
2019 (versie 1.5)

Deze modules zijn geschreven als naslagwerk voor de Basis Elektronica training. Hierbij is er van uitgegaan dat de lezers een technische achtergrond hebben maar niet of weinig kennis hebben van elektronica. Er wordt begonnen met algemene kennis over elektriciteit wat de basis is van elke elektronische schakeling. Vervolgens worden de belangrijkste componenten behandeld zoals weerstanden, condensatoren, spoelen en een aantal halfgeleiders zoals de diode, transistor en een aantal IC's. Na een uitleg over de montagemogelijkheden van de diverse componenten op een printplaat nemen we een kijkje in de keuken van de digitale elektronica en techniek.

Na de bespreking van de diverse componenten en coderingen van deze componenten worden er een aantal voorbeelden besproken hoe deze in de dagelijkse praktijk toegepast worden. Tenslotte wordt de grootste vijand van de moderne elektronica behandeld, namelijk ESD (Electro Static Discharge). Als toegift nog een korte uitleg over het Peltier-Seebeck element.

Dit exemplaar geeft een impressie van het pqtrain cursusboek. Naast de inhoud van elke module volgt slechts één pagina uit die module. Dit geeft een idee hoe de diverse onderwerpen uitgelegd worden d.m.v. text, plaatjes en tabellen



3. Basis Elektronica Inhoud

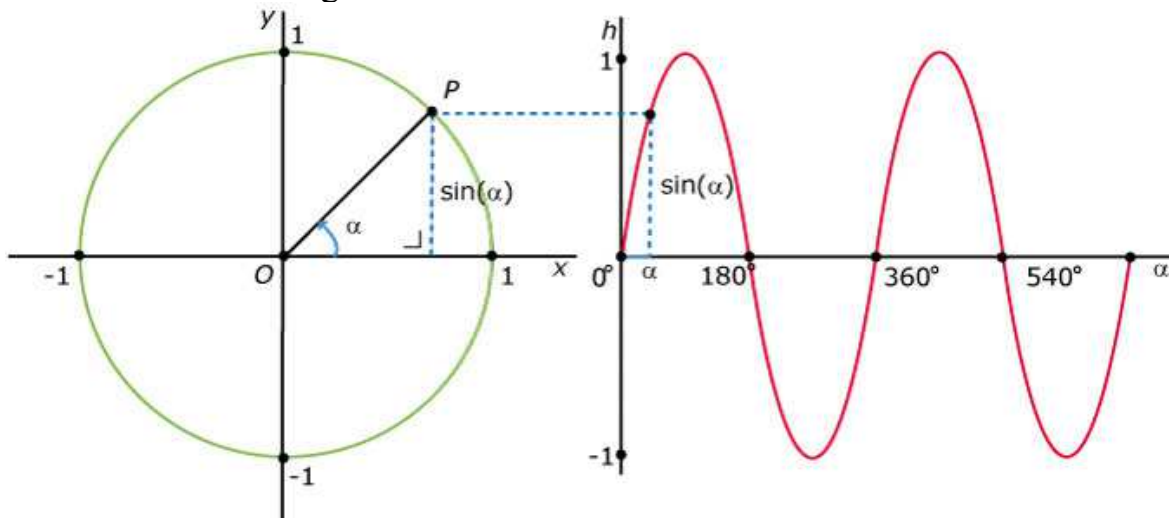
Auteur: Peter Quené
Bedrijf: pqtrain
2019 (versie 1.5)

1. Voorblad
2. Inleiding
3. Inhoud
4. Elektriciteit
5. Wet van Ohm
6. Vermogen
7. Weerstanden en codes
8. Diode
9. Condensator
10. Spoel
11. Transistors
12. IC's – Chips
13. Meer IC's
14. Printplaten – PCB's
15. Introductie digitale elektronica
16. Geheugen
17. Componenten in de praktijk
18. ESD
19. Peltier Seebeck Element
20. Inhoud Onderwerpen Elektronica Basis

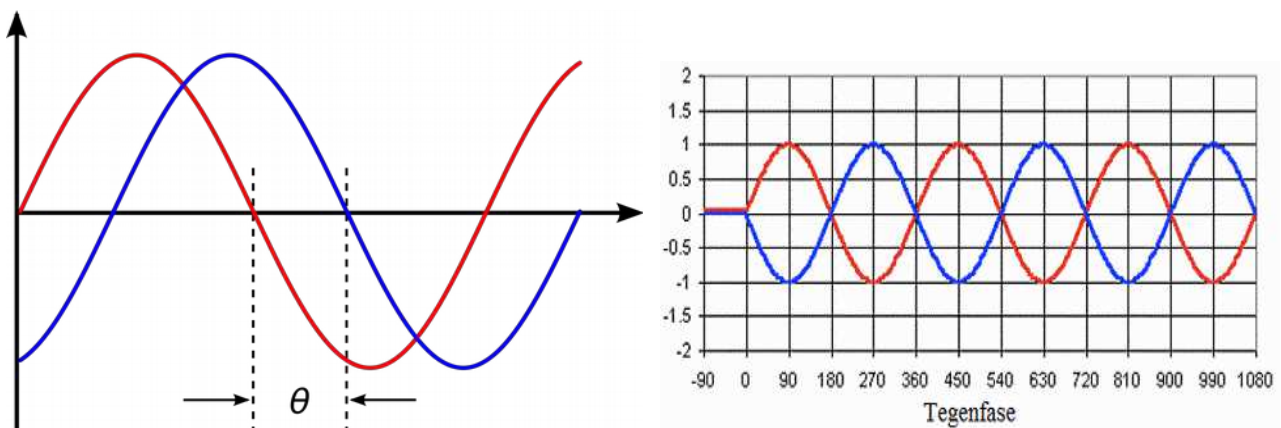


Elektriciteit Spanningsvormen Fase

Een periode van een sinusspanning kunnen we net als bij een cirkel verdelen in 360 kleine stukjes in de tijd. Zo bestaat een enkele periode van een sinusspanning 360Graden. Als dit een symmetrische sinus is (net zo lang positief als negatief dan bestaat elke helft uit 180 graden).



In bovenstaand voorbeeld begint de sinus bij 0. Na 90 graden is de spanning maximaal, op 180graden is hij weer 0 en na 270graden is hij minimaal.

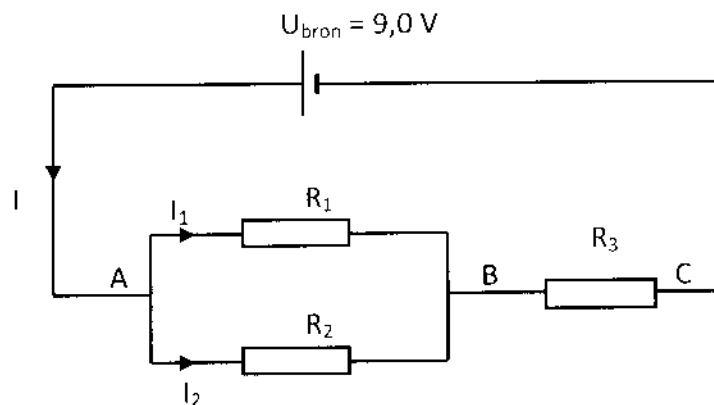


In bovenstaand voorbeeld links zien we twee verschillende sinusspanningen die 90graden in fase zijn verschoven ten opzicht van elkaar. Bij 180 graden verschuiving zijn deze spanningen in “tegenfase” zoals dat genoemd wordt (voorbeeld rechts).



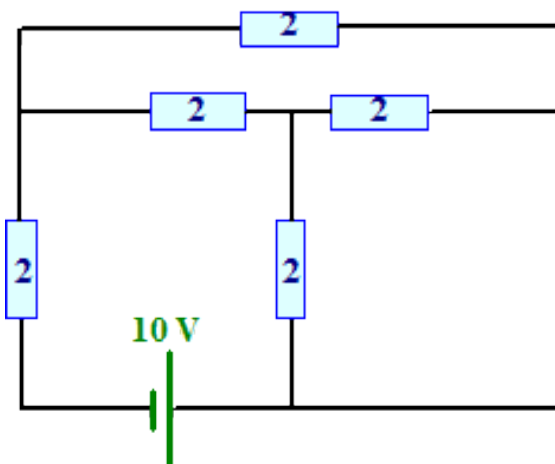
Wet van Ohm en Vervangings Weerstand

Bij een gecombineerde serieel en parallel weerstand schakeling bereken je eerst de R_v gedeeltes die parallel geschakeld zijn. Vervolgens tel je daar de weerstandswaarden die hiermee in serie staan op.

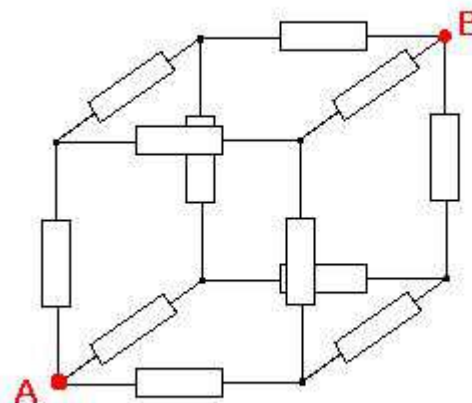


De vervangingsweerstand van R_1 en R_2 gaat volgens de hiervoor beschreven manier. In dat voorbeeld was de R_v 75Ohm. Als R_3 hierboven 100Ohm is dan komt de R_v (totaal) van bovenstaande schakeling uit op $75 + 100 = 175\text{Ohm}$.

Uiteraard zijn er zeer veel mogelijkheden om weerstanden te schakelen waardoor het uitrekenen van de totale vervangingsweerstand in een circuit best complex kan worden. Zie onderstaande voorbeelden



alle weerstanden: 100 ohm



Wat is de weerstand tussen A en B ?



Elektronica en Vermogen.

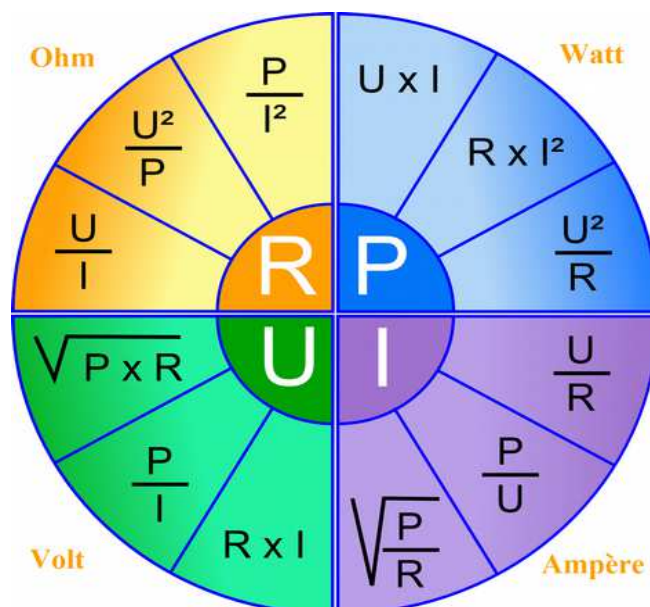
Ongeveer 50 jaar eerder dan Georg Ohm de relatie tussen Spanning Stroom en Weerstand aantoonde $U=I \times R$ hield de schotse ingenieur James Watt zich bezig met de optimalisatie van de in 1712 uitgevonden Stoommachine. Hij was degene die de eenheid van vermogen “PK Paardenkracht” heeft bedacht om de stoommachines te classificeren. Later is er in het internationale standaardisatie systeem voor eenheden (Het SI-Systeem) de eenheid voor vermogen naar hem vernoemd namelijk Watt.

1 Watt=1 Joule/Seconde

Joule is de eenheid voor energie. In de elektronica betekent dit dat het vermogen P (Power) gelijk is aan het product van de spanning en de stroom.

$$P=U \times I$$

Als $U=I \times R$ dan geldt dus ook dat $P=I^2 \times R$ ($P=I \times I \times R$). Hieronder zie je alle wiskundige combinaties voor Spanning, Stroom, Weerstand en Vermogen.





Weerstanden waarden codes

Bij de speciale weerstanden worden de waarden meestal op de behuizingen weergegeven d.m.v. Cijfers bv. 10 Ohm 5watt. Bij de “reguliere” weerstanden is dit wereldwijd geregeld door de EIA (Electronic Industries Alliance) door middel van kleurcodes (3 of 4 ringen). De oorsprong van deze codes is bedacht door de Franse militair ingenieur Charles Renard eind negentiende eeuw om de coderingen voor zeplin touwen te vereenvoudigen. Voor SMD weerstanden bestaan er 3 verschillende coderingen (3 of 4 digits).

De EIA heeft de reguliere weerstandswaarden ingedeeld in een 7 tal reeksen.

E3 E6 E12 E24 E48 E96 E192

Deze reeksen geven aan hoeveel er beschikbaar zijn binnen een decade. Een decade is een tiental bijvoorbeeld alles tussen 1 en 10 of 100 en 1000 maar ook tussen 0,1 en 1 of 0,01 en 0,1.

Voor de reguliere weerstanden worden de reeksen E12, t/m de E192 gebruikt. Voor de E12 en E24 reeks wordt wereldwijd de volgende kleur codering gebruikt om aan te geven wat de weerstandswaarde is.

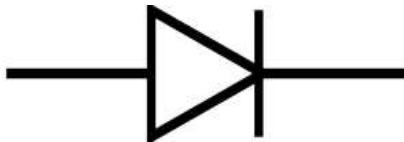
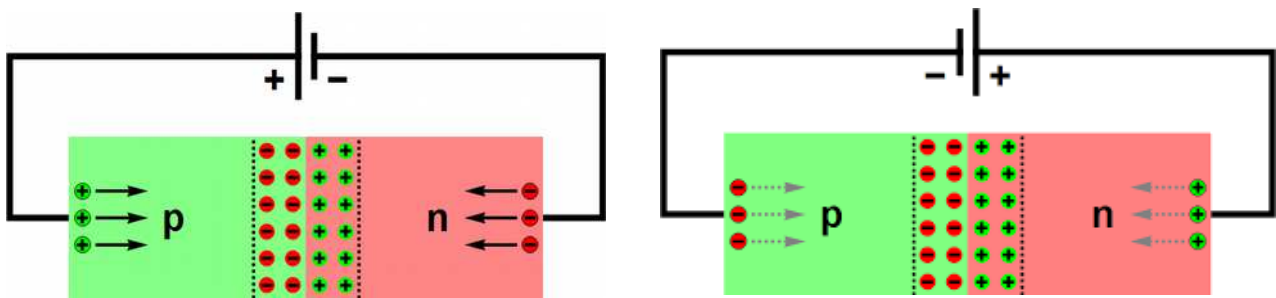
KLEURCODE VAN WEERSTANDEN

KLEUR	1e RING	2e RING	3e RING	MULTIPL.	TOL.
ZWART	0	0	0	.1	
BRUIN	1	1	1	10	± 1%
ROOD	2	2	2	100	± 2%
ORANJE	3	3	3	1k	
GEEL	4	4	4	10k	
GROEN	5	5	5	100k	± 0,5%
BLAUW	6	6	6	1M	± 0,25%
VIOLET	7	7	7	10M	± 0,10%
GRUIS	8	8	8		± 0,05%
WIT	9	9	9		
GOUD				0,1	± 5%
ZILVER				0,01	± 10%
BLANK					± 20%

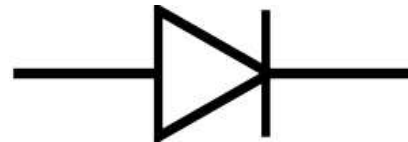


Diode Opbouw

Hoe krijgt men het nu voor elkaar dat een diode de stroom van Anode naar Kathode doorlaat en andersom spert. Men begint met een basis materiaal bv. Silicium in een zeer zuivere (kristallijne) vorm. Aan één kant wordt dit stukje verontreinigd (dotering genoemd) met stikstof, fosfor, arseen of antimoon waardoor er halfgeleidend n-type silicium ontstaat (Kathode). De andere kant wordt verontreinigd met Boor, Aluminium of Gallium waardoor het halfgeleidende p-type silicium ontstaat (Anode).

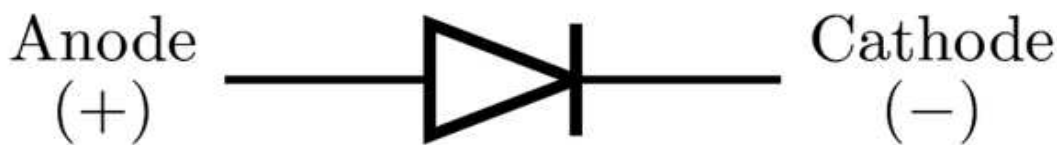


Diode Doorlaat



Diode sper

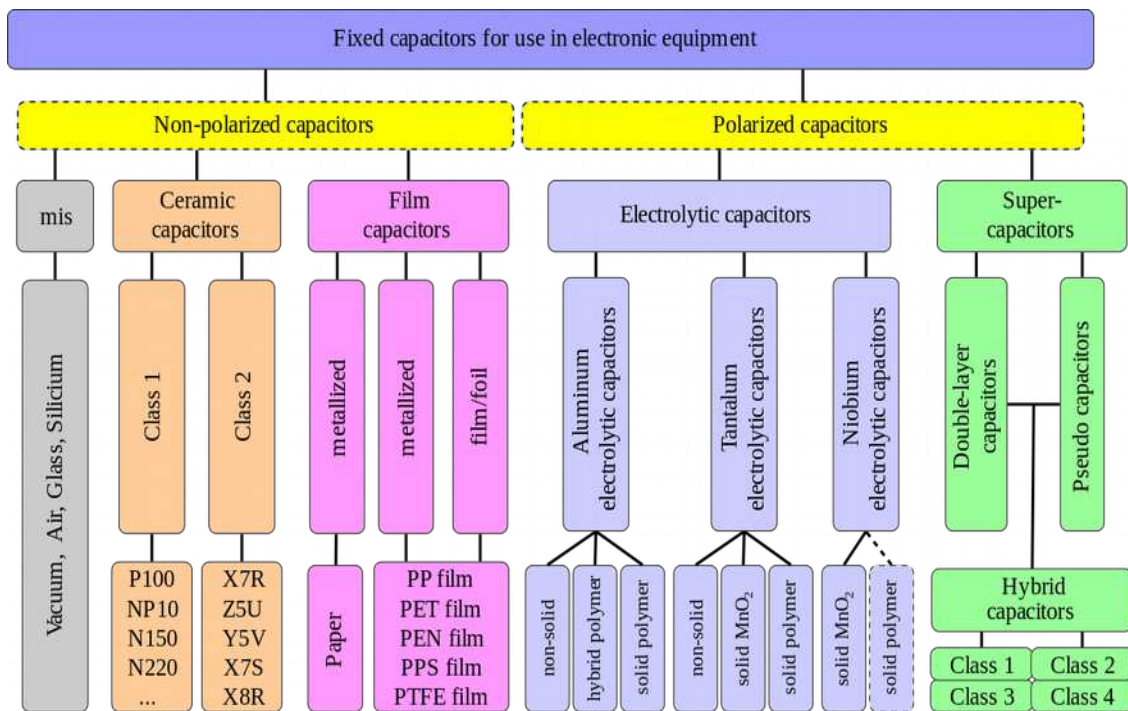
Hierdoor ontstaat er een zogenaamde PN overgang. In doorlaat kan de stroom makkelijk door die overgang, in sper gaat dit bijna niet (+ naar +).





Condensatoren soorten.

Een condensator heeft 2 aansluitingen. We onderscheiden ten eerste 2 hoofdgroepen namelijk de condensatoren met een vaste waarde en de condensatoren die we in kunnen stellen, de variabele condensatoren (Trimmers). Vervolgens kunnen we een indeling maken op niet polariteitsafhankelijke condensatoren (deze kunnen op 2 manieren opgenomen worden in een schakeling en hebben doorgaans een kleine capaciteit) en de polariteit afhankelijke condensatoren (deze hebben een plus en een min aansluiting en hebben een grote capaciteit t.o.v. de eerst genoemde) en kunnen dus maar op één manier gemonteerd worden. Dit laatste type kennen we als de Elektrolytische condensator en supercondensator (zeer hoge capaciteit).



Op dit moment zijn er Super Condensatoren te leveren met een capaciteit tot 3000 Farad in één enkele behuizing. De maximale werkspanning is echter maximaal 3 Volt. Deze supercondensatoren worden dan ook in serie en parallel geschakeld en toegepast in o.a. noodstroom installaties.

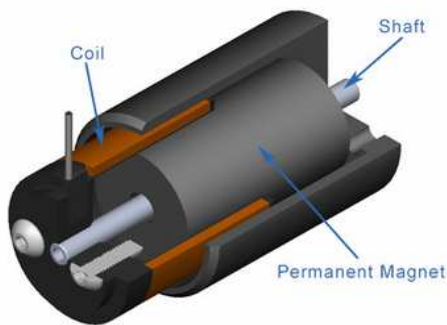




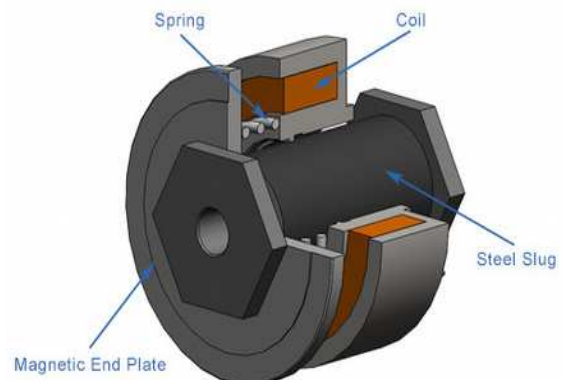
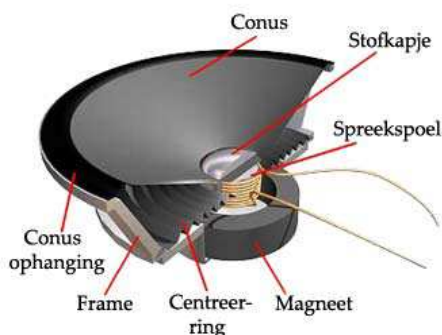
Spoel met bewegende kern

Spoelen met een bewegende kern kunnen we onderverdelen in twee soorten, De actuators en de solenoids. Actuators hebben een bewegende kern die afhankelijk van de stroom naar beide kanten kan bewegen. Een solenoid kan slechts een kant op bewegen en wordt met behulp van een veer in de vorige stand teruggezet.

Actuators kunnen grote uitslagen maken (10cm) met weinig kracht zoals bijvoorbeeld een luidspreker om geluid te produceren. Een solenoid daarentegen maakt kleine bewegingen (1cm) maar kan dat doen met grote kracht zoals bijvoorbeeld industriële ventielen.



Actuator



Solenoid



In het geval van de luidspreker is de kern vastgemaakt en beweegt de spoel heen en weer.

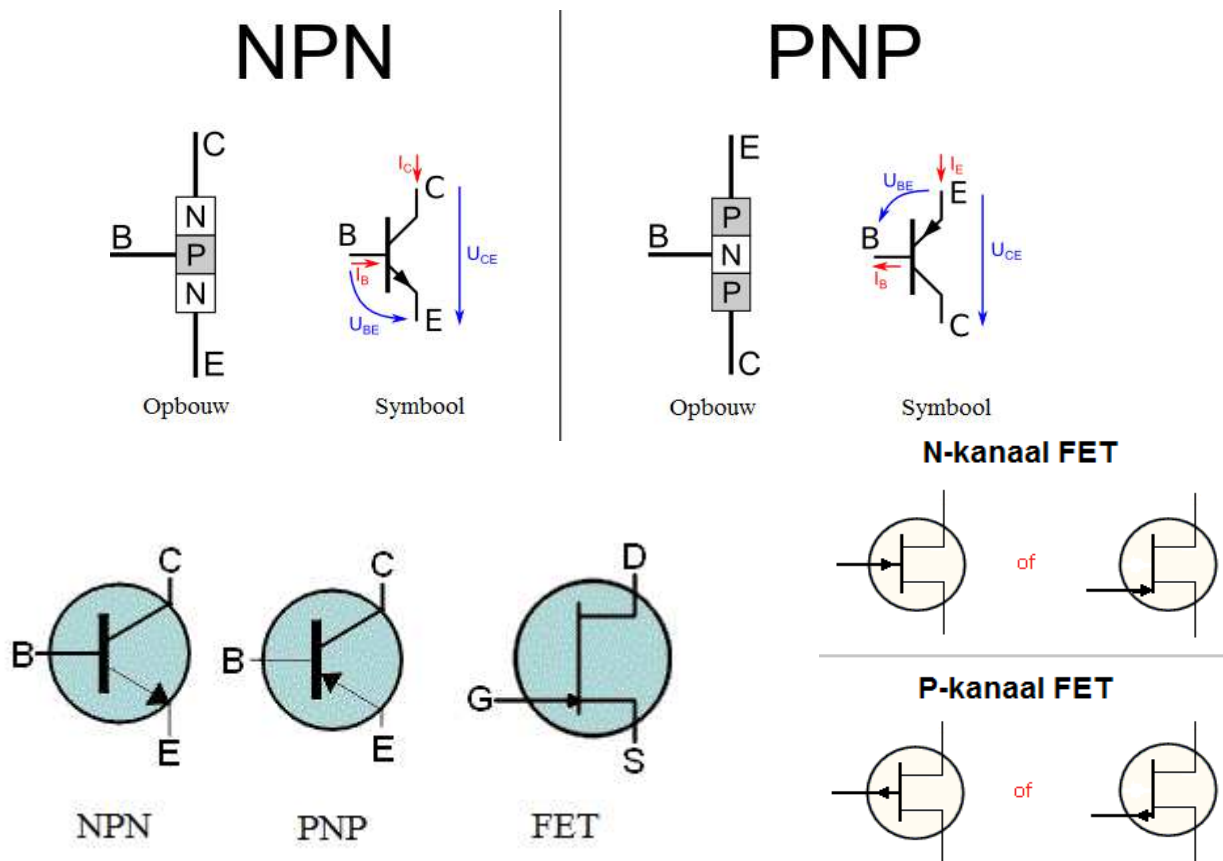


Transistor opbouw

Een transistor heeft drie aansluitingen. De namen van de bipolaire transistors zijn afkomstig van de fysieke opbouw van beide transistors. Bij een diode hebben we te maken met een stuk positief verontreinigd silicium en een stuk negatief verontreinigd silicium die aan elkaar “geplakt” zijn waardoor er een PN overgang ontstaat.

Een NPN transistor is opgebouwd als een diode waarbij aan de P kant een stuk N verontreinigd silicium “geplakt” wordt waarbij er dus een NP overgang en een stukje verder een PN overgang ontstaat. Bij een PNP transistor wordt er een stukje P verontreinigd silicium geplakt aan de N kant. De drie stukjes silicium worden voorzien van een aansluiting en we hebben een transistor.

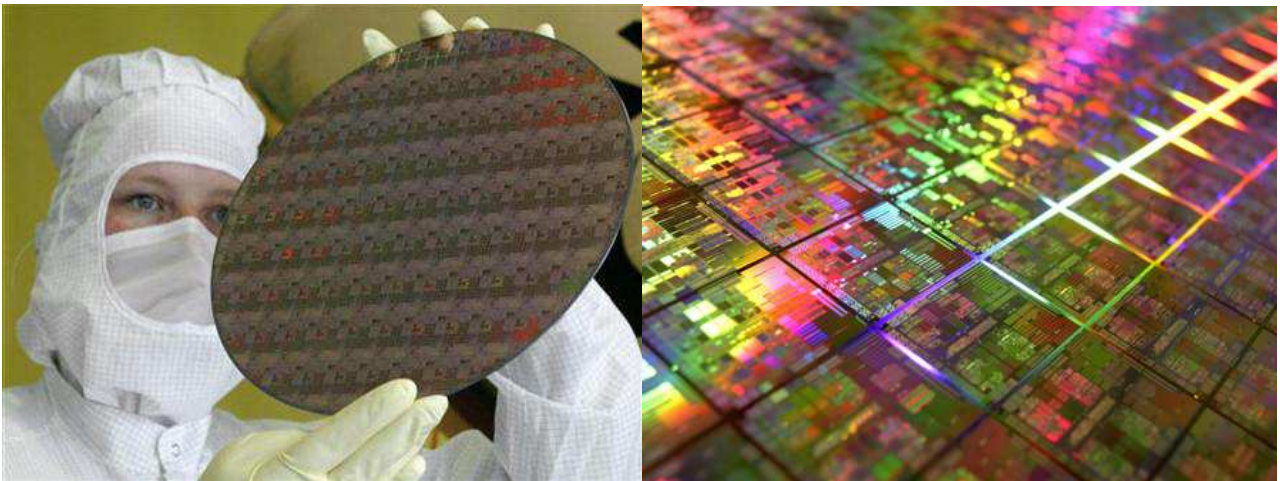
De aansluitingen van deze transistors noemen we (B)asis, (C)ollector en (E)mitter. Naast het basismateriaal silicium bestaan er ook transistors met germanium als basis materiaal. Reguliere standaard transistors worden in de volksmond ook wel aangegeven als TUN of TUP (Transistor Universeel NPN of Transistor Universeel PNP). Hoe de Veldeffect transistor is opgebouwd zal ik later bespreken.





IC's Opbouw

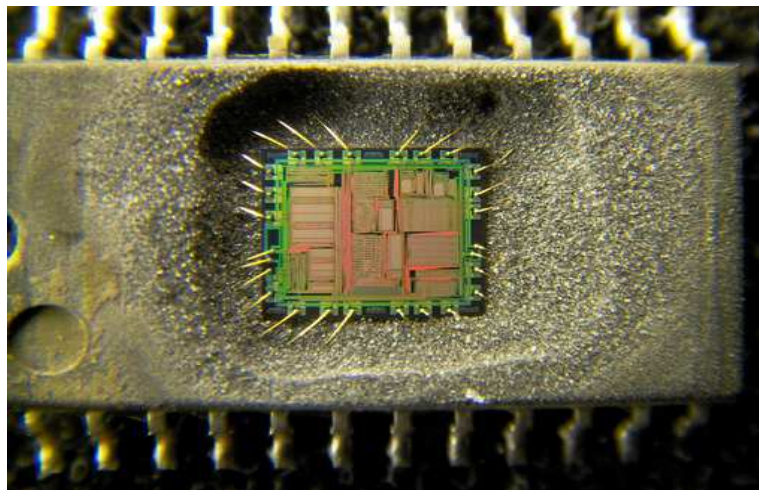
IC's worden uitsluitend machinaal vervaardigd. Een van de wereldmarktleiders op het gebied van machines die chips kunnen maken is ASML uit Veldhoven (Advanced Semiconductors Materials Lithography). Deze machines maken uit grote plakken zuiver silicium (zand) zogenaamde “wafers”. Via een fotografisch proces via lenzen, spiegels en laserprojecties tot wel 40 lagen ontstaan er zo honderden chips per wafer met een doorsnee van 30cm. De naam chip komt dan ook van de naam wafer.



Silicium Wafer in een clean room

Wafer close up

Alle individuele chips worden losgesneden en ondergebracht in een behuizing en voorzien van aansluitpunten om de chip op een printplaat te kunnen monteren.





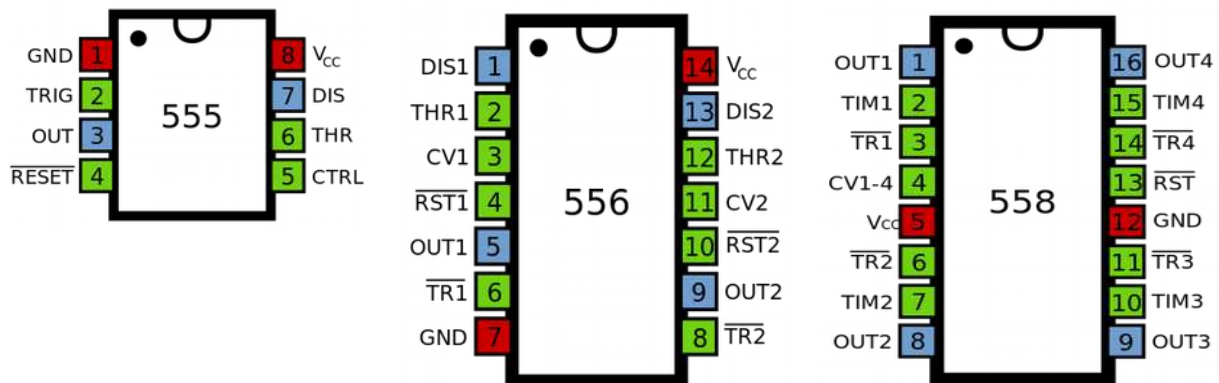
Basis Elektronica NE555

Het populairste IC is naast geheugen IC's wel de NE555. Deze chip kwam in 1971 op de markt en hiervan worden er rond de een miljard stuks per jaar gefabriceerd! Dit IC is ontwikkeld in 1970 door de Zwitserse ingenieur Hans R Camenzind die in dienst was bij Signetics (later Philips, nu NXP).

De schakeling die bestaat uit 23 transistors, 2 diodes en 16 weerstanden is ondergebracht in een 8 pins DIL/DIP behuizing (Dual In Line/Dual In-line Package) of in SMD uitvoering.

Dit IC staat ook wel bekend als het 555 Timer IC. Dit zegt namelijk alles over de toepassing van dit IC namelijk als timer (blokspanningsgenerator). Ook kan deze gebruikt worden als puls en zaagtand generator of zelfs als analoge sinus naar blokspanningsconverter. Er bestaan honderden toepassingen waarin deze chip gebruikt wordt, van een eenvoudig knipperlicht tot ruitenwisser interval schakeling en spelcomputer joysticks of toongenerators.

Naast de 8 pins DIL behuizing zijn er ook behuizingen die meerdere 555 schakelingen bevatten. Deze zijn ook weer in SMD uitvoering te verkrijgen.



1 x 555

2 x 555

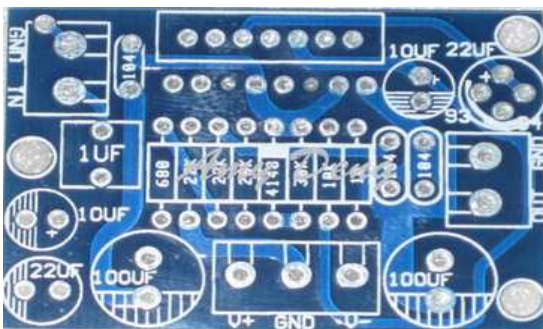
4 x 555

Het bijzondere aan de uitgang van de 555 is dat deze tot 200mA kan verwerken. Hierdoor kan dit IC direct andere elektronica componenten aansturen zonder extra transistor. Tijdens de praktijk van de cursus Elektronica Basis wordt er ook een 555 Timer IC toegepast.

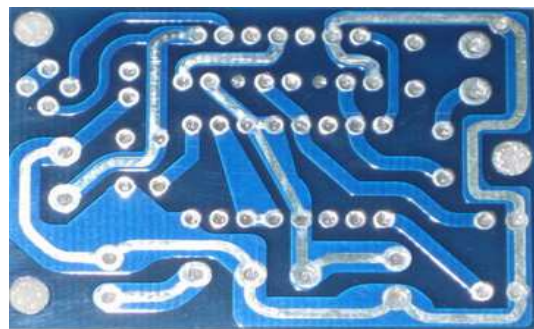


PCB Ontwerp

Soms wordt een lay-out ontwerp zo complex dat men als basis een printplaat met een koperlaagje aan beide zijden gebruikt. Deze wordt nu door 2 verschillende lay-out ontwerpen belicht (een voor de bovenkant en een voor de onderkant). Deze twee lagen worden op de gewenste plaatsen doorverbonden d.m.v. Metalen busjes. Deze busjes worden “doormetaliseringen” genoemd. Dit soort printplaten worden dubbelzijdige PCB's genoemd.

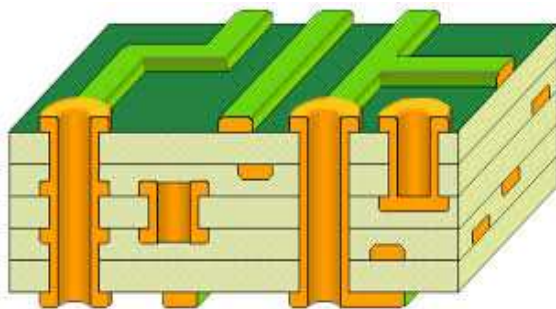


PCB bovenkant



PCB onderkant

In bovenstaand voorbeeld van een dubbelzijdige printplaat zijn beide zijden nog extra behandeld met een laag beschermende lak. Hiervoor is er een masker gebruikt om de verbindingpunten (soldeerpunten) te beschermen. Hierna is de bovenkant nog eens voorzien met een print van de component contouren.



In het ontwerp van zeer complexe schakelingen zoals microcomputers zijn deze twee lagen ook niet voldoende. Zo bestaan er in deze ontwerpen printplaten die bestaan uit wel 26 verschillende koperlagen!! Dit worden “multi-layer” PCB's genoemd.

Bij het ontwerp van een printplaat is het belangrijk rekening te houden met de volgende zaken.

1. Afmetingen van de te monteren componenten (+ koeling montage).
2. Spoorbreedte i.v.m. maximale stroomsterkte
3. Beïnvloeding van onderlinge componenten (hoogfrequent en warmte)
4. Afmetingen van de printplaat t.b.v. kast montage.



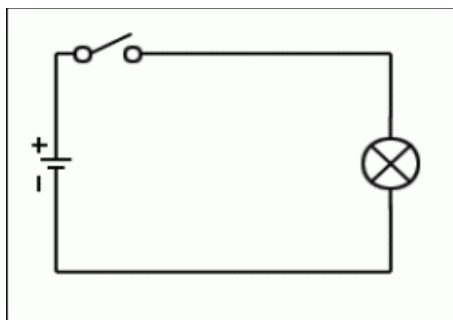
Introductie Digitale Techniek

Bijna alles wat werkt met elektriciteit om ons heen heeft wel iets te maken met digitale elektronica. Of het nu gaat om een computer, telefoon, TV, auto of een koelkast, digitaal is werkelijk overal.

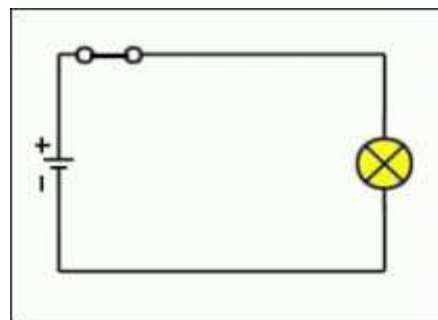
Het woord Digitaal komt van het Latijnse woord voor vinger “digitus” Wij kennen het gezegde “op slechts één hand te tellen”. Digitaal staat dus voor een beperkt aantal mogelijkheden. In de digitale elektronica zijn dit er zelfs maar 2, dit noemen we “binair” oftewel tweetallig. Deze twee toestanden worden in de digitale techniek aangegeven als “0” en “1”. Er worden hierop diverse varianten gebruikt zoals “aan” en “uit” of “waar” en “niet waar”.

Een positie “0” of “1” wordt in de digitale techniek BIT genoemd. Dit is een samentrekking van Binary (Tweetallig) met Digit (Cijferteken). Deze term is bedacht in 1947 door John Tukey, een Amerikaanse statisticus die in 1958 ook het woord “Software” bedacht.

Het simpelste voorbeeld van een digitaal systeem is een schakelaar met een lamp. De input is de schakelaar stand en de output is de status van de lamp.



Uit “0”



Aan “1”

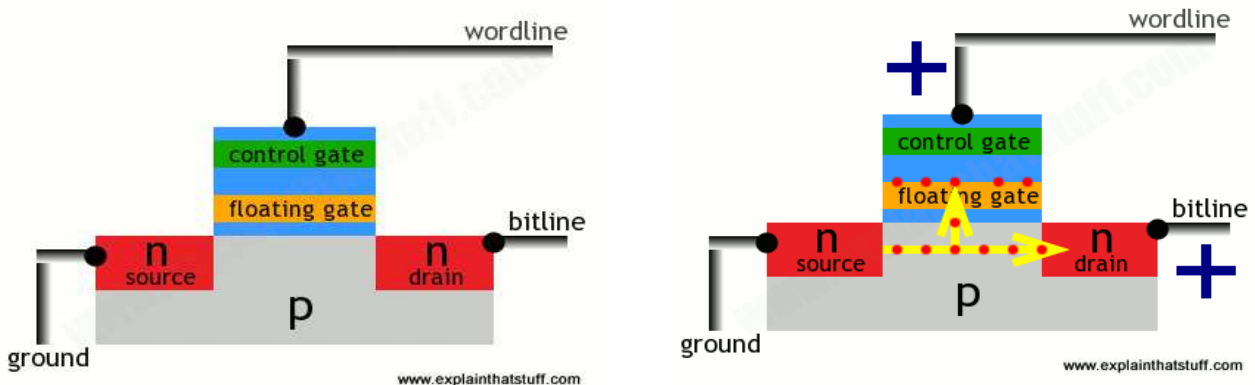
Aan een toestand 0 of 1 ergens in een elektronica schakeling hebben we natuurlijk niets maar de truc van de digitale techniek is om een afspraak te maken over deze toestand 0 of 1. Je kan bijvoorbeeld een afspraak maken met alle bewoners in jouw straat dat als het buitenlicht bij jouw voordeur aan is jij niet thuis bent. Bij digitale circuits gebeurt dit op dezelfde manier maar dan vaak met tientallen, honderden en soms miljarden “lampen” achter elkaar, waardoor er een soort taal ontstaat.



Basis Elektronica Geheugen Flash

Zoals gezegd wordt flash geheugen voor vele doeleinden toegepast, hierom wat extra uitleg over deze technologie. Allereerst is belangrijk te weten dat dit geheugen een beperkt aantal malen te wissen en te beschrijven is (100.000 tot 1000.000). Dit lijkt heel veel maar als opslagdrive in een computer is dit bij regelmatig gebruik voor sommige delen van de drive binnen één jaar bereikt. Bij deze toepassing (SSD) wordt er dan ook extra hardware toegevoegd die voor een dynamische adressering zorgt zodat de geheugencellen gespreid gebruikt worden.

Flash geheugens zijn er in twee soorten als we kijken naar de opbouw. Zo kennen we de NAND en NOR gebaseerde geheugens. Deze cellen zijn opgebouwd rondom de eerder genoemde MOSFET's (Field Effect Transistors). Het principe is als volgt.



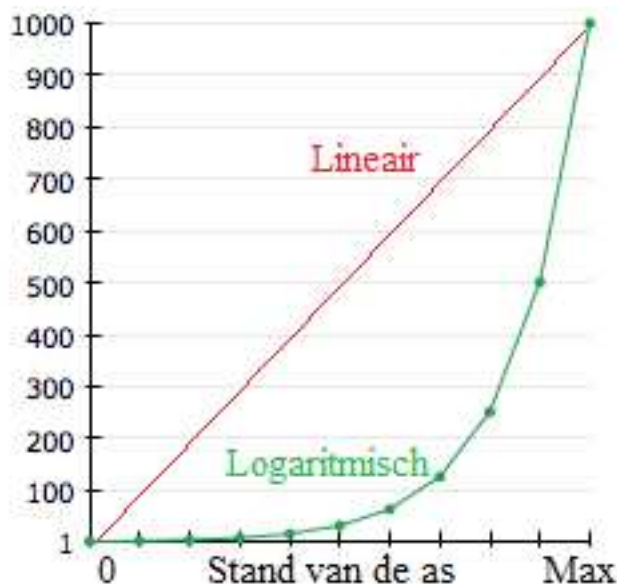
Een cel bestaat uit een MOSFET met 2 gate's op elkaar gestapeld. De control gate is verbonden, de floating gate zit geïsoleerd door een dun laagje metaaloxide (MOS) tussen het source/drain kanaal en de control gate. Door “wordline (gate)” en “bitline (drain)” positief te maken loopt de elektronenstroom van source naar drain. Hierbij wringen er zich ook een aantal door het dunne laagje metaaloxide naar de floating gate. Dit proces wordt “tunneling” genoemd. Halen we nu de spanning van de cel af dan zal de geïsoleerde floating gate de lading vasthouden en dus een “1” opslaan.





Weerstand in de Praktijk variabel

Ten slotte is het belangrijk te weten hoe het gedrag is van een potmeter ten opzichte van de verdraaiing. Dit kan op een lineaire manier gebeuren of op een logaritmische. Wordt bij een lineaire potmeter de as op precies de helft van de maximale uitslag ingesteld dan is de weerstand tussen de variabele aansluiting en de beide vaste aansluitingen exact gelijk.



Op de verticale schaal wordt de weerstandswaarde weergegeven. Zoals je ziet bedraagt de weerstand de helft van de maximale waarde op de helft van de maximale uitslag van de as. Bij logaritmische potmeters werkt dit volgens de groene lijn.

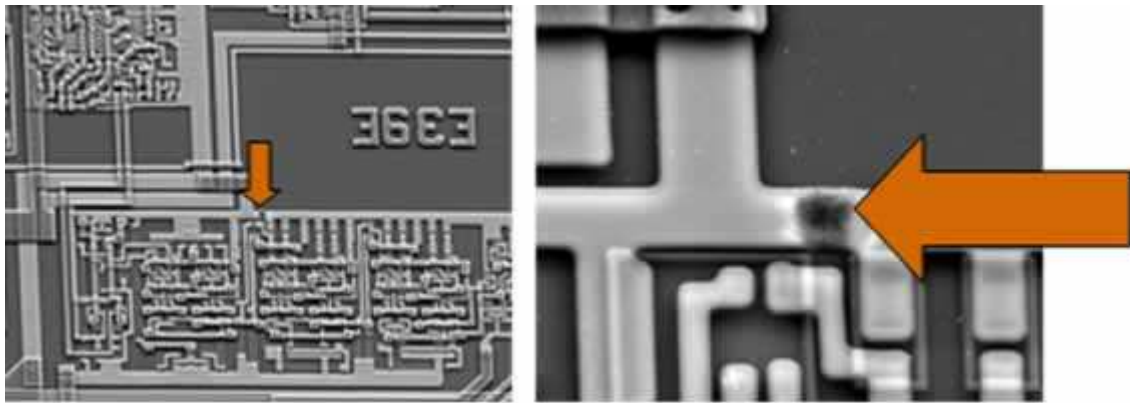
De reden dat deze logaritmische potmeters bestaan is o.a. het menselijk oor. Ons oor werkt ook logaritmisch, dus in audio toepassingen bij met name volumeregelingen worden logaritmische potmeters toegepast.

Het blijkt namelijk dat ons oor bij heel zachte geluiden heel goed onderscheid kan maken tussen volume verschillen. Na ongeveer 50% van de lineaire waarde horen we nauwelijks meer verschil in volume. Zou er dus een lineaire potmeter toegepast worden als volume regelaar dan zou bij de helft van de maximale uitslag het volume reeds oorverdovend zijn.

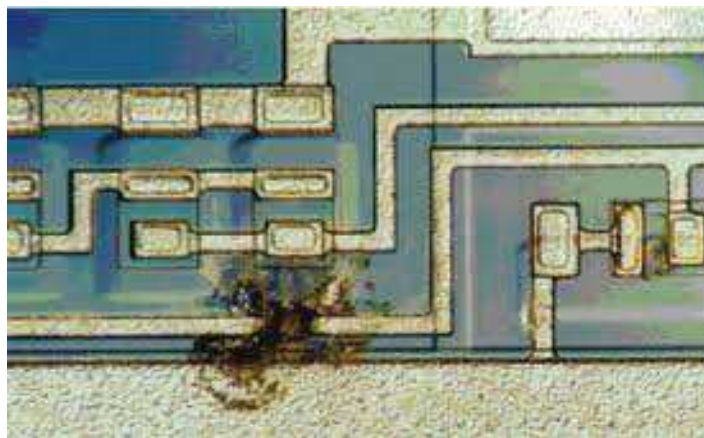


ESD en Elektronica

Komt er een elektrisch geladen materiaal in aanraking of zelfs in de buurt van een elektronica component dan zal dit materiaal ontladen via de weg van de minste weerstand. Is dit een CMOS chip of een ander gevoelig component dan kunnen er interne circuits defect of beschadigd raken. Vaak is dit laatste het geval zodat de chip pas na langere tijd (dagen weken of soms pas na jaren) als gevolg hiervan echt defect is. Dit noemen we latente beschadigingen.



ESD Beschadiging



ESD Defect

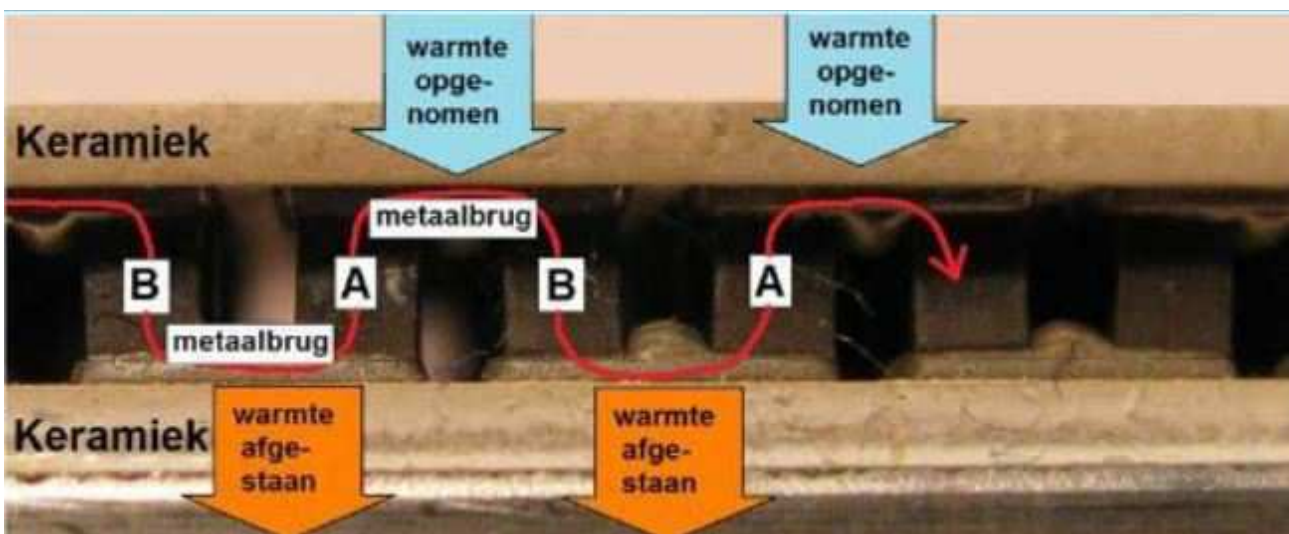
Zelfs bij een defect veroorzaakt door elektrostatische ontlading hoeft het niet zo te zijn dat zich dit direct laat zien in de vorm van een storing. Het kan zo zijn dat dit stukje chip slechts in bepaalde gevallen (functies) gebruikt wordt. In alle andere situaties merk je niets van het defect.



Basis Elektronica Peltier Element

Het Peltier element valt onder zowel de elektrotechniek als de elektronica. Dit element is bekend onder diverse namen. Jean Peltier ontdekte in 1834 dat als je twee verschillende metalen elektrisch verbindt en hier een stroom door laat lopen het ene metaal koud wordt en het ander warm. Al eerder in 1821 ontdekte Thomas Seebeck het omgekeerde namelijk dat als je het ene metaal koud maakt en het andere warm er een elektrische spanning ontstaat tussen deze metalen. Vandaar wordt dit element ook wel het Peltier-Seebeck element genoemd. Ook kom je soms namen tegen die wat over de functie zeggen namelijk warmtepomp element of thermo elektrische koeler.

Omdat warmte genereren niet zo moeilijk is wordt het Peltier element meestal gebruikt voor koeling.



Praktische toepassingen zijn bijvoorbeeld de koeling van elektronica componenten of een elektrische koelbox. Deze Peltier elementen hebben echter wel een laag rendement en gebruiken dus relatief veel stroom (bij 12Volt gemiddeld 5 Ampère voor een klein element). Een voordeel is wel dat het geen bewegende delen bevat dus de slijtage is minimaal.



Basis Elektronica Inhoud en onderwerpen

Auteur: Peter Quené
Bedrijf: pqtrain
2019 (versie 1.5)

1. Voorblad
2. Inleiding
3. Inhoud
4. Elektriciteit
 - AC en DC spanningen
 - Amplitude
 - Periode
 - Frequentie
 - Elektrische geleiders
 - Elektrische isolatoren
 - Stroomkring
 - Lineaire voeding (PSU)
 - Geschakelde voeding (PSU)
 - Stabilisatie
 - Transformator
 - Fase
 - Spanningsvormen
 - Sinus
 - Blok
 - Driehoek
 - Zaagtand
 - Impuls

5. Wet van Ohm
 - Spanning Stroom Weerstand
 - Spanningsdeler
 - Voorschakel weerstand
 - Serieel schakeling
 - Parallel schakeling
 - Combinatie schakeling
 - Vervangings weerstand
 - Impedantie

6. Vermogen
 - $P=U \times I$
 - Watt
 - Dissipatie
 - zekering
 - Vermogen bij wisselspanning

7. Weerstanden en codes
 - Types weerstanden
 - Vermogen van weerstanden
 - E3 – E192 reeksen
 - Kleur codering
 - Prefixes
 - Waarde notering
 - Tolerantie
 - SMD waarde codering

8. Diode
 - Schema Symbolen
 - Anode
 - Kathode
 - Werkspanningen
 - Diode opbouw
 - Soorten diodes
 - Juction diode
 - Signaal diode
 - Zener diode
 - LED
 - Soorten LED's

- 9. Condensator
 - Symbolen
 - Condensator opbouw
 - Soorten condensatoren
 - Condensator en AC/DC
 - Elco's
 - Speciale condensatoren
 - Waardes en codering
 - Condensator en fase wisselspanning

- 10. Spoel
 - Symbolen
 - Vormen
 - Spoelkernen
 - Transformator
 - Inductie
 - Bewegende kern spoelen
 - Actuator
 - Solenoid
 - Motor
 - Dynamo

- 11. Transistors
 - Symbolen
 - Bipolaire transistors
 - Unipolaire transistors
 - Veld Effect Transistors (FET's)
 - Opbouw NPN PNP
 - Aansluitingen Collector Basis Emitter
 - Werking als schakelaar
 - Werking als versterker
 - Werking van de FET
 - Behuizingen
 - Koeling
 - Speciale transistors
 - Darlington
 - Skottkey
 - Foto transistor
 - Opto Coupler
 - Thyristor
 - Triac

- 12. IC's – Chips
 - Geschiedenis
 - Wet van Moore
 - Opbouw
 - Behuizingen
 - Aansluitingen
 - Montage en demontage

- 13. Meer IC's
 - NE555 Timer IC
 - OPAMP

- 14. Printplaten – PCB's
 - Ontwerp
 - Multilayer
 - Componenten Montage
 - Handmatig solderen
 - Machinaal solderen
 - Andere verbindingen
 - Hardwire
 - Experimenteer
 - Wirewrap

- 15. Introductie digitale elektronica
 - Herkomst binair
 - Toepassing binair
 - Digitale techniek poorten
 - Poorten Symbolen
 - Toepassing Poorten
 - Opbouw poorten
 - TTL vs. CMOS
 - PAL Programmable Array Logic IC's

- 16. Geheugen
 - Geschiedenis
 - ROM PROM EPROM
 - Flash geheugen
 - RAM DRAM SRAM
 - Geheugen modules

17. Componenten in de praktijk

Weerstanden

Spanning verdelen

Stroom verdelen

Stroom beperken

Vermogen verdelen

Variabele weerstanden toepassingen

Lineaire toepassingen

Logaritmische toepassingen

Diode enkelzijdige gelijkrichting

Diode dubbelzijdige gelijkrichting

Diode brugcellen

Condensator Afvlakking

Condensator en filters

Spoel Energiebuffer

Spoel omzetting naar magnetisme

Spoel omzetting van elektrische energie naar beweging

Spoel omzetting van beweging naar elektrische energie

Transistor als schakelaar

Transistor als oscillator

Transistor als versterker

Transistor als stroombron

Transistor als spanningsregelaar

IC LM317 in de praktijk

IC Digitaal Analoog Converter

18. ESD

Ontstaan van ESD

Tribo elektrische reeks

ESD latente beschadiging

ESD Preventie

Werkplek

Verpakking

Gereedschap

Kleding

19. Peltier Seebeck Element

Opbouw en werking

Toepassingen

20. Gebruikte Afkortingen

