

3^o jaar Industrieel Ingenieur
afdeling elektronica

Elektronica - Ontwerpen

Gedrukte schakelingen

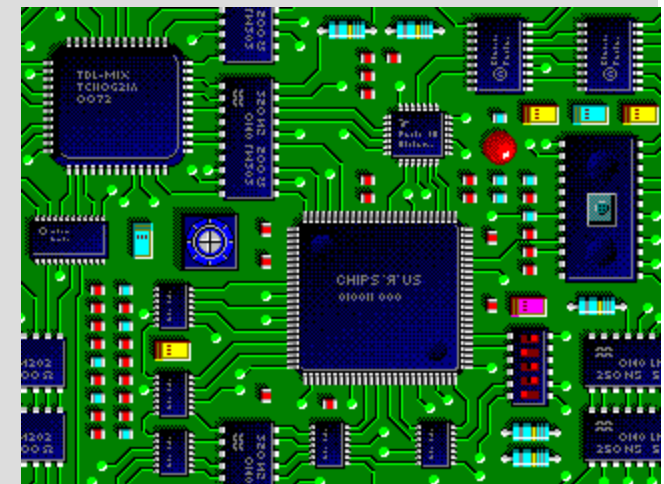
PCB = Printed Circuit Board

Ing. Dirk Smets

Algemeen

PCB

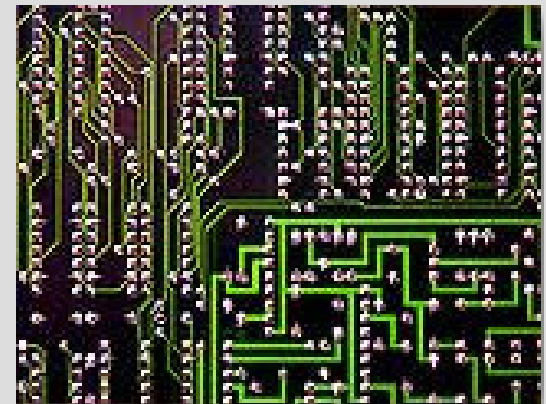
- PCB = Printed Circuit Board - of -
PWB = Printed Wiring Board
- Nederlands: “gedrukte schakeling”
- kortweg : *printplaat*
printkaart
print



Samenstelling

PCB

- Isolerende dragerplaat
 - mechanische montage van de componenten
 - Geleidende metaalbanen
 - onderlinge verbindingen tussen de componenten
- “Signals are carried along *traces* to *pads*,
through *solder joints* to *components*”



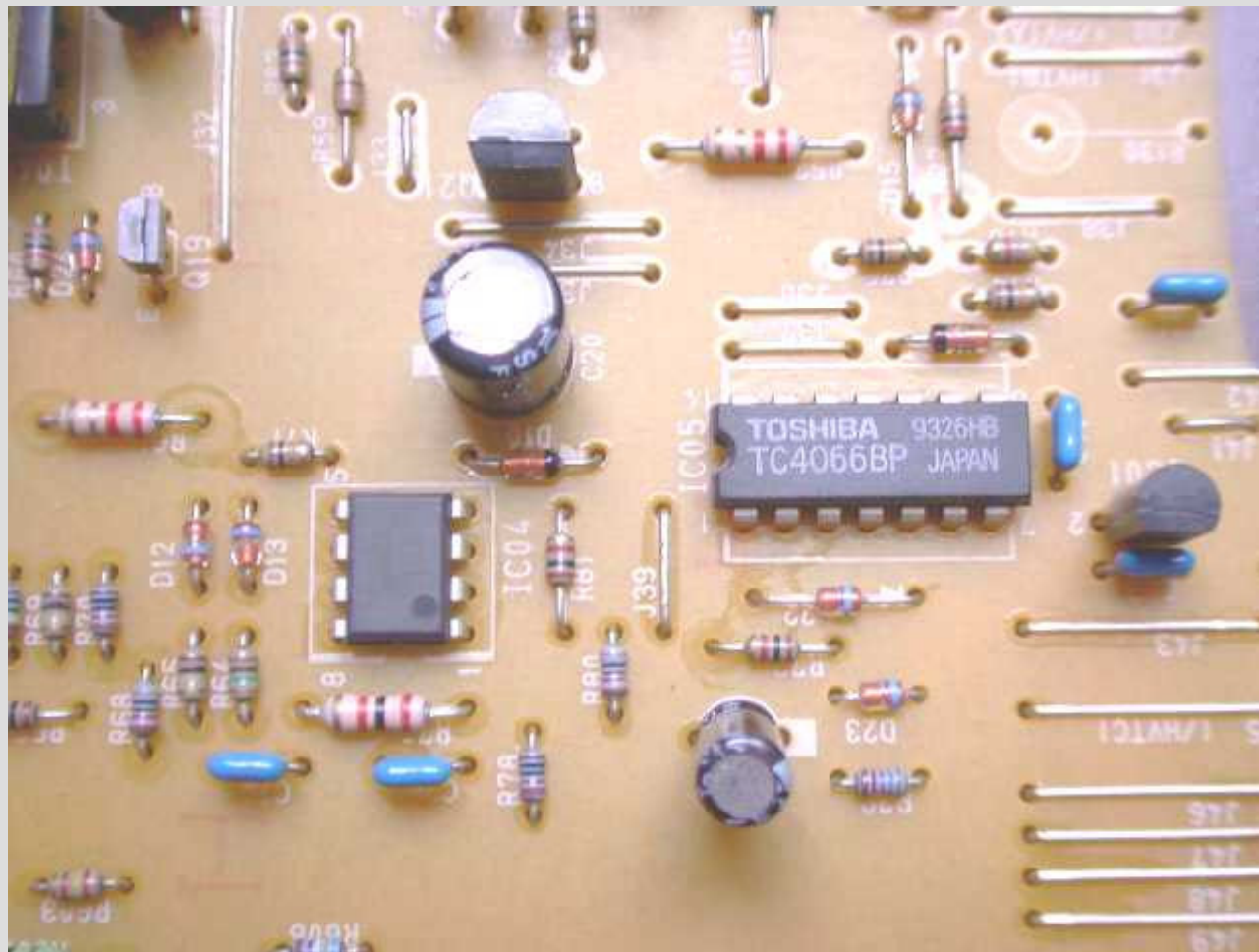
Dragerplaat-materiaal

PCB

- fenol of pertinax (hardpapier)
 - goedkoop
 - thermische eigenschappen slechts matig
 - alleen geschikt voor enkelzijdige printen
 - gaten kunnen ook geponst worden i.p.v. geboord
 - veelvuldig gebruikt in massa-producten
 - » *consumer elektronica*
 - » typisch uitzicht met aantal draadbrugjes

Fenol - enkelzijdig

PCB



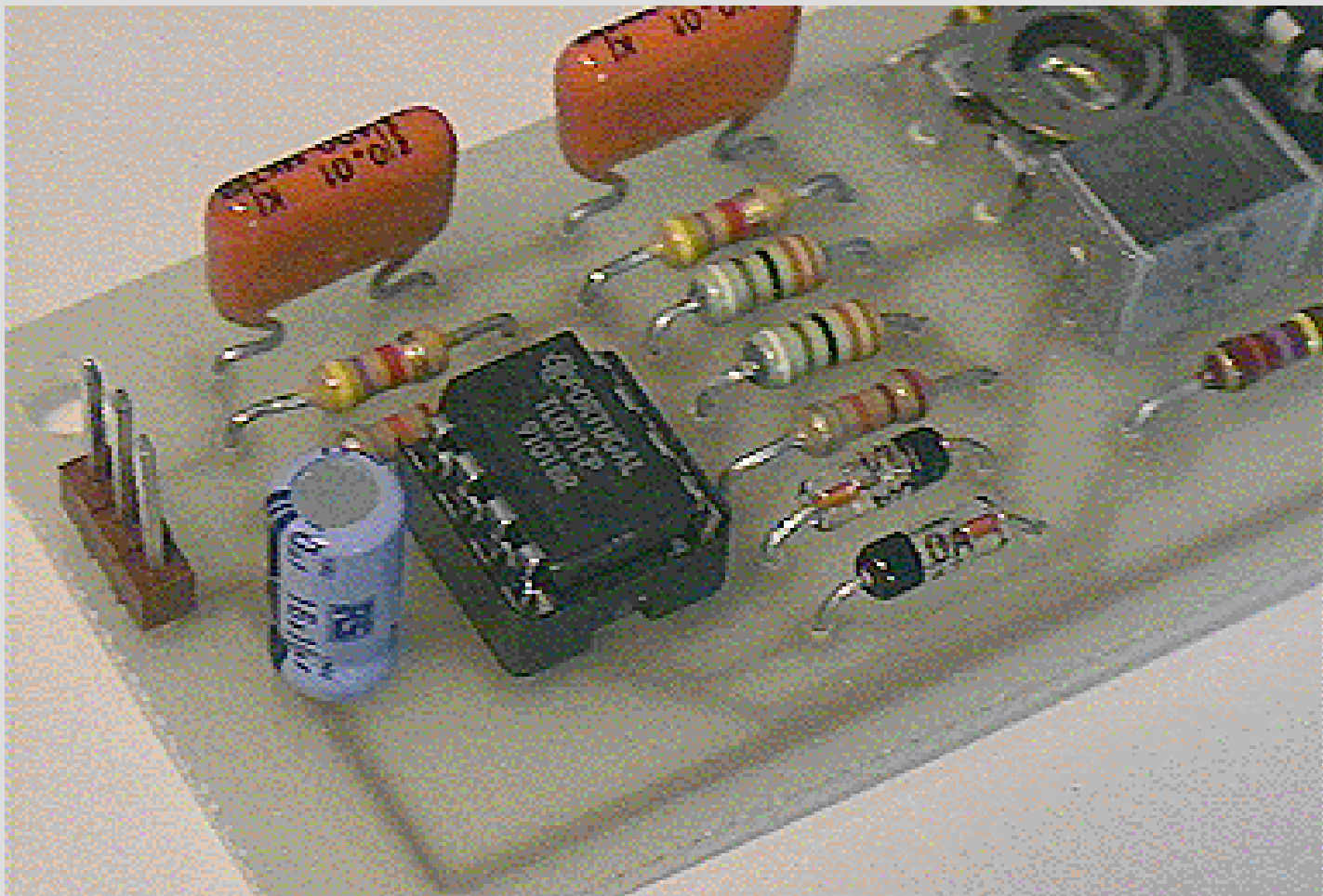
Dragerplaat-materiaal

PCB

- fenol of pertinax (hardpapier)
- epoxy (glasvezel) : FR4
 - meest gebruikt
 - typisch uitzicht: groene kleur
 - geschikt voor doormetallisatie, dus ook dubbelzijdig
 - veel minder buigzaam dan fenol-printen
 - » gewicht aan gemonteerde componenten mag groter zijn
 - zeer hard materiaal
 - » gaten moeten geboord worden (ponsen niet mogelijk)
 - » boren verslijten zeer snel

Epoxy - enkelzijdig

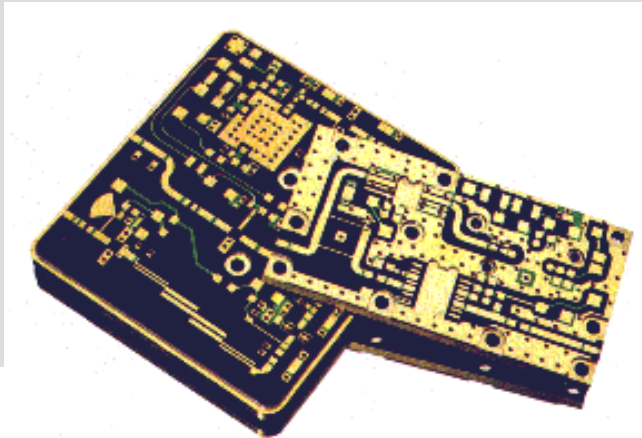
PCB



Dragerplaat-materiaal

PCB

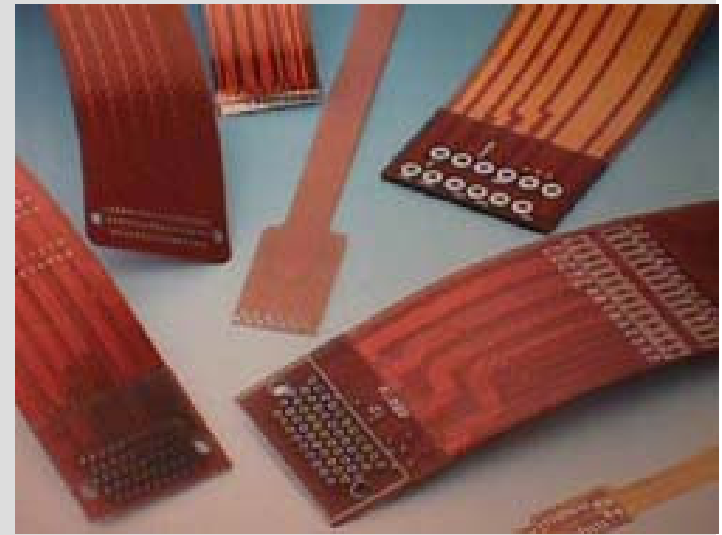
- fenol of pertinax (hardpapier)
- epoxy (glasvezel) : FR4
- PTFE of teflon
 - geschikt voor zeer hoge frequenties
 - wordt gebruikt vanaf 1 GHz
 - bestand tegen zeer hoge temperaturen (220°C)



Dragerplaat-materiaal

PCB

- fenol of pertinax (hardpapier)
- epoxy (glasvezel) : FR4
- PTFE of teflon
- flexibele print
 - polyester en epoxy-hars
 - zo dun mogelijk, bv. 0,25 mm
 - toepassingen: in fototoestellen, telefoontoestellen, computers, ...



Flex-PCB in camera

PCB



Opbouw

PCB

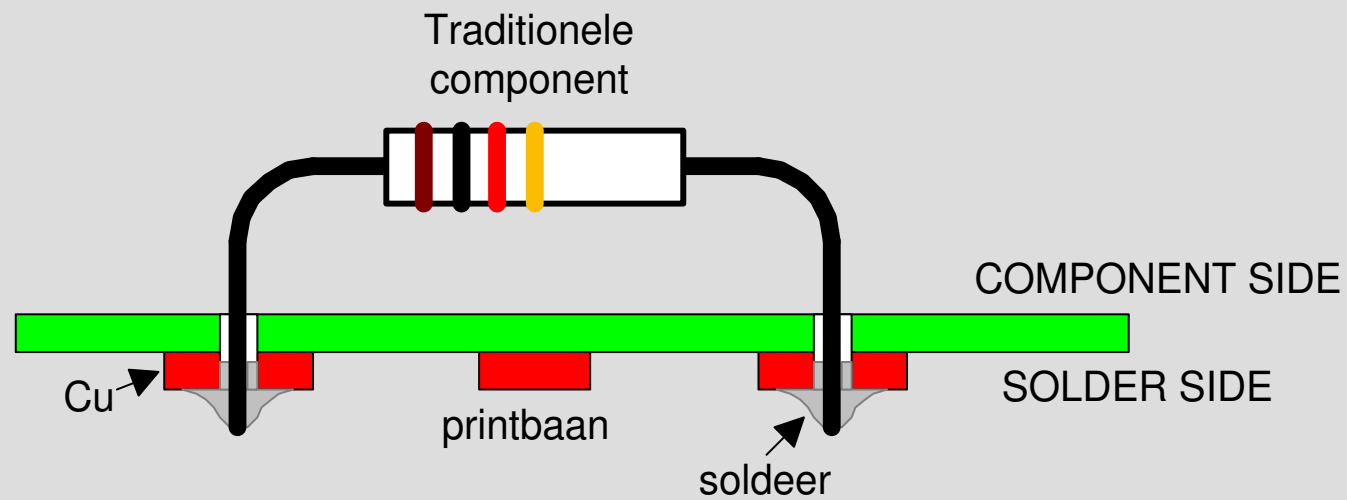
- dragerplaat
 - gelamineerd (tegen kromtrekken)
 - meestal 1,6 mm dik (soms 0,8 mm)
- geleidende laag
 - uiterst zuiver, elektrolytisch koper
 - 35 μ dik (3,5 kg/m²) - 17 μ dik (1,75 kg/m²)
- kleefstof
 - om koperfolie te verbinden met basismateriaal
 - hoogwaardig

Uitvoeringen

PCB

– enkelzijdig

- componentzijde
- soldeerzijde met koper (*pads* en *traces*)



ENKELZIJDIG

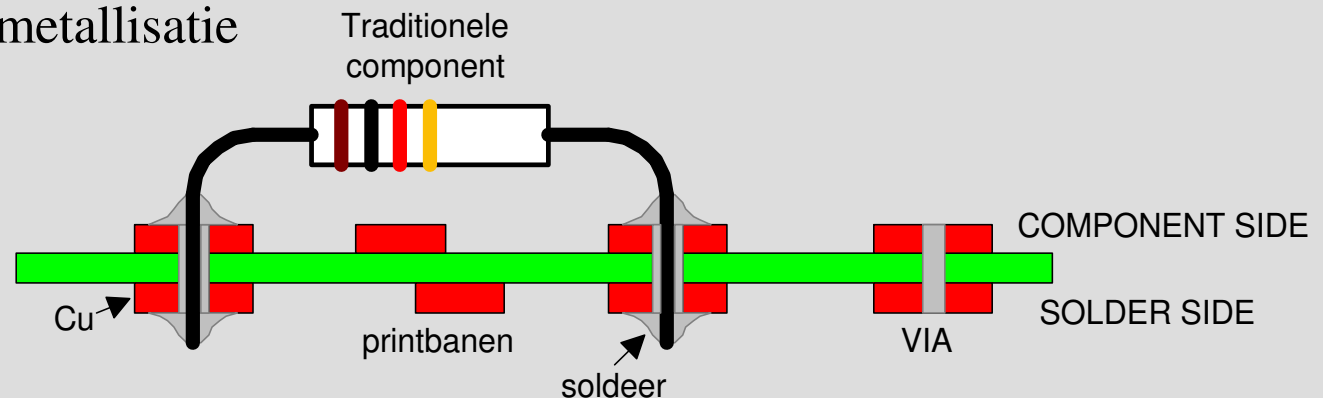
Uitvoeringen

PCB

– enkelzijdig

– dubbelzijdig

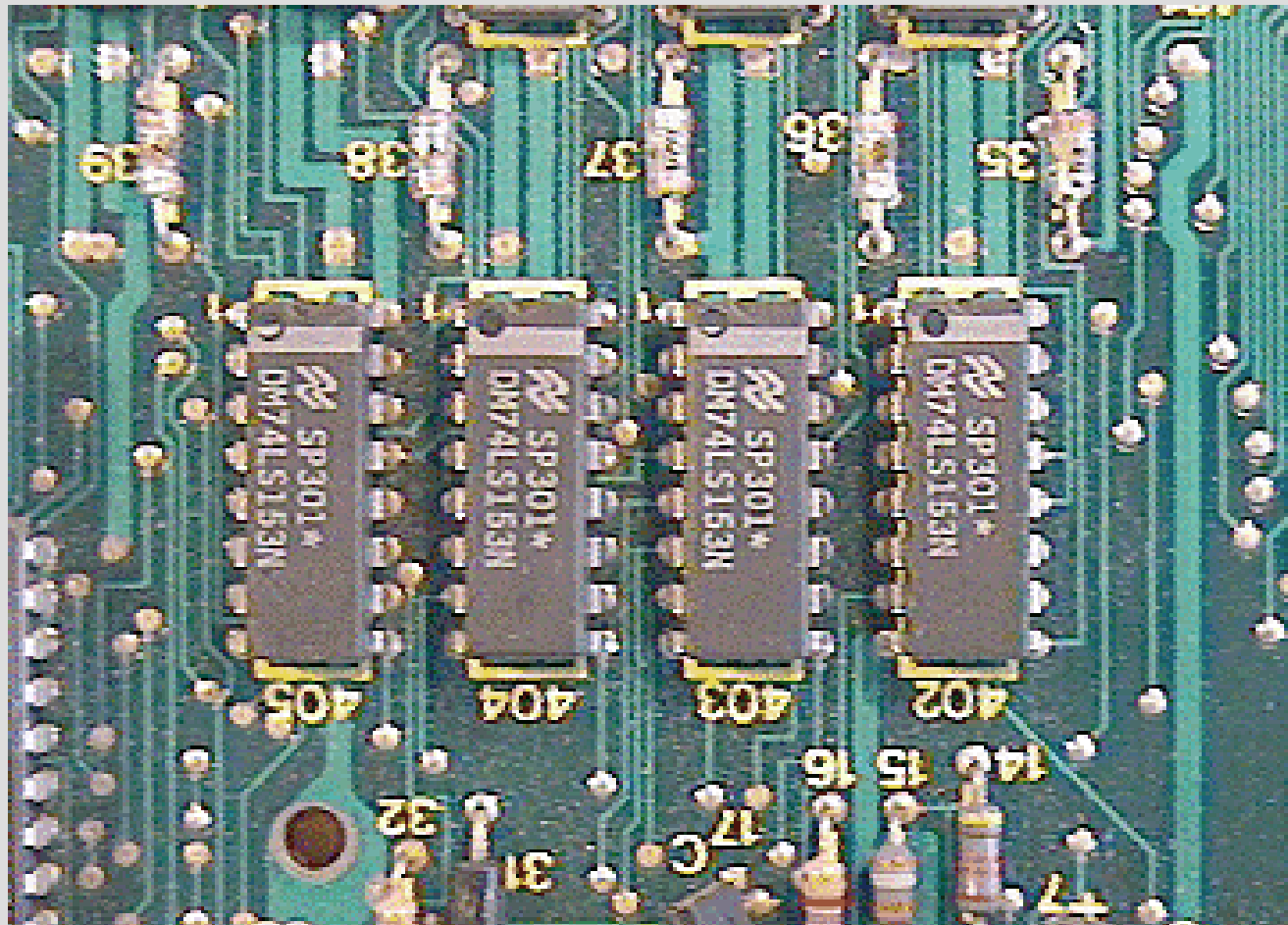
- soldeereilandjes en banen (= koper) aan boven- én onderzijde
- traditionele componenten aan componentzijde, SMD-componenten mogelijk op component- én soldeerzijde
- VIA = verbinding van boven- naar onderzijde
- doormetallisatie



DUBBELZIJDIG

Dubbelzijdig

PCB



Uitvoeringen

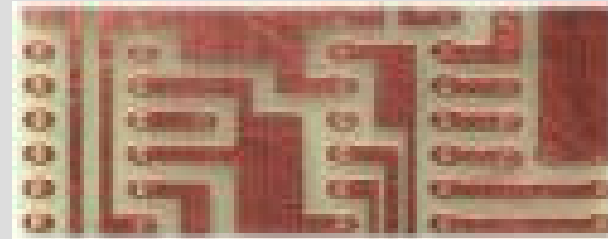
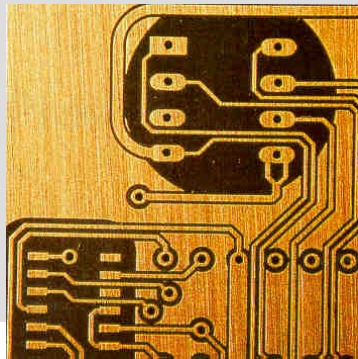
PCB

- enkelzijdig
- dubbelzijdig
- multi-layer
 - meerdere tussenlagen, ook met verbindingen
 - voor zeer complexe schakelingen (dus: duur)
 - tot 22 lagen !

Fabricage

PCB

- vertrek = volledig kopervlak(ken)
- subtractie =
weghalen van overtollig koper,
zodat alleen geleider-patroon overblijft
 - mechanisch of chemisch
wegfrezen wegetsen



Chemische subtractie

PCB

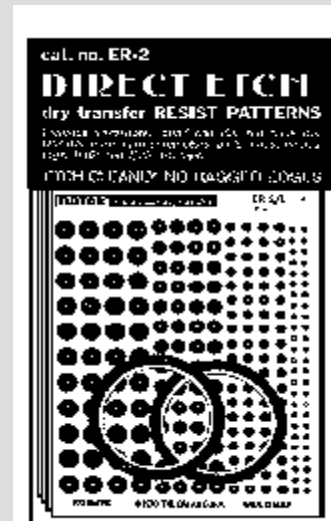
- directe methode
 - alleen bruikbaar voor het eenmalig aanmaken van eenvoudige printen

Chemische subtractie

PCB

– directe methode

- alleen bruikbaar voor het eenmalig aanmaken van eenvoudige printen patroon (banen + *pads*)
- rechtstreeks tekenen op kopervlak met printsymbolen of met etsbestendige stift



Chemische subtractie

PCB

– directe methode

- alleen bruikbaar voor het eenmalig aanmaken van eenvoudige printen
- patroon (banen + *pads*) rechtstreeks tekenen op kopervlak met etsbestendige stift of printsymbolen
- vrijgebleven koper wordt in etsbak weggeëetst met ijzerchloride



Chemische subtractie

PCB

- directe methode
- semi-directe methode
 - printlayout aanbrengen op speciale transfer-folie
 - bv. kopiëren uit tijdschrift
 - vanuit PC rechtstreeks printen op laserprinter
 - folie uitknippen en met de tonerzijde bevestigen op blanke (stof- en vetvrije) print (niet fotogevoelige!)
 - verwarmen tot ca. 140°C met kookplaat of strijkijzer
 - folie tegen print aandrukken met rubberen roller
 - hierdoor wordt (ets-bestendige) toner overgebracht op print
 - klaar om te etsen

Chemische subtractie

PCB

- directe methode
- semi-directe methode

Alleen voor
hobbyist

- fotografische methode

Voor professionele
doeleinden

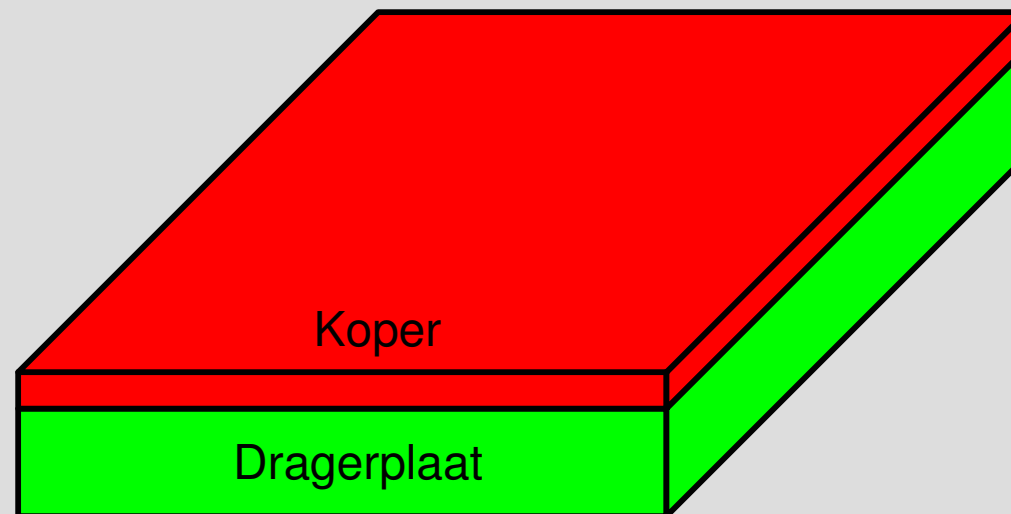
- fotogevoelige printplaat
- cliché (pos. of neg.) op ware grootte
- belichten met UV-licht op lichtbak
- ontwikkelen in NaOH oplossing
- gewenste patroon blijft bedekt met uitgeharde fotoresist
- etsen: niet-beschermd koper wordt verwijderd
- alleen gewenste patroon blijft koper



Fotografische methode

PCB

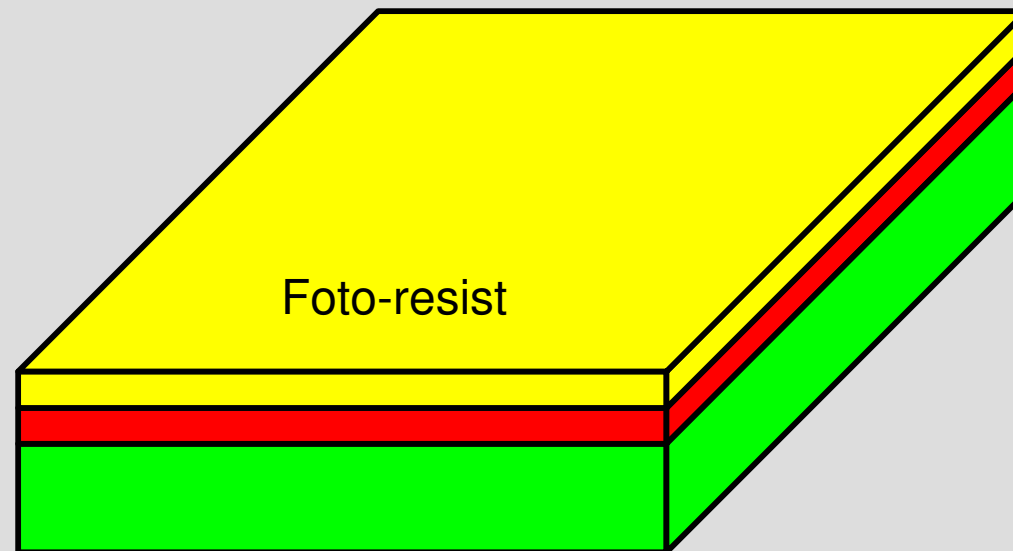
1. Vertrek: dragerplaat volledig bedekt met koper



Fotografische methode

PCB

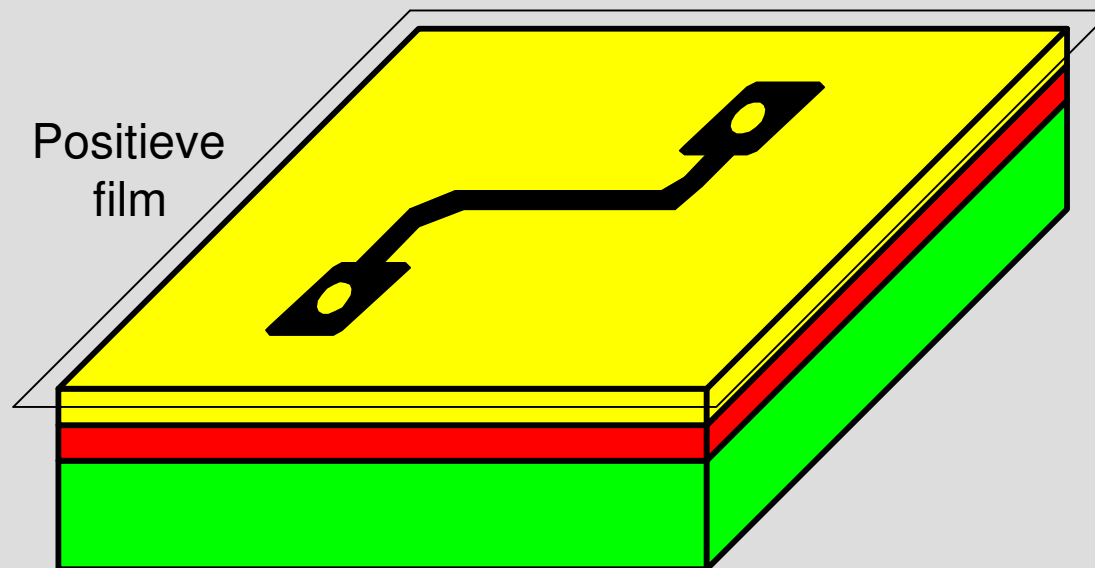
2. Fotogevoelige laag aanbrengen



Fotografische methode

PCB

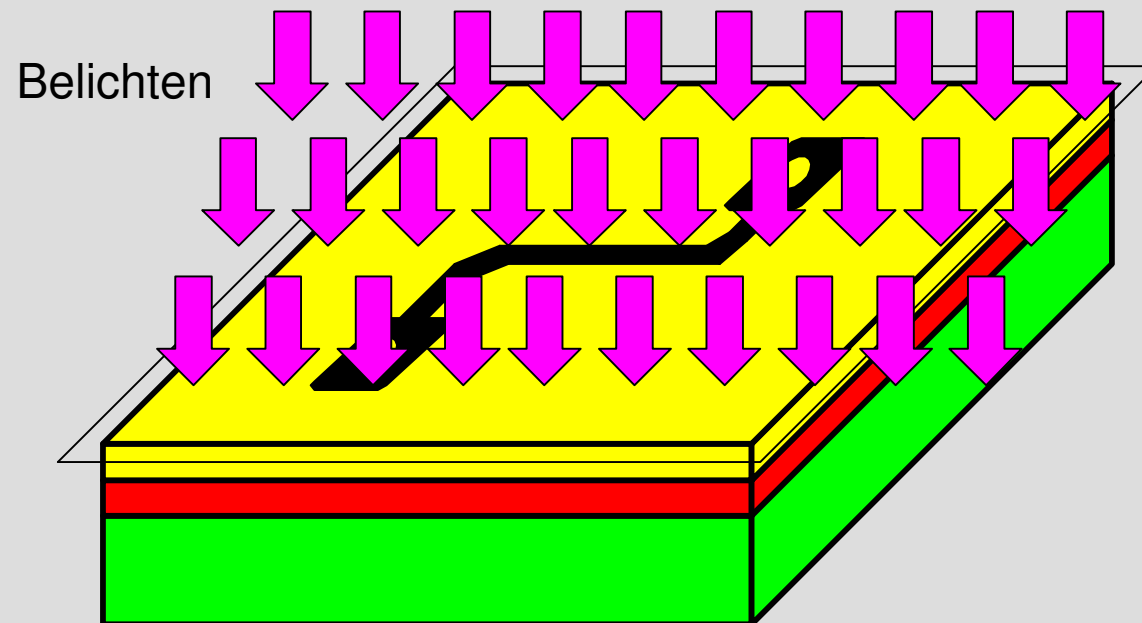
3. Afdekken met positieve film



Fotografische methode

PCB

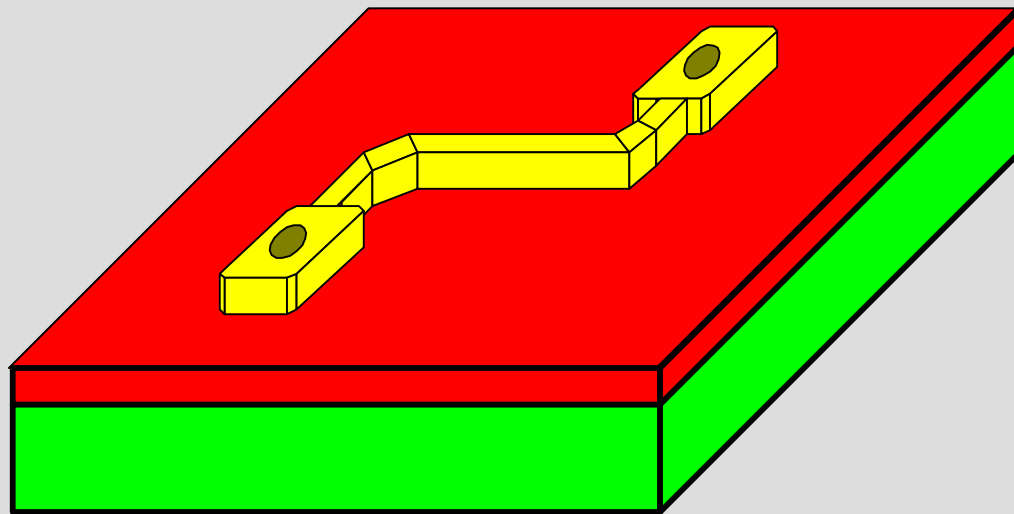
4. Belichten met UV-licht



Fotografische methode

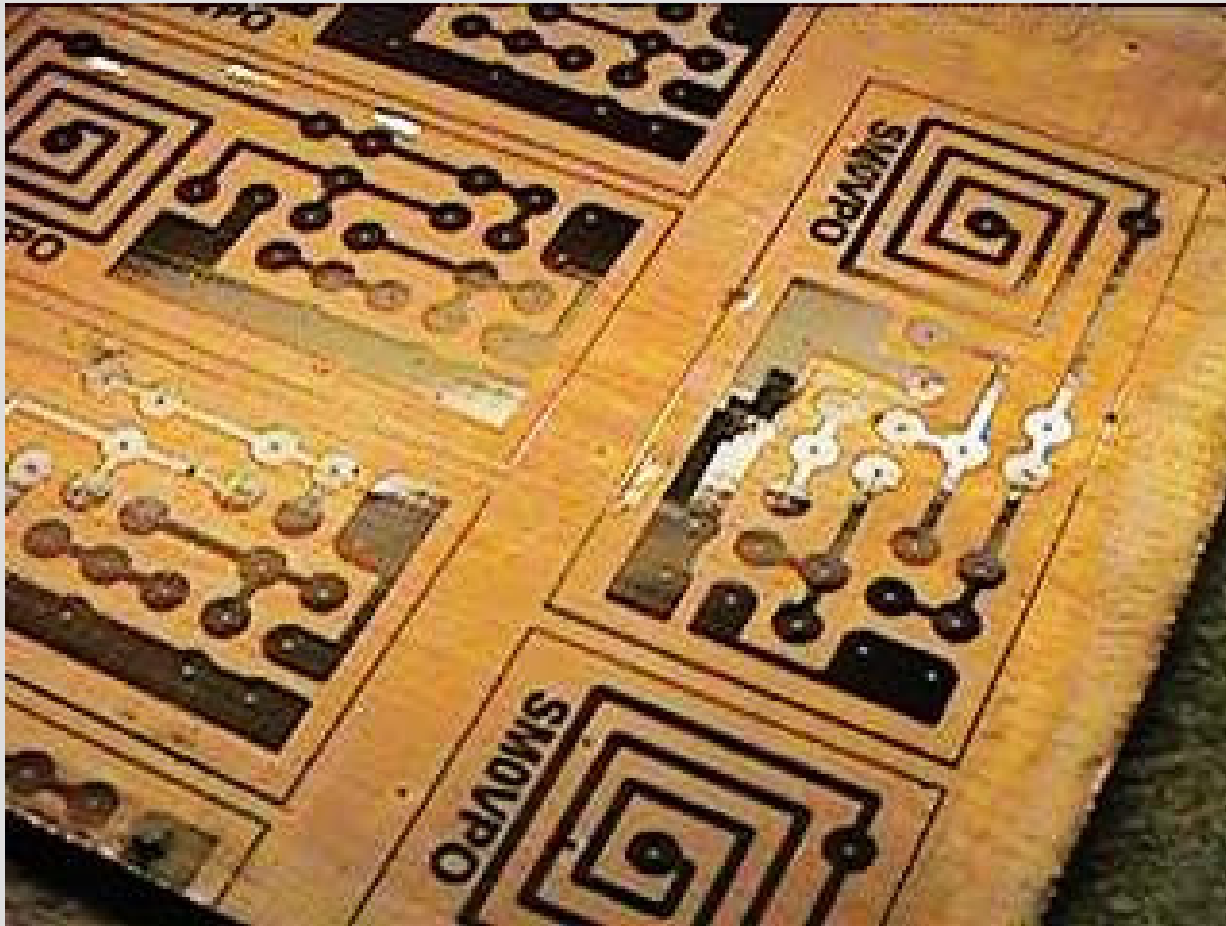
PCB

5. Na ontwikkelen in NaOH-oplossing:
alleen gewenst koperpatroon blijft bedekt met
uitgehard fotoresist



Belicht en ontwikkeld

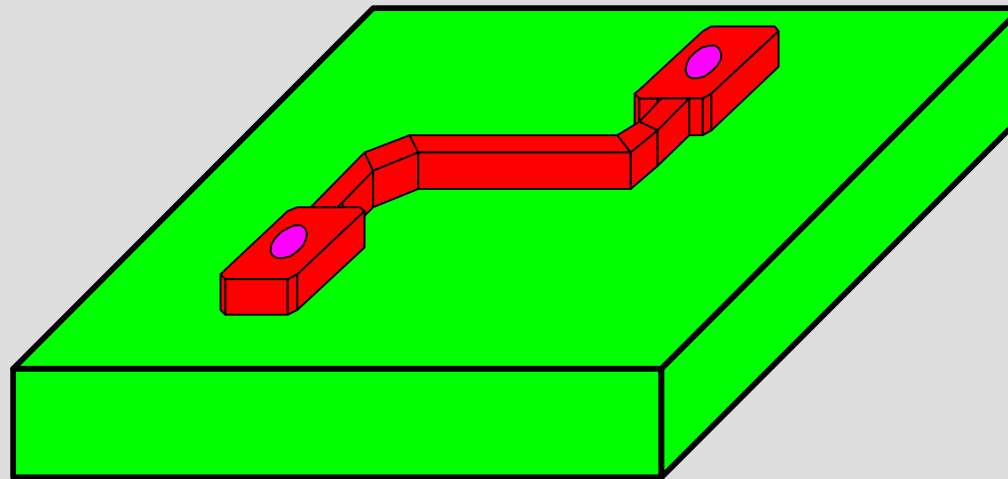
PCB



Fotografische methode

PCB

6. Na etsen met ijzerchloride:
alleen gewenst koperpatroon blijft over



Dubbelzijdige PCB

PCB

- Vereist afzonderlijke cliché voor soldeerzijde en voor componentzijde
- Twee zijden kunnen afzonderlijk belicht worden
- Nauwkeurige uitlijning zeer belangrijk
- Elektrische verbinding tussen boven- en onderzijde:
 - voor hobby-elektronica:
 - draadjes in gaatjes steken en boven- en onderaan solderen
 - alle componenten boven- en onderaan solderen
 - voor professioneel gebruik: gaten (laten) doormetalliseren

Aanmaak cliché

PCB

- niet nodig bij directe methode
 - hierbij komt patroon immers rechtstreeks op PCB
 - alleen voor zeer eenvoudige, éénmalige ontwerpen
- vroeger: ‘plakken’ op schaal 2/1 of 5/1
 - ‘moederpatroon’, ‘artwork’
 - langs fotografische weg verkleinen naar schaal 1/1
- tegenwoordig: Computer Aided Design
 - kan afgeprint worden met laserprinter
 - meestal vraagt printenfabrikant geen cliché, maar een computerbestand (bv. Gerber-file)
 - genereert zelf een cliché met behulp van een fotoplotter

Doormetalliseren

PCB

- PTH = Plated Through Holes
- Geboorde gaten voorzien van een geleidend materiaal om elektrische verbinding tussen boven- en onderzijde te garanderen
 - eerst chemisch aanbrengen van dun koperlaagje (voormetallisatie)
 - vervolgens elektrolytisch metalliseren

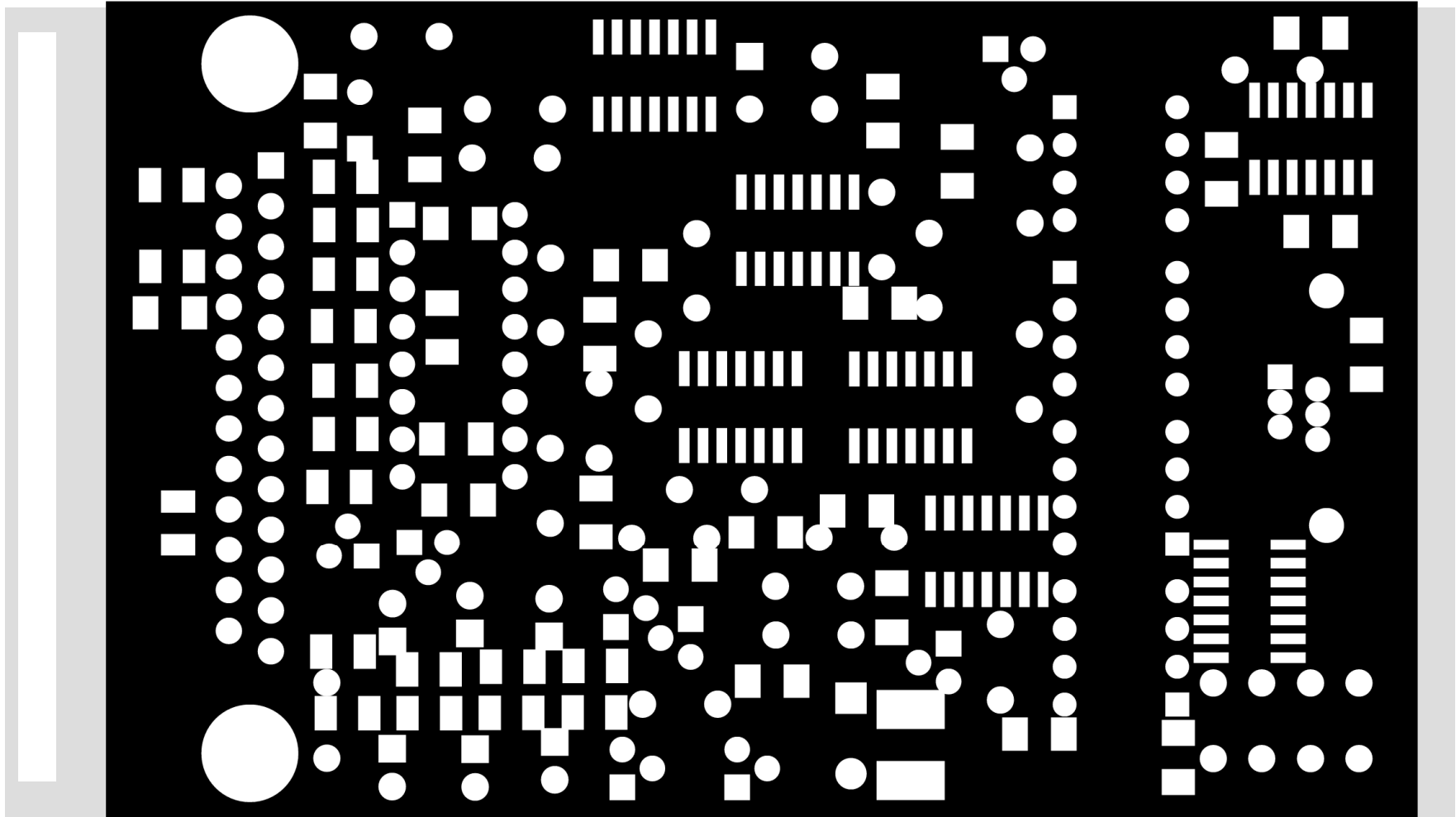
Verdere afwerking

PCB

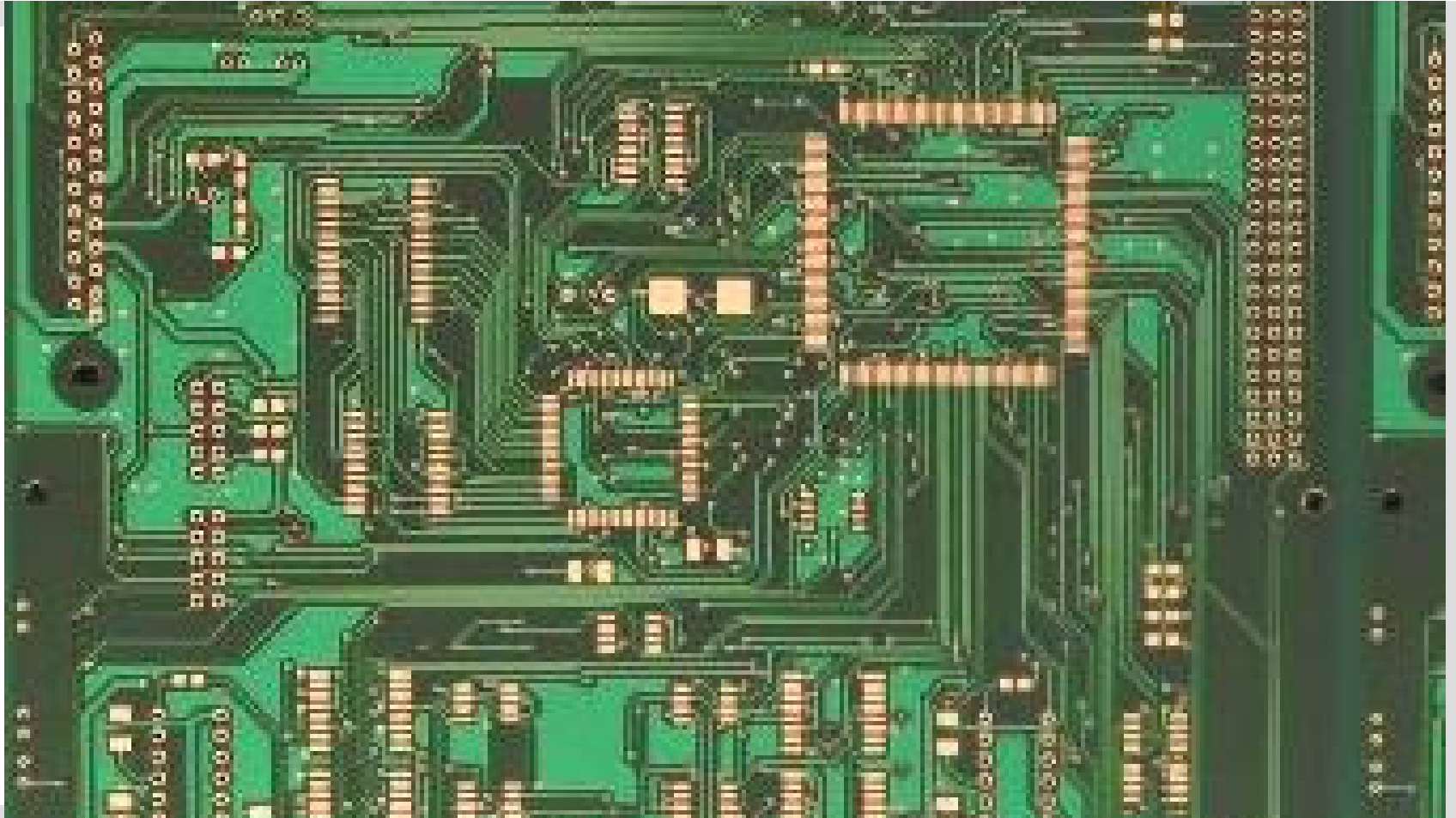
- Soldeermasker
 - 'solder resist coating'
 - resulteert in groenfilm die de volledige PCB bedekt, behalve op de soldeer- en contactvlakken
 - beschermt het koper tegen oxideren

Soldeermasker

PCB



PCB met soldeermasker *PCB*



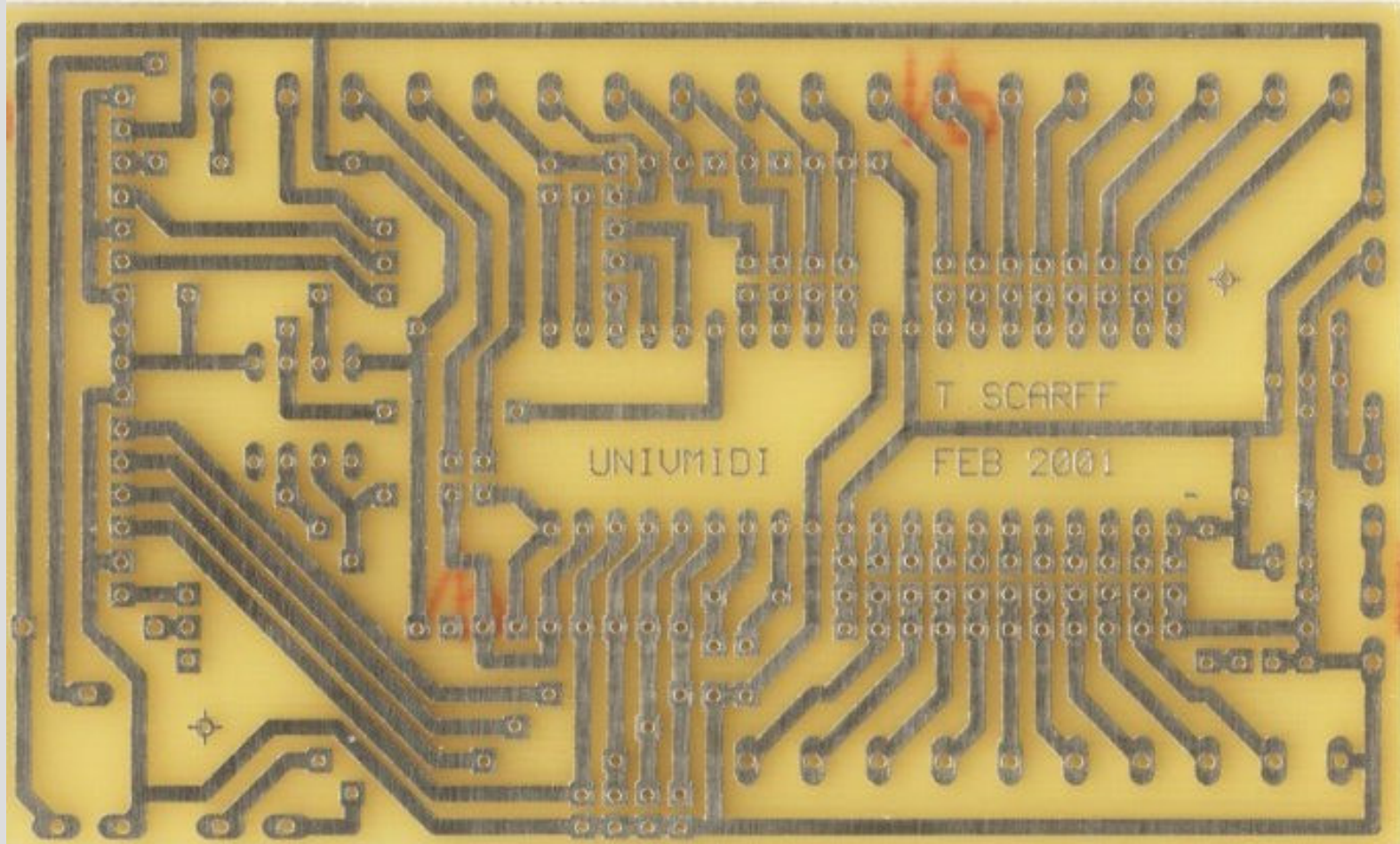
Verdere afwerking

PCB

- Soldeermasker
- Vertinnen
 - soldeervlakken worden vertind om te beschermen tegen oxideren en solderen te vergemakkelijken
 - HASL: Hot Air Solder Levelling (gelijkmatige verdeling)

Volledig vertinde PCB

PCB



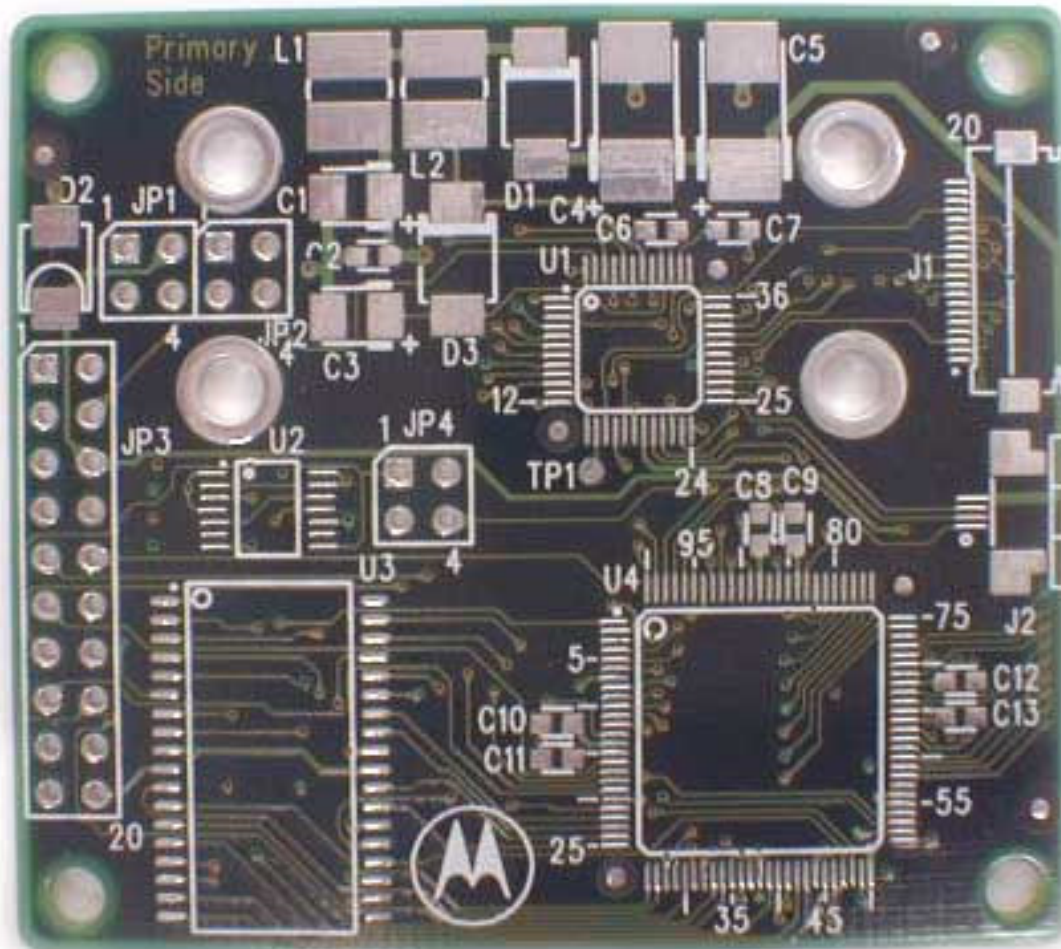
Verdere afwerking

PCB

- Vertinnen
- Soldeermasker
- Silkscreen
 - met zeefdrukmasker bijkomende opdruk aanbrengen (tekst, componentnummering en -oriëntering,...)
 - aangebrachte inkt uitharden met UV- of IR-licht

Afgewerkte PCB

PCB



Multilayer PCB

PCB

- Eerst binnenlagen afwerken
 - worden gemaakt volgens beschreven fotografisch procédé
- Afgewerkte binnenlagen worden samengeperst met ‘naakte’ buitenlagen
- Gaten boren en doormetalliseren
- Aanbrengen van patronen op de buitenlagen
 - elektrolytisch metalliseren (= chemische *additie* i.p.v. *subtractie*)
- Verdere afwerking
 - soldeermasker, vertinnen, opdruk

Multilayer PCB

PCB

- Frequent gebruikte multilayer: **4 lagen**
 - buitenste lagen (boven- en onderzijde): signalen
 - binnenlagen: 1 voedingsvlak en 1 massavlak

Ontwerp PCB lay-out

PCB

Stappen in het PCB-ontwerp proces:

1. Bepaal de vorm en afmetingen van de print
2. Plaats de componenten
3. Leg de voedings- en massabananen
4. Leg de signaalbanen

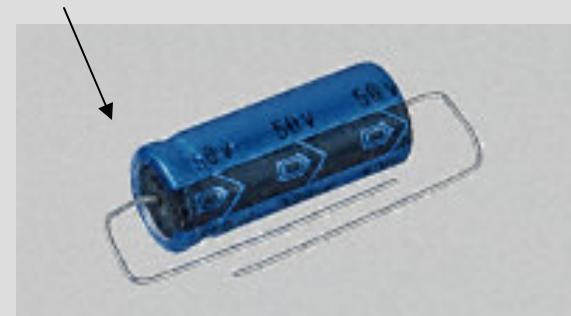
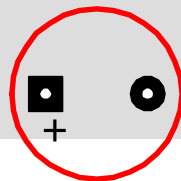
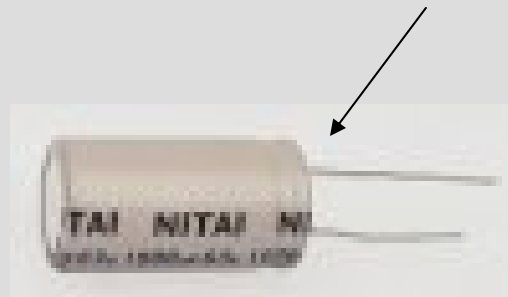
Hou hierbij rekening met allerlei eisen :

mechanisch / thermisch / elektrisch / esthetisch / speciaal

Mechanische eisen

PCB

- Alle componenten moeten op voorhand gekend zijn
 - vorm
 - afmetingen
 - voorbeeld: elco → radiaal of axiaal?



Mechanische eisen

PCB

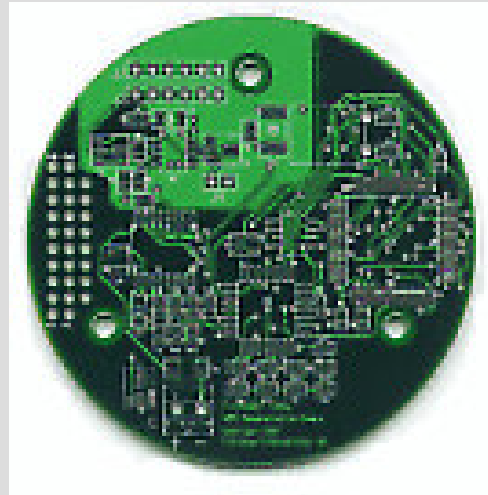
- Vorm en afmetingen componenten gekend
- Bepaal vorm en afmetingen van de print
 - vorm : standaard afmetingen, bv.
 - single Eurocard (100 x 160 mm)
 - double Eurocard (220 x 233 mm)



Mechanische eisen

PCB

- Vorm en afmetingen componenten gekend
- Bepaal vorm en afmetingen van de print
 - vorm : standaard afmetingen
of speciaal aangepast aan behuizing?



Mechanische eisen

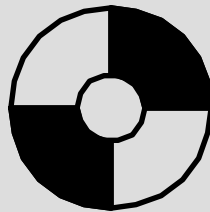
PCB

- Vorm en afmetingen componenten gekend
- Vorm en afmetingen van de print
- Bepaal de plaats van externe aansluitpunten en bedieningsfuncties
 - connectors
 - schakelaars
 - controle-LED's
 - instelbare componenten: goed bereikbaar?
 - ...

Mechanische eisen

PCB

- Vorm en afmetingen componenten gekend
- Vorm en afmetingen van de print
- Bepaal plaats aansluit- en bedieningspunten
- Bepaal de plaats van bevestigingspunten
 - bevestigingspunten van de print zelf
 - bevestigingspunten van zware componenten



Mechanische eisen

PCB

- Vorm en afmetingen componenten gekend
- Vorm en afmetingen van de print
- Bepaal plaats aansluit- en bedieningspunten
- Bepaal de plaats van bevestigingspunten
- Goede componentenopstelling wordt vaak vooraf uitgetest met behulp van gaatjesprint

Thermische eisen

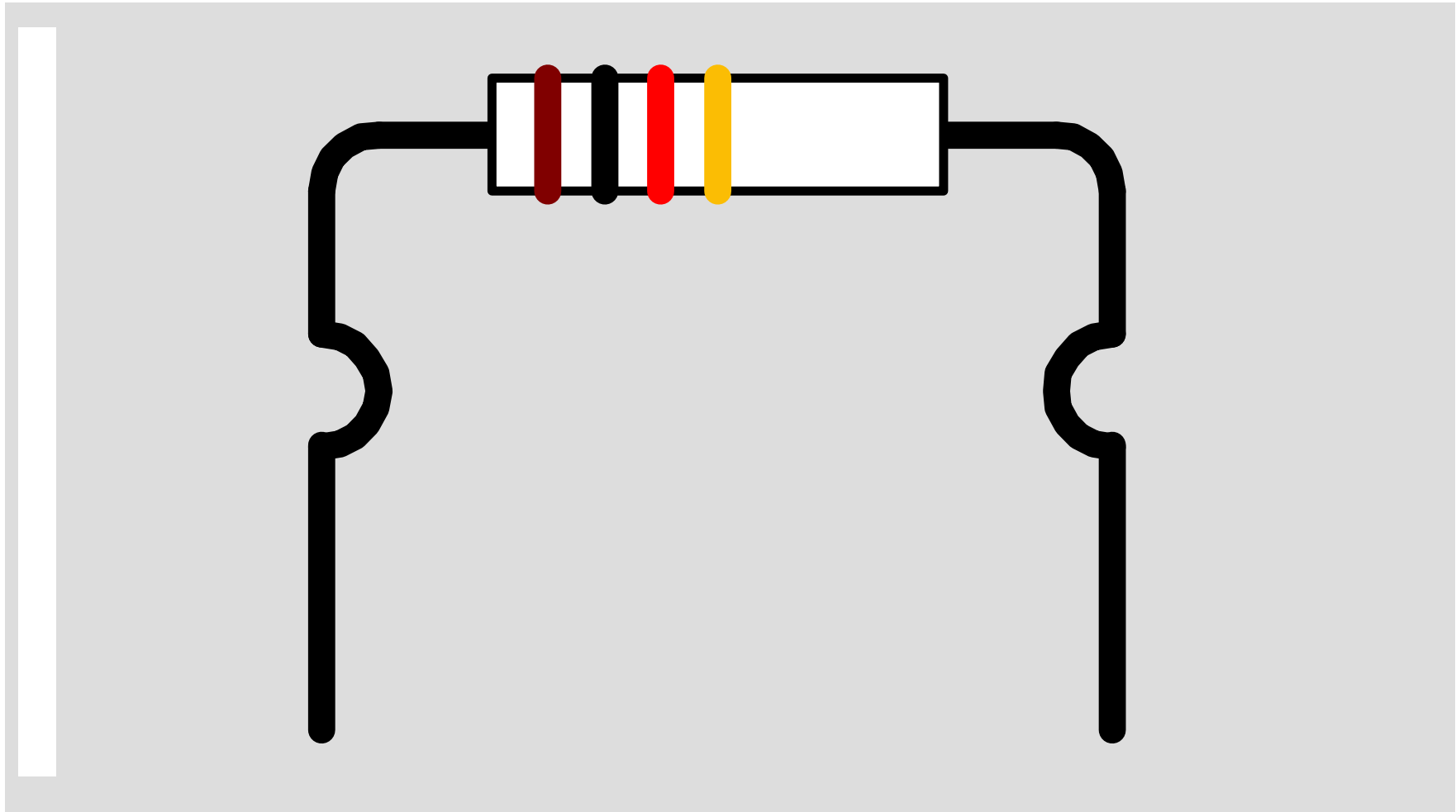
PCB

- ‘warme’ onderdelen aan zijkant van de print
- ‘hete’ onderdelen niet vast tegen de print
- koelvinnen ook aan print bevestigen



Afstand bewaren

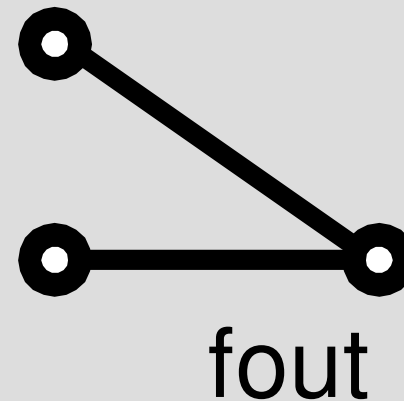
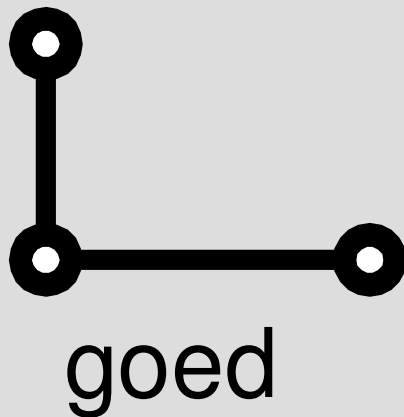
PCB



Elektrische eisen

PCB

- printbaan = weerstand en capaciteit
 - verbindingen in principe zo kort mogelijk houden



Elektrische eisen

PCB

- printbaan = weerstand en capaciteit
 - verbindingen in principe zo kort mogelijk houden
 - opletten met veelvuldig van layer veranderen

Elektrische eisen

PCB

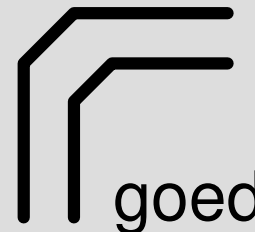
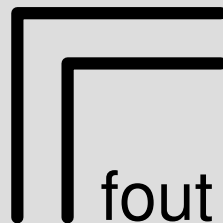
- printbaan = weerstand en capaciteit
 - verbindingen in principe zo kort mogelijk houden
 - opletten met veelvuldig van layer veranderen
 - baanbreedte bepalend voor maximale stroomsterkte

Baanbreedte (inch)	Stroomsterkte (A)
0.010	0.3
0.015	0.4
0.020	0.7
0.025	1.0
0.050	2.0
0.100	4.0
0.150	6.0

Elektrische eisen

PCB

- printbaan = weerstand en capaciteit
 - verbindingen in principe zo kort mogelijk houden
 - opletten met veelvuldig van layer veranderen
 - baanbreedte bepalend voor maximale stroomsterkte
 - dunnere banen: beter geen scherpe rechte hoeken
 - hoekpunt zal gedeeltelijk weggeëtsd worden, waardoor te smalle baan ontstaat
 - gebruik afsnijding met twee hoeken van 45°



Elektrische eisen

PCB

- printbaan = weerstand en capaciteit
- ***clearance*** = afstand tussen printbanen
 - minimale afstand vereist voor elke werkspanning i.v.m. mogelijke doorslag
 - bij 220V minimaal 0,8 mm clearance
 - bij laagspanning volstaat bv. 0,3 mm
 - vaak gebruikt: ***12-12 design rule***
 - baanbreedte 0.012", clearance 0.012" (0.3mm)
 - tegenwoordig: de PCB's worden veel '*denser*'
 - men gaat naar 10-10 en zelfs 8-8 design rule (0.2mm)
 - bij 8-8 kunnen er 2 signaalbanen tussen 2 DIL-IC pennetjes!



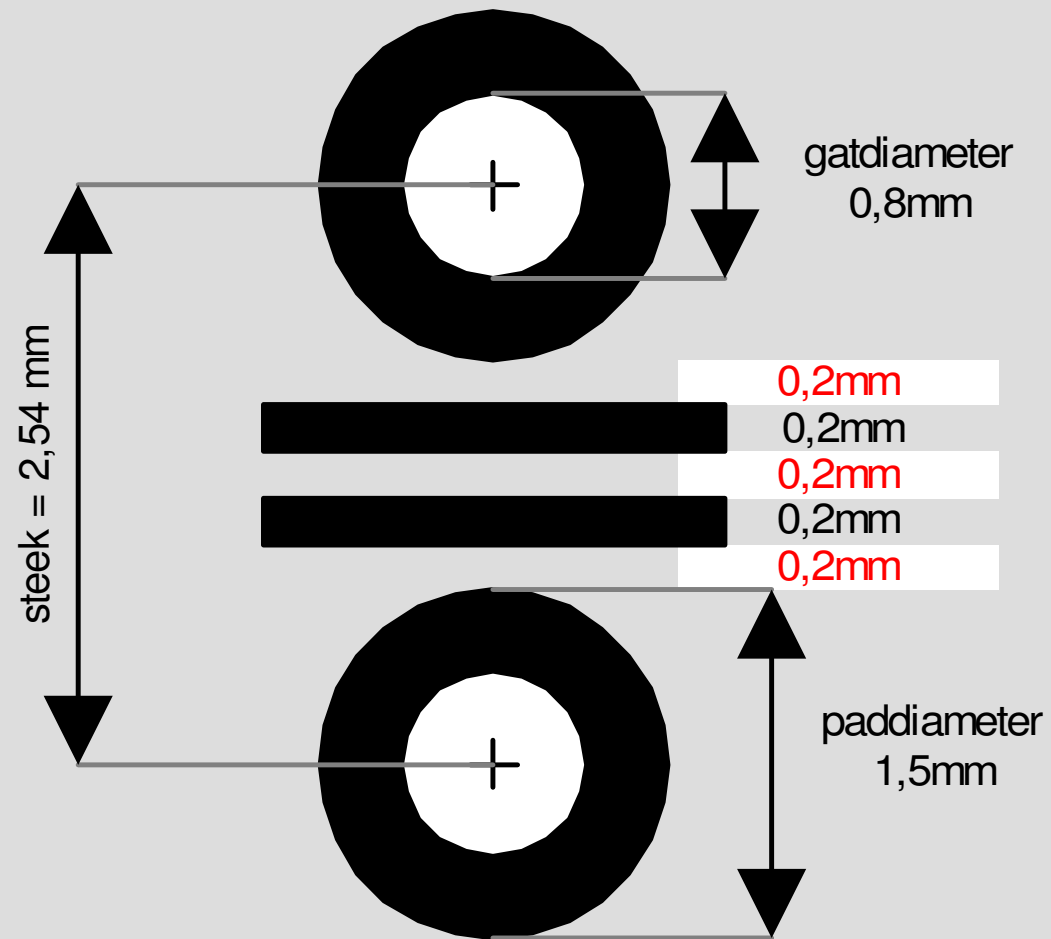
Denser

PCB



8-8 rule

PCB



Elektrische eisen

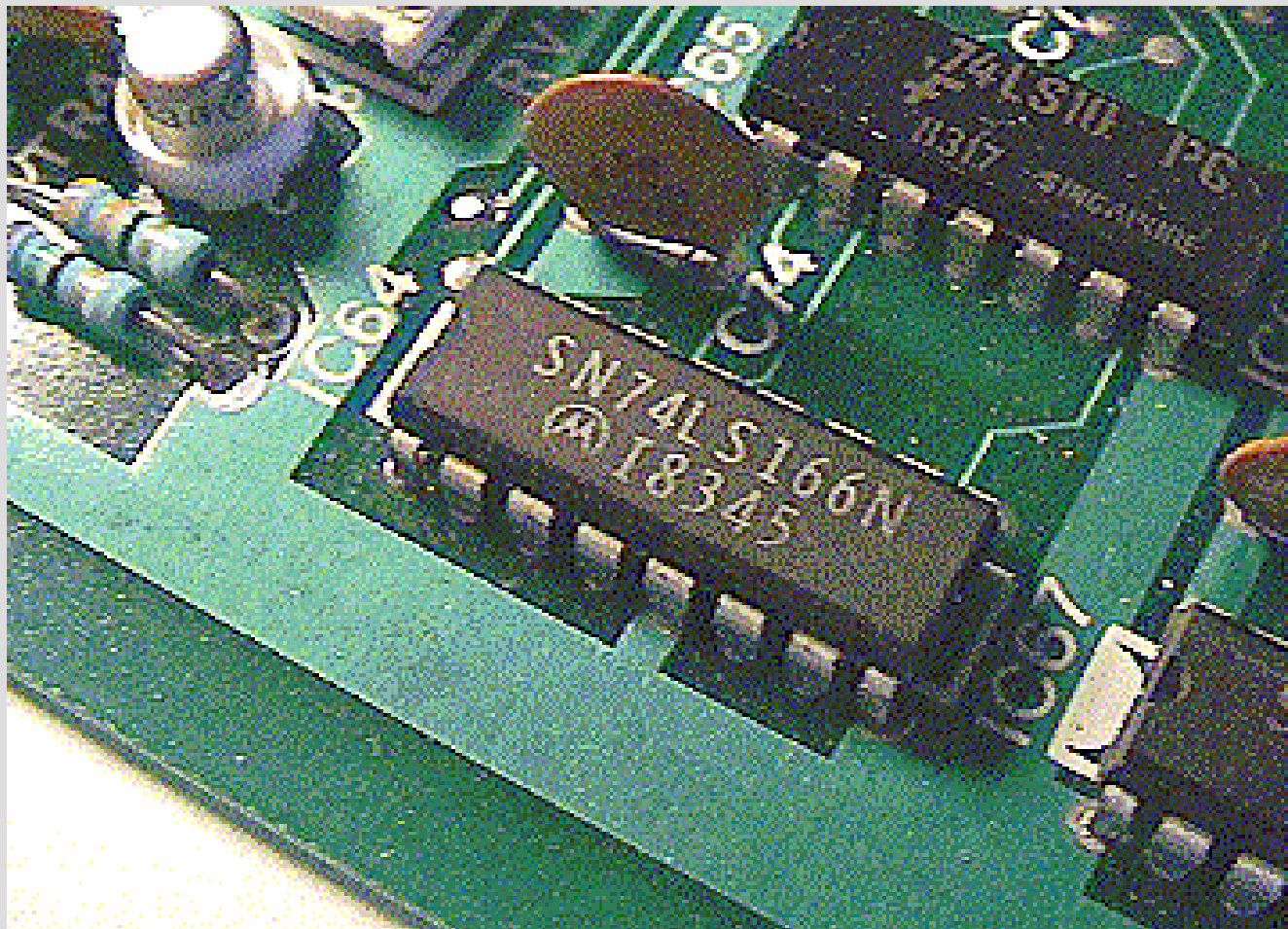
PCB

- printbaan = weerstand en capaciteit
- *clearance* = afstand tussen printbanen
- speciale aandacht voor P&G
 - » P&G = Power and Ground
 - » breder dan signaalbanen: 0.050" (1,27mm) tot 0.100" (2,54mm)
 - » massabaan in principe breder dan voedingsbaan
 - » zorg best voor doorlopende *power and ground* banen, waarvan afzonderlijke lijnen worden afgetakt (i.p.v. doorgeluste banen)
 - » moeten eigenlijk gelegd worden vooraleer men aan de signaalbanen begint



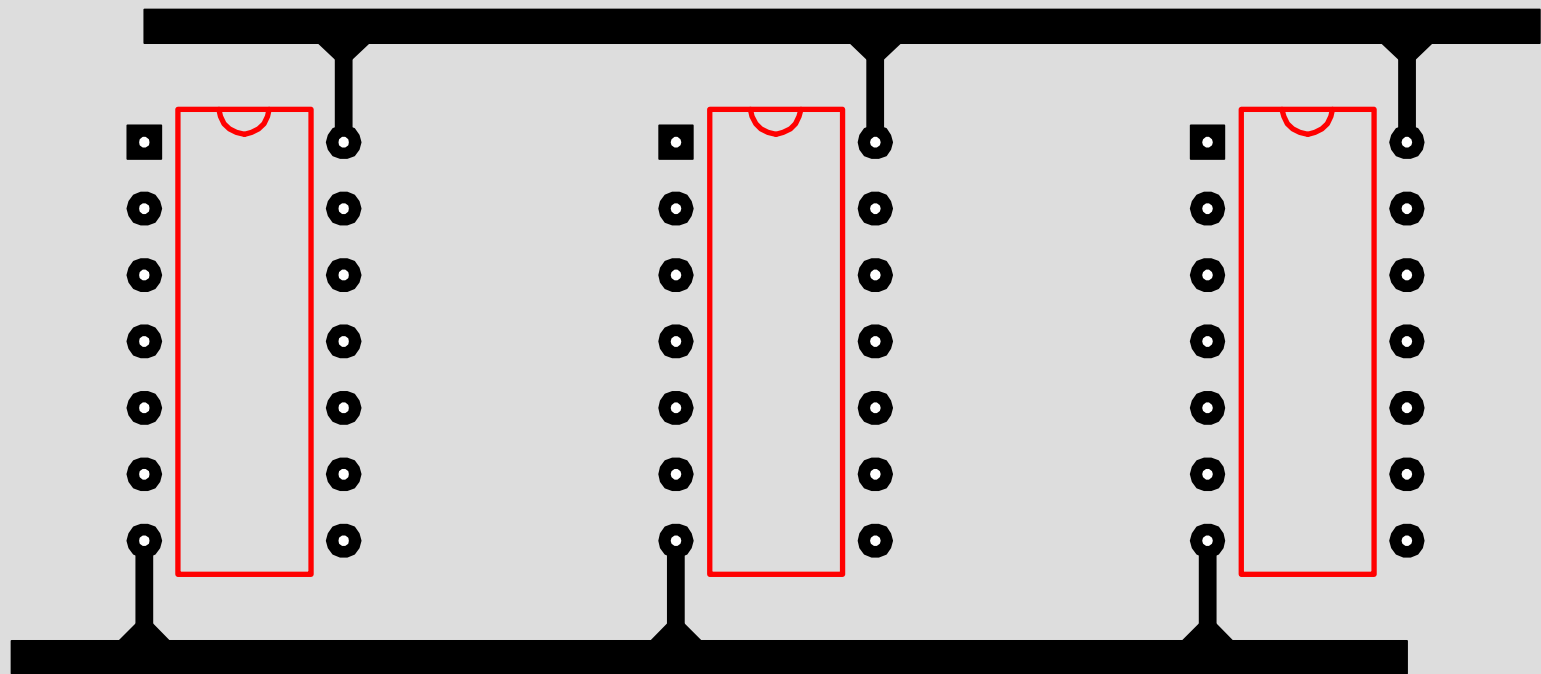
Bredere P&G banen

PCB



Power and Ground

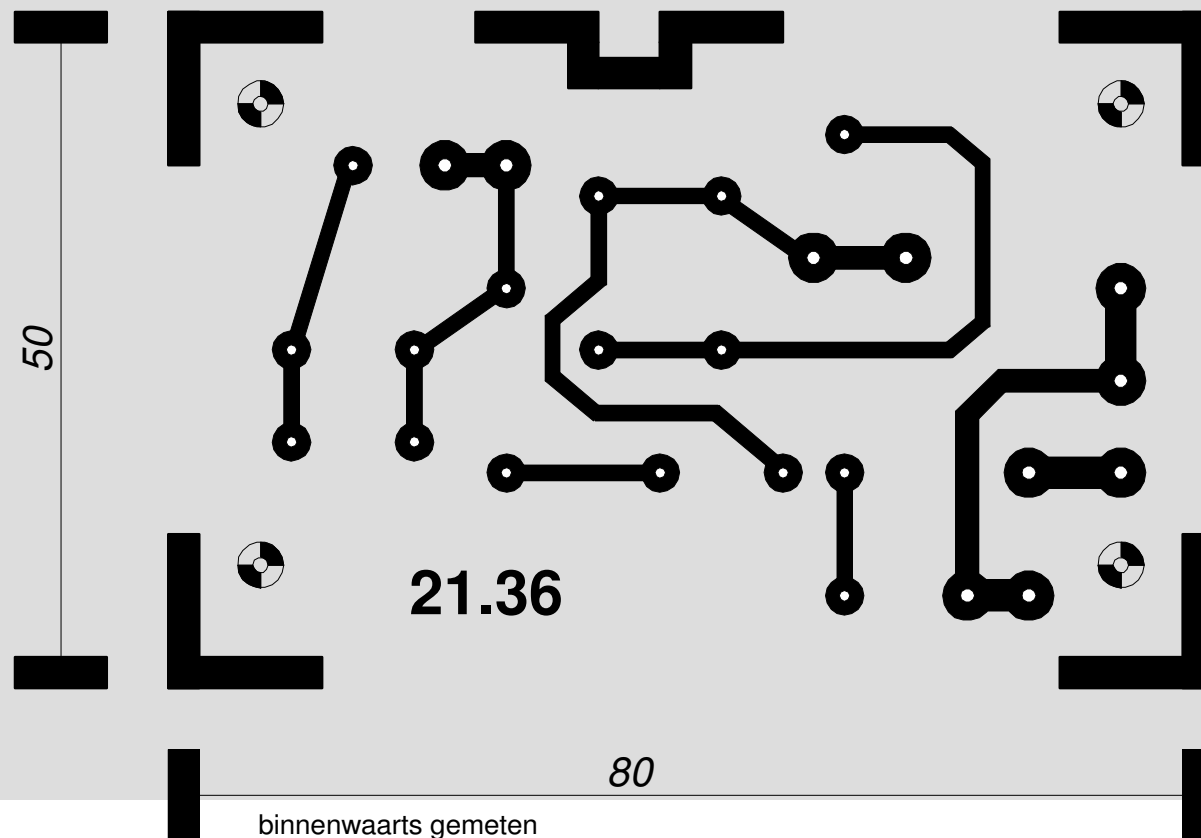
PCB



Technisch/Esthetisch

PCB

- aanduidingen van hoeken en bevestigingspunten



Technisch/Esthetisch

PCB

- aanduidingen van hoeken en bevestigingspunten
- duidelijke aanduiding van component- en soldeerzijde, zodat print niet in spiegelbeeld wordt afgedrukt

Technisch/Esthetisch

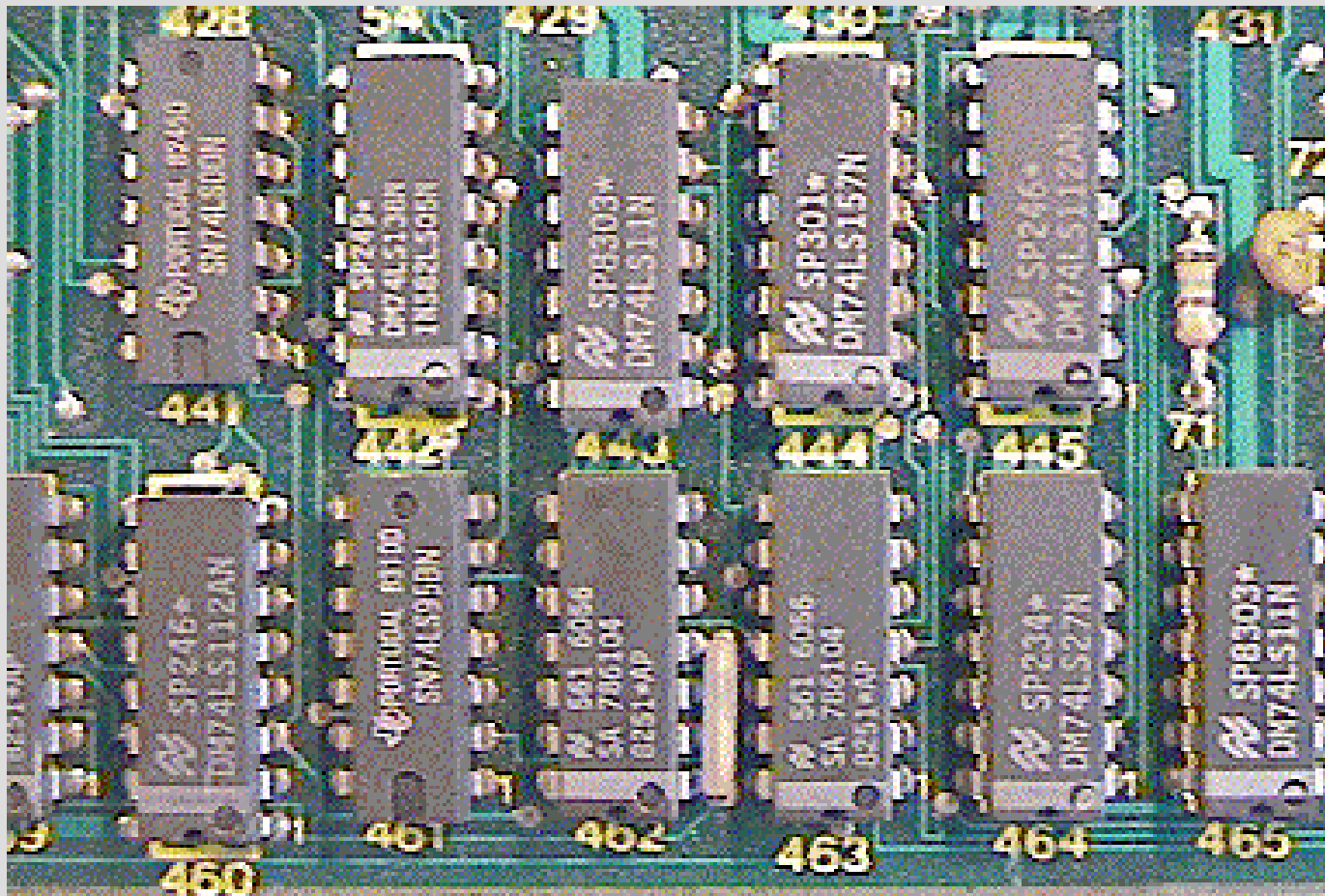
PCB

- aanduidingen van hoeken en bevestigingspunten
- aanduiding component- en soldeerzijde
- ‘stijlvolle’ plaatsing van componenten
 - plaats onderdelen horizontaal of vertikaal, nooit schuin
 - plaats onderdelen met polarisatie (diode, elco) steeds in dezelfde richting (plus-klem steeds aan dezelfde zijde)
 - plaats IC's allemaal volgens dezelfde oriëntatie en liefst op horizontale of verticale rijen
 - gebruik bv. een vierkant pad (i.p.v. rond) voor pin 1 van de IC's en voor de plus-klem van de gepolariseerde componenten
 - laat voldoende plaats tussen de componenten om gemakkelijk de verbindingen te kunnen leggen



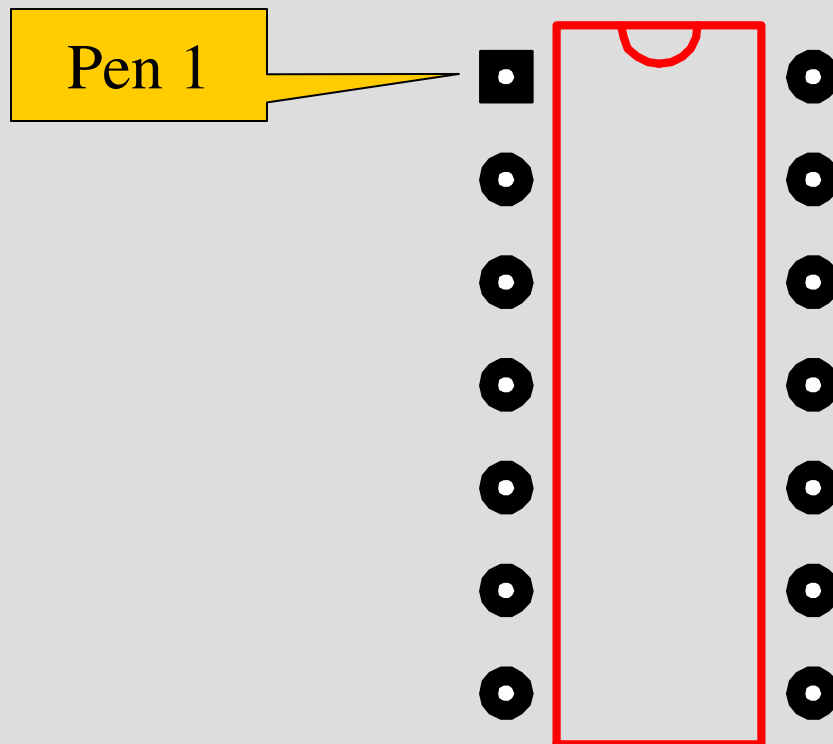
Oriëntatie

PCB



Aanduiding pen 1

PCB



Technisch/Esthetisch

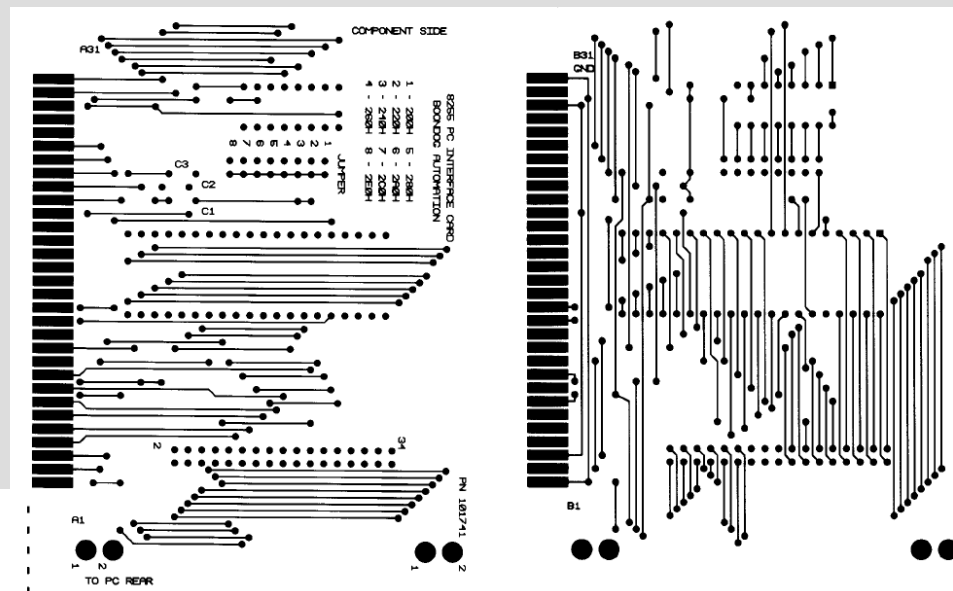
PCB

- aanduidingen van hoeken en bevestigingspunten
- aanduiding component- en soldeerzijde
- ‘stijlvolle’ plaatsing van componenten
- **beperk het aantal verschillende boordiameters**
 - andere boorØ voor IC-pin, draad van traditionele component, gat voor montageschroef, ...
 - maak een boorplan zodat duidelijk is welke Ø voor welk gat
 - denk eraan dat doormetallisatie de gatØ verkleint

Technisch/Esthetisch

PCB

- geen ‘spaghetti’ banen
 - gebruik geen krullende banen
 - gebruik alleen horizontale, verticale en diagonale (45°) banen
 - soms wordt voor dubbelzijdige printen een lay-out gemaakt met alleen horizontale lijnen op één zijde en alleen verticale lijnen op de andere zijde (en via's om over te gaan)



Technisch/Esthetisch

PCB

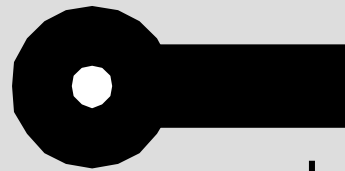
- geen ‘spaghetti’ banen
- verhouding printbaan-soldeereiland
 - printbaan dient steeds smaller te zijn dan soldeereiland



goed



fout



goed

Technisch/Esthetisch

PCB

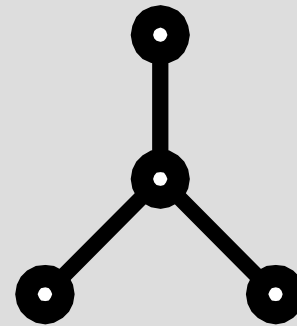
- geen ‘spaghetti’ banen
- verhouding printbaan-soldeereiland
- verhouding soldeereiland-boordiameter
 - zorg dat er na het boren een voldoende groot soldeereiland overblijft

Diameter gat (mm)	Diameter oog (mm)
0.6	1.8
0.8	2.3
1.0	2.5
1.3	2.8
1.6	3.1
2.0	3.5

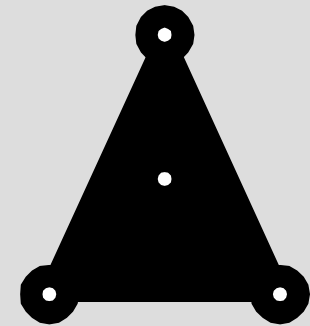
Technisch/Esthetisch

PCB

- geen ‘spaghetti’ banen
- verhouding printbaan-soldeereiland
- verhouding soldeereiland-boordiameter
- voorkom zeer grote soldeervlakken
 - door samenvoegen van verschillende soldeereilanden kan één groot soldeervlak ontstaan
 - dit bemoeilijkt het solderen



goed



fout

Bijzondere eisen

PCB

- EMC = elektromagnetische compatibiliteit
- SMD-componenten
 - automatische bestukking
 - golfsolderen, reflow solderen
 - IC's met hoge pin-count en fijne pitch
- testbaarheid
 - ICCT = In Circuit Component Testing
 - functionele tester
- ...