

21.1

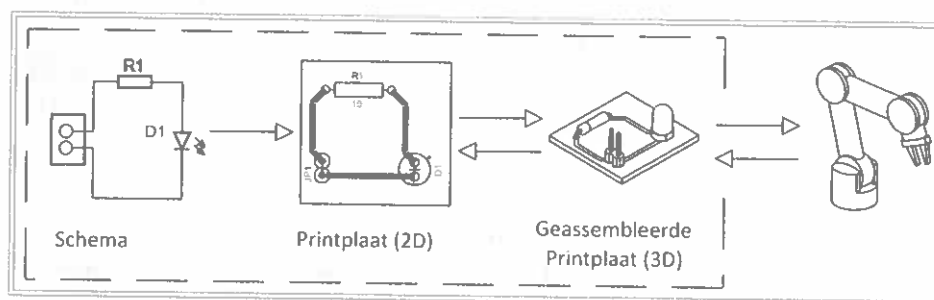
Inleiding

Theorie In veel huidige consumentenproducten is elektronica verwerkt. Het is dan ook niet meer dan logisch dat het CAD systeem dat ondersteunt.

eCAD In Fusion 360 kunnen schakelschema's en printplaten worden ontworpen. Deze printplaten kunnen geïntegreerd zijn in het 3D model. Wanneer gesproken wordt over elektrotechnisch ontwerpen wordt dit ook wel ECAD genoemd, 'Electronics Computer Aided Design'. De ECAD functionaliteit van Fusion 360 is overgenomen uit een ander software pakket van Autodesk: Eagle.

Printplaat Tijdens het ontwerpen van een printplaat worden drie producten gemaakt.

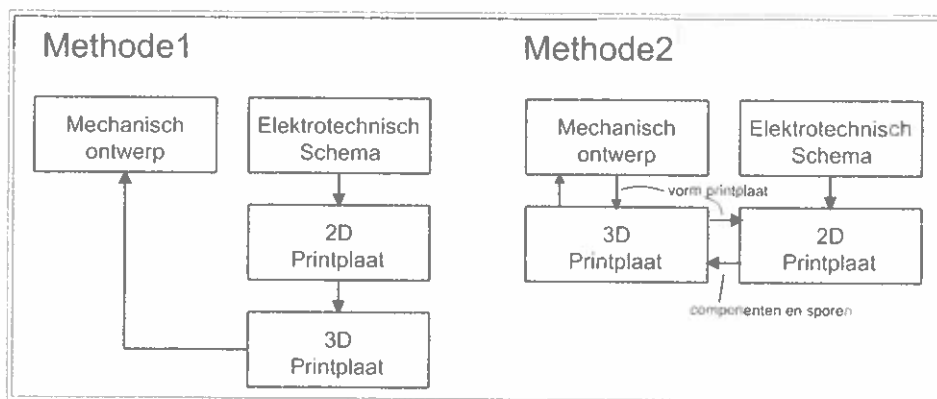
- Het elektrisch schema,
- De 2D printplaat
- Het 3D model van de printplaat



Als de elektronica in een aparte unit staat wordt meestal gestart met het elektrisch schema. Als de elektronica is geïntegreerd in het eindproduct bepaalt de vorm van het eindproduct de contour van de printplaat. Dan kan het ontwerp daarmee beginnen.

Ontwerp volgorde

Afhankelijk van het project kan de focus op het mechanische, of het elektrotechnische ontwerp liggen. In veel gevallen zal het zo zijn dat beide disciplines bij een andere ontwerper liggen. Deze ontwerpers kunnen tegelijk aan hetzelfde project werken door een koppeling te maken tussen elkaars onderdelen.



Methode 1 De elektrotechnisch ontwerper kan een printplaat van start tot eind ontwerpen. De mechanisch ontwerper voegt de 3D printplaat toe aan zijn model en past zijn model aan zodat de printplaat goed past.

Methode 2 De mechanisch ontwerper kan tijdens het ontwerpproces ruimte reserveren voor een printplaat. Hiermee heeft hij de vorm en grootte vastgelegd voor de 3D printplaat. De elektrotechnisch ontwerper koppelt de 3D printplaat aan de 2D printplaat en kan de benodigde onderdelen op de printplaat plaatsen.

In de praktijk zal het zo zijn dat beide methoden door elkaar gebruikt worden. Fusion is daarbij het ideale programma, omdat verschillende mensen uit de twee disciplines kunnen samenwerken in hetzelfde project.

Praktijk**Nieuwe Folder**

Voor een mechanisch ontwerp waarin elektronica is verwerkt zijn meerdere bestanden nodig. Het is overzichtelijk als u deze bij elkaar in één enkele map plaatst.



Als de projecten niet zichtbaar zijn aan de linkerkant van uw scherm; klik dan op de knop om de projecten te tonen.



Zorg ervoor dat de data getoond worden.



Zorg ervoor dat het project van de cursus is geopend.



Klik op de knop voor het aanmaken van een nieuwe folder. Er verschijnt een tekstveld voor de naam.



Geef de folder de naam die in de kantlijn staat.



Dubbelklik op de naam van de folder die u heeft aangemaakt.

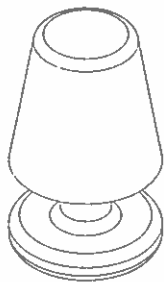


Hide Data Panel

Sluit de projectverkenner. Het enige dat overblijft is het tekenscherf.

Praktijk

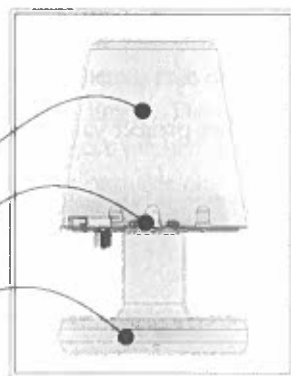
Mechanisch



Kap

Printplaat

Voet



In dit practicum wordt het ontwerp van een schemerlamp uitgewerkt. De lampenkap en voet worden met een 3D printer gemaakt van ABS. Dit materiaal is net zo doorzichtig als melkglas en geeft een prachtige gloed.

De lamp bestaat uit drie componenten, de voet, de printplaat en de kap. De printplaat houdt voet en kap bij elkaar.

Op de printplaat staan drie ledjes voor een mooie lichtverdeling. De printplaat en de elektronische componenten worden ingekocht. Het ontwerp wordt uitgewerkt van eerste schets tot bestellijst.



Klik op de knop voor een nieuw ontwerp. Er verschijnt een nieuw blad.



Activeer het commando om een schets aan te maken. Er verschijnt een grid met de drie hoofdassen in de richtingen x (rood), y (Groen) en z (Blauw).



Klik op het XY-vlak. Deze wordt opgespannen door de rode en groene as.



Maak de schets voor de voet van de lamp, zoals hiernaast aangegeven.



Sluit de schets.



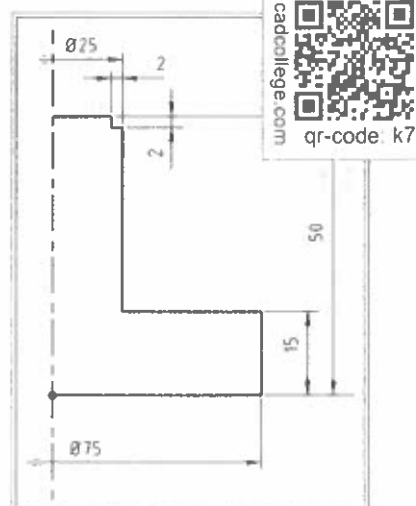
Activeer het commando om de schets te draaien.



Kies voor een nieuw onderdeel.



Bevestig het commando.



Opdracht

Start een nieuwe schets op het XY-vlak. Teken de schets van de kap. De plaats in de schets is niet belangrijk.

Opdracht

Draai het onderdeel, kies daarbij weer voor een nieuw onderdeel.

Opdracht

Verander het materiaal van beide onderdelen naar ABS Plastic.

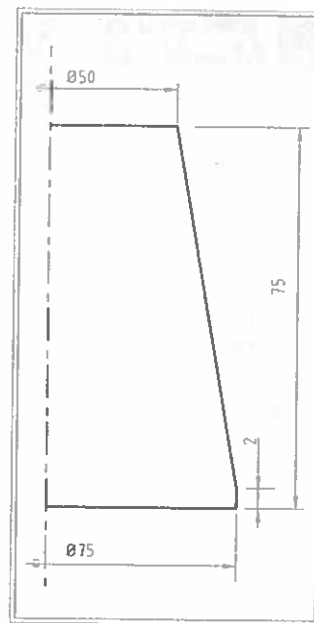


Inspect
Section Analysis

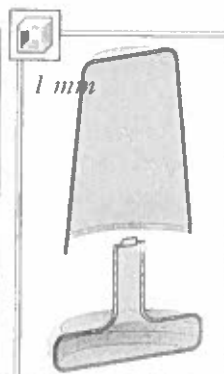
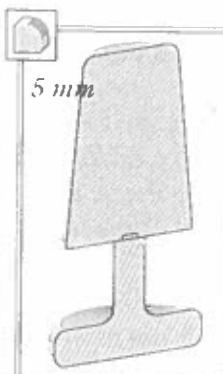
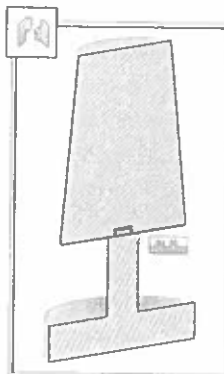
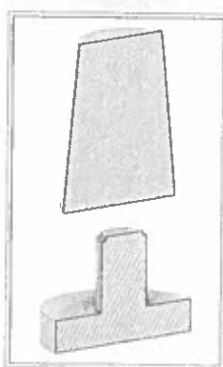
Activeer de weergave naar een doorsnede. Dit geeft een duidelijk beeld van de opbouw van de schemerlamp.



Gebruik de verkenner. Klik op het XY-vlak.

**Opdracht**

Activeer achter elkaar een plaatsvoorwaarde om kap en voet uit te lijnen, vier afrondingen van 5 mm en een twee uitholingen van 1 mm. Kijk goed naar de volgende afbeeldingen.



Save

Name
Mechanisch

Sla het bestand op in de folder die u hiervoor heeft aangemaakt.

Geef deze de naam uit de kantlijn.

Praktijk

3D PCB



Create
Create Sketch



Create
Project / Include
Project



Finish Sketch



PCB

Create
Create independent



OK



Save

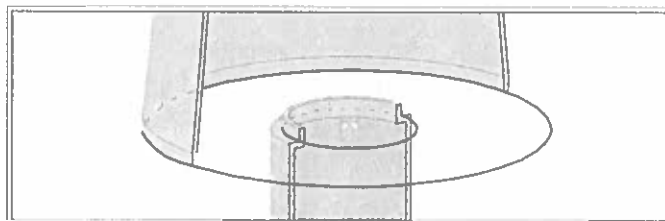
3D PCB

Activeer het commando om een schets aan te maken.

Klik op het draagvlak van de voet. Kijk daarvoor naar de volgende afbeelding.

Activeer het commando om randen te projecteren.

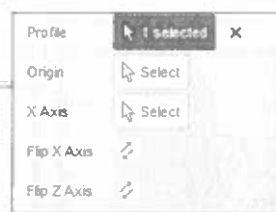
Klik op een rand van de voet en een rand van de kap.
Tussen deze twee cirkels komt het PCB bord.



Sluit de schets.

Activeer het commando om een PCB bord te maken. Er verschijnt een dialoogboxje.

Klik binnen de twee cirkels.



Sluit het dialoogboxje. Er wordt een nieuw bestand geopend met het PCB bord.

Sla het bestand op in de folder van de schemerlamp.

Geef het bestand de naam uit de kantlijn.

21.2

Ontwerpbestand

Theorie

Een elektro ontwerp bestaat uit een elektrisch schema en een 2D of 3D printplaat. Deze staan in separate bestanden. Bovendien bestaat een bestand die de relaties bewaard. Dit laatste bestand noemen we het **ontwerpbestand**. U begint een elektro ontwerp met het ontwerpbestand. Open nooit direct een schema, 2D of 3D printbestand, maar open altijd alleen het ontwerpbestand daarmee opent u ook de andere.

Elektrisch schema

In het schema worden de onderdelen geplaatst en met elkaar verbonden. Eventueel kan er een simulatie plaatsvinden om de werking te controleren. Ook onderdelen die geen deel uitmaken van de printplaat kunnen worden geplaatst in het schema. Een schema kan geëxporteerd worden als werktekening en als stuklijst.

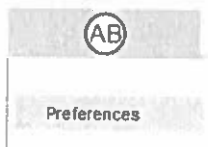
2D Printplaat

De onderdelen die in het schema geplaatst zijn worden geconverteerd naar de verbindingen op de printplaat. In deze fase wordt de contour van de printplaat getekend, worden de componenten gepositioneerd en worden er sporen getrokken. Voor het gebruik van externe fabricage is het mogelijk om de printplaat in Gerber-formaat te exporteren, net als opties voor het exporteren van de pick and place data.

3D Printplaat

Her 3D model van de printplaat bevat dezelfde informatie als het 2D model plus de geïnstalleerde componenten. Dit bestand wordt gebruikt om in het mechanische model te verwerken. Hier kunnen componenten nog worden verschoven als deze niet in de samenstelling passen. Het 3D model vormt ook de basis voor een freesprogramma.

Praktijk



▼ Default Units
Electronics

Default Grid Unit
inch

OK

Praktijk



Name Elektronica

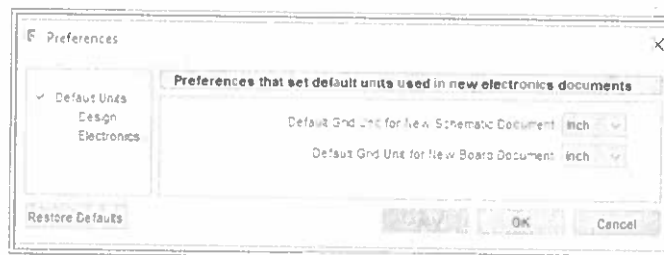
Preferences

Vanaf dit punt in het ontwerptraject gaat de elektrotechnische ontwerper verder.

Activeer de instellingen die onder uw naam gebruikt worden.

Kies de eenheden van de elektronica.

Zet de eenheden voor een grid van het schema en printplaat op inches. De pootjes van veel componenten hebben een afstand van 1/10 inch. Eenheid mil is 1/1000 van een inch.

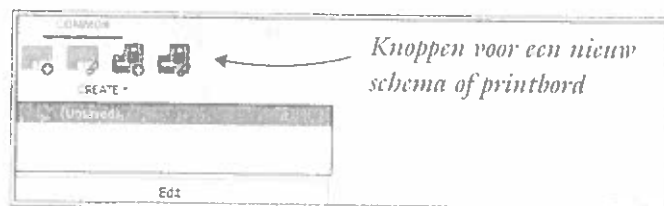


Sluit de dialoogbox van de instellingen.

New Design

U start met het bestand dat de relaties tussen de elektronica bestanden controleert.

Activeer een nieuw ontwerp van elektronica. Er wordt een scherm zichtbaar waarop de bestanden en de onderlinge relaties staan. In eerste instantie is deze lijst leeg.



Sla het bestand op in de map van de schemerlamp.

Geef het bestand de naam uit de kantlijn.

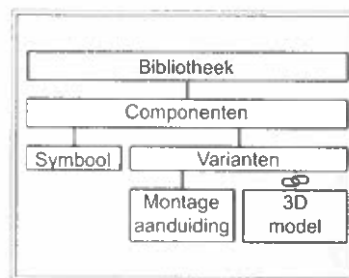
Tip: Als u Fusion afsluit en opnieuw met dit project wilt werken, dan opent u dit ontwerpbestand en niet de andere files.

21.3

Componenten

Theorie Componenten (*Eng: Devices*) worden bewaard in bibliotheken (*Eng: Libraries*). Een component bevat voor alle 3 de ontwerpfasen een apart model.

- Een symbool voor het schema.
- Een montageaanduiding voor het PCB. Dit wordt ook een voetafdruk (*Eng: Footprint*) genoemd.
- Een 3D model voor CAD. (*Eng: Packages*)



Een component kan meerdere varianten bevatten met allemaal hetzelfde schema-symbool. De varianten worden vooral gebruikt voor de verschillende vormfactoren die een component kan hebben.

Aan de varianten kunnen verschillende montages-aanduidingen en verschillende 3D modellen gekoppeld zijn.

Componenten in een bibliotheek omschrijven niet altijd een specifiek onderdeel, ze kunnen ook een groep van onderdelen omschrijven. Een voorbeeld hiervan is een weerstand. Hetzelfde symbool wordt gebruikt voor verschillende weerstandwaarden. Nadat dit onderdeel is geplaatst wordt de waarde toegekend.

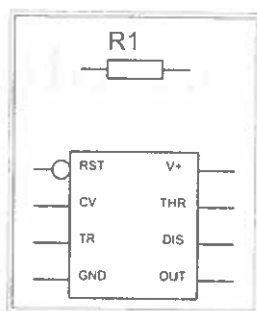
Bibliotheek

De componenten worden verzameld in bibliotheken. Bij de installatie zijn een aantal bibliotheken op uw computer gezet, maar er moet geregeld een nieuwe bibliotheek toege-

voegd worden. Vanuit Fusion 360 kunnen de bibliotheken van www.Library.io doorzocht worden. Andere veelgebruikte bibliotheken zijn te vinden op de websites: eagle.autodesk.com en snapeda.com.

Symbol

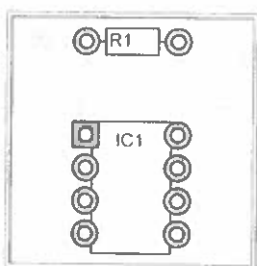
Het symbool bevat informatie voor het elektronische schema. Het symbool bestaat uit lijnen die getoond worden en de notaties die daaraan worden toegevoegd.



Daarnaast bevat het symbool aansluitpunten 'Pins' waar de draden in het schakelschema mee verbonden worden. De Interne logica van het schakelschema wordt grotendeels bepaald door deze pinnen. Hierin wordt onder andere ingesteld welke pinnen aangesloten moeten zijn, of pinnen uitwisselbaar zijn en wat voor effect een onderdeel heeft op de verloop van stroom.

Montage Aanduiding

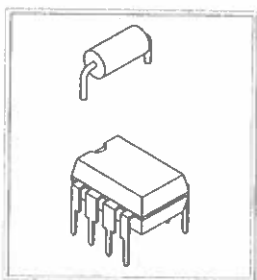
De voetafdruk of montage-aanduiding bevat informatie voor de printplaat.



Deze informatie bestaat uit de montage-eilanden 'Pads', diameter van de boorgaten en de bijbehorende teksten.

3D Model

Het 3D model dient voornamelijk als koppeling tussen het 3D ontwerp en het ontwerp van de printplaat.



Met dit model kan gecontroleerd worden of alles wel in de behuizing past. Het model is niet daadwerkelijk onderdeel van het bibliotheek-bestand maar een referentie naar een bestand. Het 3D Model is nieuw en nog maar weinig bibliotheken bevatten deze informatie.

Praktijk

Bibliotheek

Voor het schemerlampje zijn de volgende componenten nodig. Een batterijhouder, een weerstand een led-lampje en een schakelaar. De batterijhouder zit niet in de bibliotheek die is meegeleverd. Deze moet dus worden uitgebreid.

U werkt in het ontwerpbestand "Elektronica". De bibliotheek is alleen bereikbaar in een schema of PCB.



Activeer het commando voor een nieuwe schema. Er verschijnt een werkbalk met meerdere tabbladen.



Activeer het tabblad van de bibliotheek.



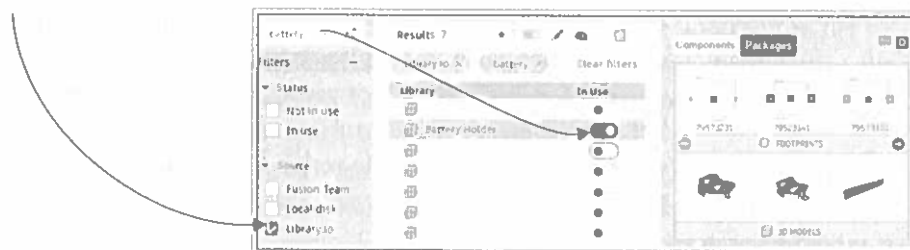
Activeer het commando om een bibliotheek te openen. Er zijn drie tabbladen zichtbaar. Op tabblad 'In Design' staan de componenten die gebruikt zijn in het schema. Op tabblad 'In Use' staan de componenten die u direct kunt gebruiken omdat deze op uw computer staan.

☒ library.io

Gebruik de bibliotheek.

Filter Battery

Type in het zoekveld het engelse woord voor batterij.



Battery Holder

Kies een batterij houder.

In Use

Klik op de knop om deze bibliotheek te downloaden.

X

Sluit het venster.

21.4

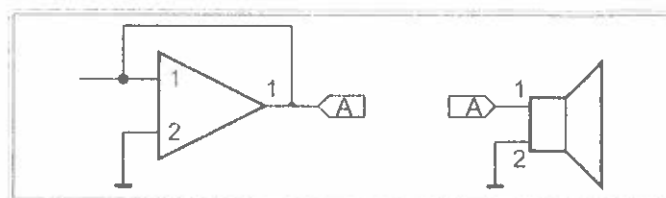
Schema

Theorie Een elektrotechnisch schema wordt gebruikt om de aansluitingen in een ontwerp vast te leggen. Het schema wordt gebruikt als basis voor het ontwerp van de printplaat. Het maken van een schema bestaat uit het volgende stappenplan:

- Plaats alle onderdelen.
- Verbind de onderdelen.
- Pas de waarden van de onderdelen aan.

In Fusion 360 worden onderdelen onderling aangesloten met behulp van het commando 'Net', waarmee een lijn wordt getrokken tussen de aansluitpunten. Wanneer lijnen elkaar kruisen zijn deze niet op elkaar aangesloten, een knooppunt ontstaat wanneer een lijn eindigt op een andere lijn.

Een complex schema zou verwarrend worden als alle onderdelen met lijnen verbonden worden. Vaak worden lijnen alleen symbolisch met elkaar verbonden door bijvoorbeeld het gebruik een voedingssymbool of een benaming. In het volgende voorbeeld zijn alle verbindingen met hetzelfde nummer direct met elkaar verbonden.



Praktijk**Componenten plaatsen**

U werkt verder met het schema van de vorige paragraaf.

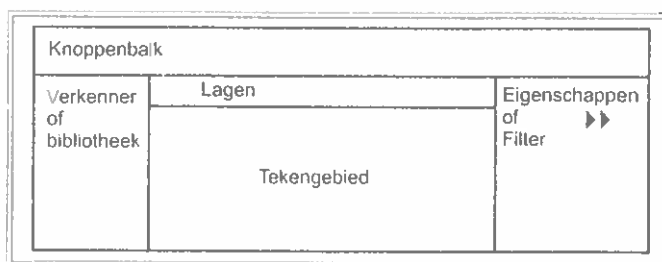
Activeer het tabblad voor de printplaat.

Design




Het scherm is opgedeeld in een aantal gebieden.

Met de pijltjes (◀◀) en (▶▶) kunt de vensters verbergen. U heeft alleen het tekengebied nodig.



Verkenner In de verkenner staan de gegevens van alle componenten die geplaatst zijn en alle sheets die aangemaakt zijn.

Bibliotheek Op dit tabblad staan alle componenten die u kunt plaatsen.

Lagen Er is een lijst met voorgedefinieerde lagen. U maakt een laag (on)zichtbaar met de knop Display . Als u een laag actief maakt wordt deze ook zichtbaar.

Tekengebied Het tekengebied gebruikt u voor het schema.

Selecties U selecteert een element door op het +-teken van het element te klikken. Met de Shift-toets kunt meerdere elementen kiezen. Met Escape is niets geselecteerd.

Filter In het venster van het filter staat een lijst met dingen die u kunt selecteren. Als alles is aangevinkt, dan kunt u alles selecteren. Er staan dan + tekens bij alles dat getekend is. U selecteert een element door op het +-teken te klikken. U kunt er ook voor kiezen om alleen componenten of teksten te kunnen kiezen. Dan staan er dus minder +-tekens.

Eigenschappen-venster Het eigenschappenvenster gebruikt u om elementen te veranderen. Bijvoorbeeld de waarde van een weerstand.

Place Components

Opto-Electronic

LED Radial

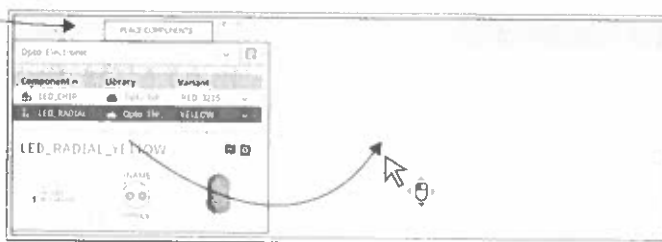
Yellow

Kies de palette zichtbaar om een component toe te voegen.

Kies de bibliotheken van de optische electronica.

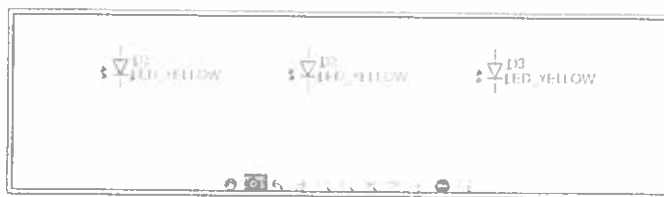
Kies voor een Led.

Kies uit de bibliotheek een geel ledje, zoals in de volgende afbeelding is aangegeven. In de voorbeeldafbeeldingen ziet u het symbool, de voetafdruk en het 3D model.



Sleep het ledje naar het tekengebied.

Klik drie maal om het symbool te plaatsen. Sluit het commando met de Escape-toets.



Na Escape verschijnt de dialogbox met componenten opnieuw.

Resistor

R

R AXIAL 11.7MM

Kies de bibliotheken van weerstanden.

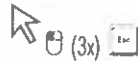
Kies de bibliotheek R.

Kies het weerstandje dat in de kantlijn is aangegeven. Ook voor dit onderdeel zijn een symbool, montageaanduiding en 3D model aanwezig. (R: Europees, R-US: Amerikaans)





Sleep een weerstand naar binnen. Klik op de rechter muis-knop om het symbool een kwartslag te draaien.



Klik drie maal boven de lampjes.

Switch

Kies de bibliotheken van schakelaars.

Ds01E

Kies een schakelaar. (Ds01E: Europees, DS01: Ameri-
kaans) Sleep naar binnen, klik in het scherm voor de plaats.
Druk dan op de Escape-toets.



Battery Holder

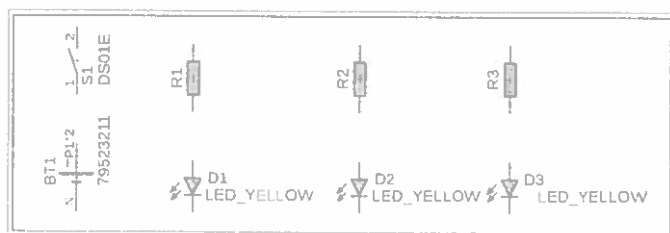
Kies de bibliotheek die u in de vorige paragraaf heeft ge-
downloaded. Let op er zit een spatie in de naam. Er bestaat
een andere bibliotheek met een liggend streepje.

79523211

Kies de batterijhouder. Sleep deze naar binnen. Klik op de
rechter muisknop om te draaien en klik op de linker muis-
knop voor de plaats. Druk dan op de Escape-toets.



Klik op OK en klik in het scherm voor de plaats. Druk op
de Escape-toets. Sluit de dialogbox met de knop Cancel.



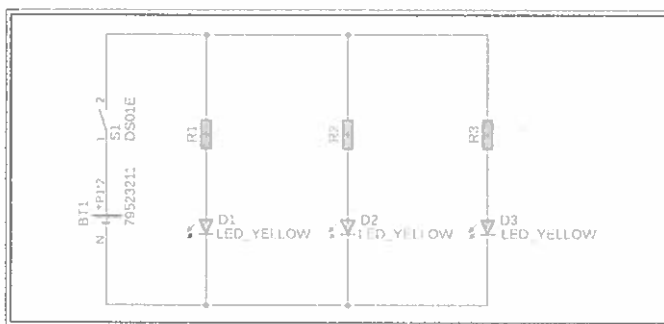
Praktijk



Componenten verbinden

Activeer het commando om de componenten te verbinden.

Klik daarna op alle verbindingpunten. Er verschijnt een rondje als draden met elkaar verbonden worden. Zonder rondje is er geen verbinding, maar kruizen de verbindingen.



Praktijk



New Value 47

Opdracht

Achtergrond: Het is niet mogelijk alleen een lampje te plaatsen. Omdat zowel een LED lampje als een batterij een zeer kleine weerstand hebben, moet er voor ieder lampje een weerstand geplaatst worden, anders ontstaat kortsluiting.

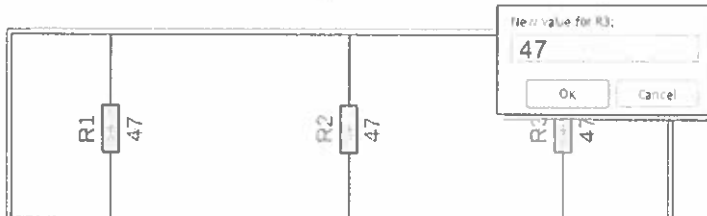
Waarden instellen

Activeer het commando om de waarden van bijvoorbeeld de weerstanden in te stellen.

Klik op het plusje midden op een weerstand voor een dialoogboxje. Het **+**-teken gebruikt u voor de selectie.

Geef deze weerstand een waarde van 47 Ohm.

Doe dit ook voor alle andere weerstanden.



Achtergrondinformatie: Volgens de specificaties van de LED heeft deze een voltage nodig van 2,1V voordat de stroom begint te lopen. De LED-lamp werkt het beste bij 20mA. Een knoepcel heeft een nominaal voltage van 3,0V. Om de juiste weerstand te kiezen gebruiken we de wet van Ohm:

Weerstand (R) = Spanningsverschil (U) / Stroom (I) = (3V - 2,1V) / 0,02A = 45 Ohm. 45 Ohm is geen standaard waarde voor een doorsteekweerstand, maar 47 Ohm wel.

21.5

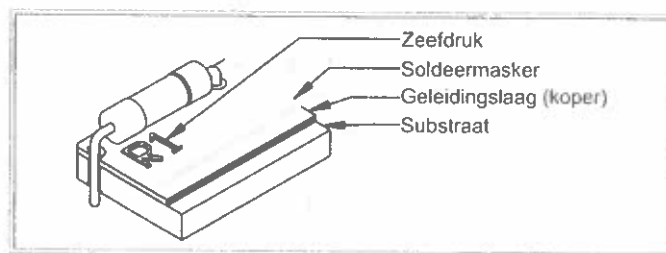
Printplaat

Theorie Een printplaat bevat de componenten en de verbindingen. Een printplaat is een goedkoop alternatief voor het verbinden met draden.

Bij het ontwerpen van een printplaat worden de volgende stappen doorlopen:

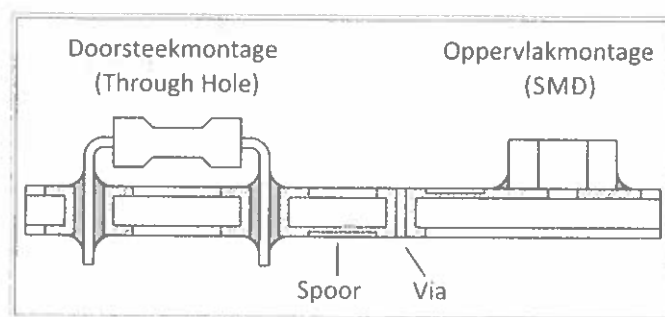
- Tekenen van de contour van de plaat
- Instellen voorwaarden (Design Rule Check)
- Plaatsen van de componenten
- Verbinden van de componenten
- Controleren gestelde voorwaarden

Een printplaat bestaat uit meerdere lagen (*Eng: 'Layers'*) waarbij minimaal één laag elektrisch geleidend is. Uit deze laag wordt materiaal weggehaald, doormiddel van frezen of etsen, om elektrische paden te vormen, dit zijn de sporen (*Eng: 'Traces'*).

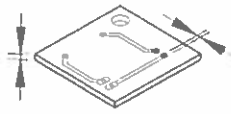


Zeefdruk De laag met teksten wordt de zeefdruk genoemd (*Eng: Silk-screen*). Deze kan gebruikt worden om aan te geven waar de componenten komen of om een logo te plaatsen.

- Soldeermasker** Het soldeermasker (*Eng: Solder Mask*) dient ter bescherming en isolatie van de elektrisch geleidende laag.
- Routing** De routingslaag (*Eng: Copper Layer*) is elektrisch geleidend en is gemaakt van koper.
- Substraat** Het substraatmateriaal (*Eng: Substrate*) dient nogmaals ter isolatie en geeft het bord mechanische sterkte.
- Componenten** Boven- of onder de printplaat worden de componenten gesoldeerd. Er worden in het algemeen twee verbindingstechnieken gebruikt; de doorsteekmontage (*Eng: Through-Hole Device, THD*) of oppervlakmontage (*Eng: Surface Mounted Device, SMD*). Veel componenten hebben varianten voor beide verbindingstypen. Over het algemeen is oppervlakmontage compacter en goedkoper. Doorsteek-onderdelen zijn makkelijk handmatig te plaatsen en worden veel gebruikt voor prototypes en toepassingen met hoge stroomsterktes. Op de plekken waar de componenten worden gesoldeerd steekt het spoor buiten het soldeermasker; dit zijn de montage-eilanden (*Eng: Pads*).



Om onderdelen onderling met elkaar te verbinden wordt de geleidingslaag opgedeeld in kopersporen. Om te voorkomen dat sporen elkaar kruisen kan een verbinding worden gelegd met een andere geleidingslaag om daar verder te gaan met het spoor. Deze verbinding door het bord heen wordt een Via genoemd en bestaat uit een gemetalliseerd gat.

Printplaat instellingen

De printplaat is in te stellen met het commando *'Design Rule Check'* op tabblad *'Rules'*. Hier zijn verscheidene instellingen te vinden met betrekking tot de lagen en onderlinge afstanden. Het commando dient tevens ter controle van het bestaande ontwerp.

Sporen / Route

Sporen worden geplaatst met de route commando's. Voor elk deel van een spoor kunnen de instellingen, zoals de breedte, worden aangepast. Wanneer er geen instellingen worden gemaakt gebruikt Fusion de algemene instellingen van de printplaat. Om u te helpen tijdens het tekenen laat Fusion met grijze lijntjes zien tussen welke punten nog een verbinding moet worden gemaakt. Deze lijntjes worden *'Air Wires'* genoemd. Het geheel aan lijntjes het *'Ratsnest'*.

Wanneer een spoor verder gaat op een andere laag wordt er automatisch een Via aangemaakt.

*Route hulp:
quickRoute &
autoRouter*

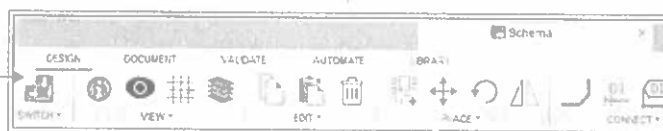
Met de commando's *'QuickRoute'* kunt u Fusion zelf laten zoeken naar de snelste oplossing per verbinding. Met het commando *'Autorouter'* kunt u Fusion automatisch laten zoeken naar routes voor alle openstaande verbindingen. Fusion gaat op zoek naar een aantal alternatieven en laat de gebruiker vervolgens kiezen wat de beste opties is.

Vorm van het bord

De vorm van het bord wordt bepaald door contourlijnen (*Eng: Outline*). De contour moet gesloten zijn. Wanneer een nieuwe contour binnen een bestaande contour wordt getekend beschouwt Fusion dit als een opening in het bord. Contouren worden meestal getekend in het 2D PCB bestand. In dit practicum ontstaat de contour doordat deze is overgenomen van het 3D PCB bestand.

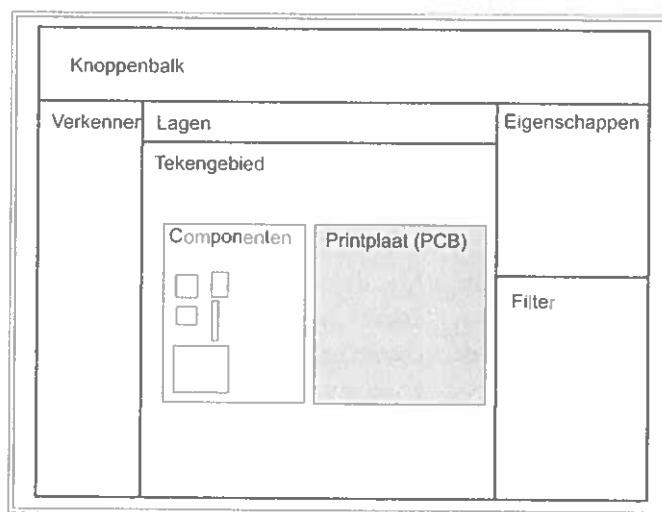
Praktijk 2D PCB

U werkt verder met het project van de vorige paragraaf. U bent bezig met het schema.



Switch
Switch to PCB

Activeer het commando om het schema om te zetten naar een 2D PCB layout. De printplaat wordt nu aangemaakt.



De knoppenbalk en het tekengebied zijn veranderd. Het tekengebied is opgedeeld in een gedeelte met de voetafdruk van de componenten en het deel waarin de printplaat wordt getekend.

Als u geen mechanisch ontwerp zou hebben gehad, dan zou u nu de omtrek van de printplaat tekenen. Voor dit practicum is dat niet nodig, u kunt de omtrek van de printplaat overnemen en koppelen aan het 3D bestand.

Sluit het bestand op. Voor een koppeling is de naam nodig.



Save As

Name: 2D PCB

Geef deze de naam uit de kantlijn.

3D PCB

Open het bestand 3D PCB. Dat is het bestand dat gemaakt is toen u het schemerlampje modelleerde.



Modify
Link to 2D PCB

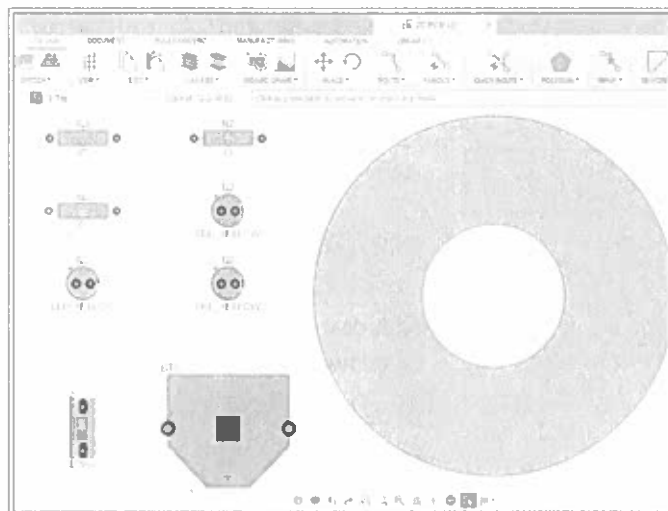
Klik op de knop om dit 3D bestand te linken aan het 2D printplaat die u hiervoor heeft gemaakt.

2D PCB

Kies het 2D bestand.

Select

De schets wordt gekopieerd naar het 2D PCB bestand. Dit bestand wordt geopend.



Praktijk

Positioneren Componenten

Er wordt bij het positioneren gebruik gemaakt van een raster.



Grid Settings

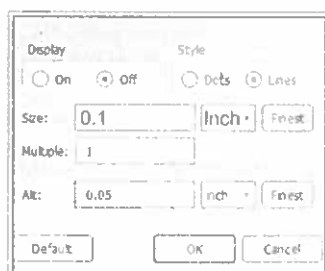
Size: 0.1

Inch

Klik op de knop aan de onderkant van het tekengebied. Activeer het commando om het raster in te stellen. Er verschijnt een dialoogboxje

Stel het raster in op 1/10 van een inch. De componenten van de elektronica zijn vaak aangepast aan deze waarde.

Stel de eenheden in op inches.



OK

Selection Filter

Device



Controleer de invoer en sluit het venster.

Toon de palette van het selectiefilter. De palette zit meestal aan de rechter kant van uw scherm.

Gebruik het venster van het selectiefilter en filter op de componenten, zodat u niet per ongeluk een tekst versleept.

Activeer het commando om een component te verplaatsen.

Klik op het plus-teken van een component.

Klik daarna op de juiste plaats. Als u tijdens het plaatsen op de rechter muisknop drukt wordt het component gedraaid.

In de volgende afbeelding ziet u de plaats van alle componenten.

Praktijk

Rules DRC/ERC

SRC
DRC

Clearance

X 0.6 mm

Sizes

Min Width 1 mm

Min Drill 0.35 mm

Annular Ring

Opdracht

Design Rule Check

Voordat u de sporen gaat aanbrengen stelt u een aantal voorwaarden in, zoals de afstand tussen twee sporen.

Activeer het tabblad voor de instellingen van de sporen.

Activeer het commando voor de instellingen van de sporen. We lopen de verschillende bladen door met de gedachte dat er een prototype gemaakt moet kunnen worden met een freesje van 0.5 mm en een boor van meer dan 0.35 mm. De sporen maken we 1 millimeter, dat is een mooi rond getal.

Activeer het tabblad voor waar de freesbanen beschreven worden.

Verander alle waarden naar 0.6 mm.

Category	Signal Type	Value
Wire	Wire	0.6 mm
	Pad	0.6 mm
	Via	0.6 mm
Different Signals	Pad	0.6 mm
	Via	0.6 mm
	Via	0.6 mm
Same Signals	Smd	0.6 mm
	Pad	0.6 mm
	Via	0.6 mm

Activeer het tabblad van de maten.

Verander de minimale spoorbreedte naar 1 mm.

Verander de minimale boordiameter naar 0,35.

Category	Value
Minimum Width	1 mm
Minimum Drill	0.35 mm
Min. Micro Via	0.99 mm
Min. Blind Via Rate	0.5

Kies het tabblad met de grootte van de donuts.

Verander de dikte van de schijf rondom een gat naar 25% van de diameter van het gat. Deze diameter is vastgelegd in de voetafdruk. De schijf heeft een minimum van 0.4 millimeter en een maximum van 1 mm.

	Min	%	Max	Diameter	
Pads	Top	0.4 mm	25	1 mm	
	Inner	0.4 mm	25	1 mm	<input type="checkbox"/>
	Bottom	0.4 mm	25	1 mm	
Vias	Outer	0.4 mm	25	1 mm	
	Inner	0.4 mm	25	1 mm	<input type="checkbox"/>

Apply

Pas de instellingen toe.

Cancel

Sluit de dialogbox.

Praktijk

Tekenen sporen

De 'airwires' geven aan welke pinnen verbonden moeten worden door sporen of draden.

Activeer het tabblad Design.

Activeer het commando om handmatig de 'airwires' te vervangen door sporen. Er verschijnt een dialogbox.

Stel de spoorbreedte in op 1 mm.

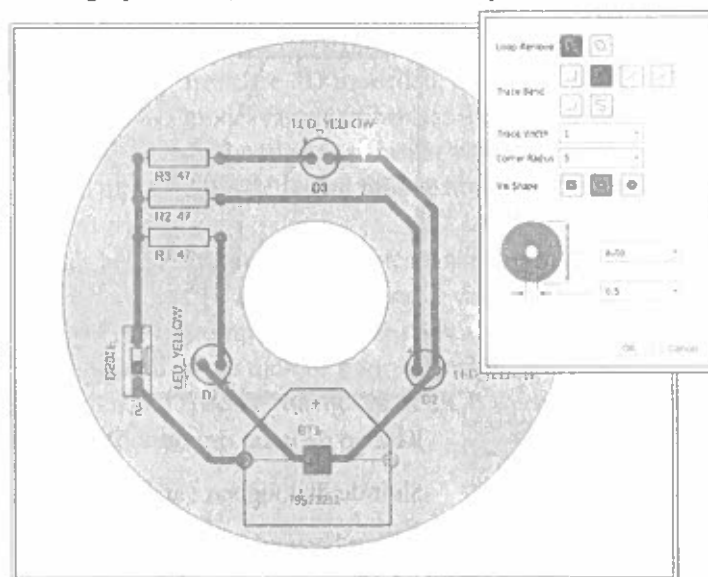
Klik op het beginpunt van een 'airwire' en misschien tussendoor op nog een ander punt tot en met het eindpunt. Vervang op deze wijze alle 'airwires' door sporen.

Design

Route
Route Manual

Trace Width 1 mm

Opdracht



Praktijk

Controleren sporen

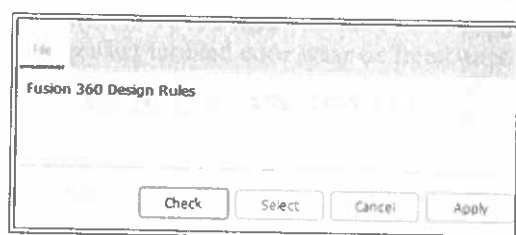
Tijdens het tekenen van de sporen is al rekening gehouden met de instellingen van de sporen. De sporen liggen automatisch al ver genoeg van elkaar. Het kan echter zijn dat u sporen bent vergeten.

Rules DRC/ERC



Activeer het tabblad om de sporen te controleren.

Activeer de controle van de sporen. Dezelfde dialogbox die u heeft gebruikt voor de instellingen verschijnt.



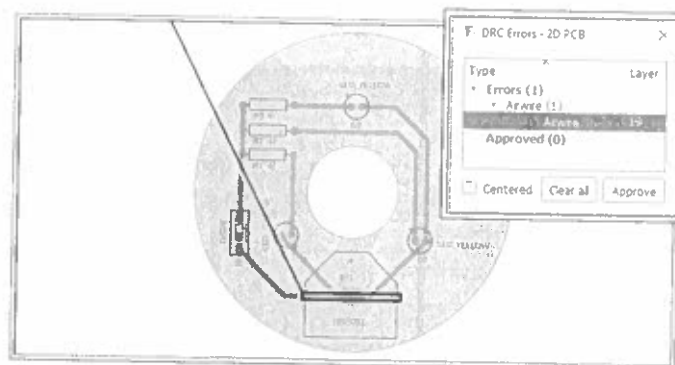
Check

Klik op de knop om het ontwerp te controleren. Er verschijnt een klein venstertje met een foutmelding. Er wordt aangegeven dat een 'airwire' is vergeten.

Airwire

Klik in de dialogbox op de foutmelding. In het scherm wordt geaccentueerd om welk draad het gaat. U zou deze kunnen vervangen door een spoor, maar dat is niet echt nodig, omdat de batterijhouder zelf geleidend is, met andere woorden deze verbinding ligt er al.

Tip: Bij het verplaatsen of verwijderen van een spoor, moet u eerst het selectiefilter op Wire zetten.



Approve

Klik op de knop om deze "omissie" toch goed te keuren.

X

Sluit de dialogbox van de foutmelding.



Save

Sla het bestand op.

21.6

3D printplaat

Theorie

De mechanisch ontwerper kan tijdens het ontwerpproces ruimte reserveren voor een printplaat. Dit kan dan later door de elektrotechnisch ontwerper worden gebruikt als basis voor de printplaat. Zo gaat het in dit practicum.

Geassembleerde printplaat

Het 2D ontwerp van de printplaat kan geconverteerd worden naar een 3D ontwerp. Dit wordt gedaan om het ontwerp van de printplaat in het ontwerp van het eindproduct te plaatsen. Fusion biedt de optie om 2D printplaat naar 3D te converteren met

- View 3D PCB
- View 3D PCB with Canvas

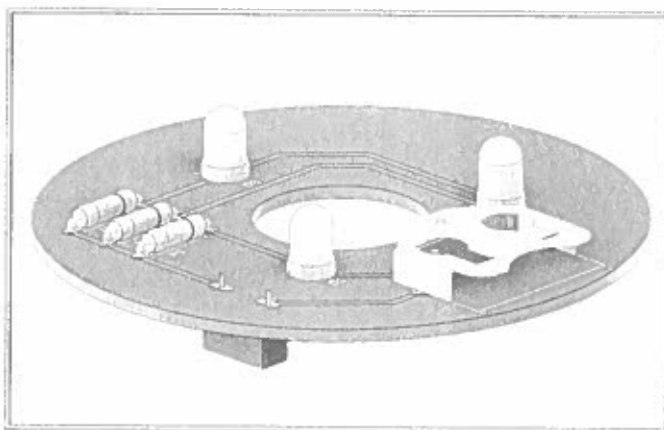
De eerste functie zet de verschillende lagen van de printplaat om naar meerdere 3D modellen, de laatste functie maakt één 3D model van de printplaat waar een afbeelding op ligt. De eerste functie kan gebruikt worden om de sporen uit te frezen, de laatste functie houdt Fusion sneller.

Aanpassen

Vanuit het 3D bestand kunnen kleine aanpassingen gemaakt worden aan het PCB zoals de contour van het bord en de posities van de componenten. De contour kan worden aangepast vanuit de tijdlijn. Voor het verplaatsen van componenten zijn speciale functies in de PCB werkruimte, groep Modify.

Praktijk**3D PCB**

Klik op de knop om het 3D model te verversen. Alle componenten worden op de juiste plaats gezet.



Save

Sla het bestand op.

Praktijk**Mechanisch ontwerp**

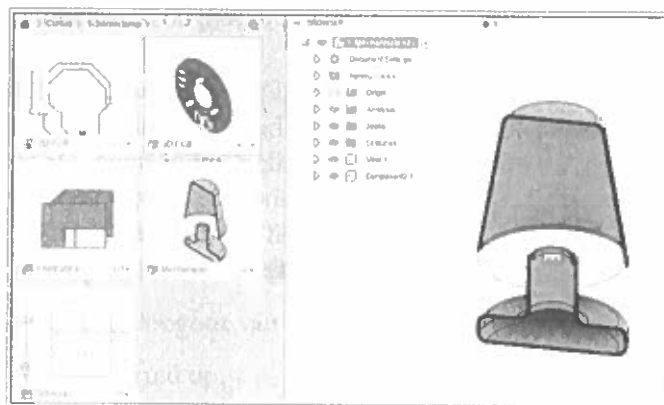
Mechanisch

Open het 3D model van het schemerlampje.



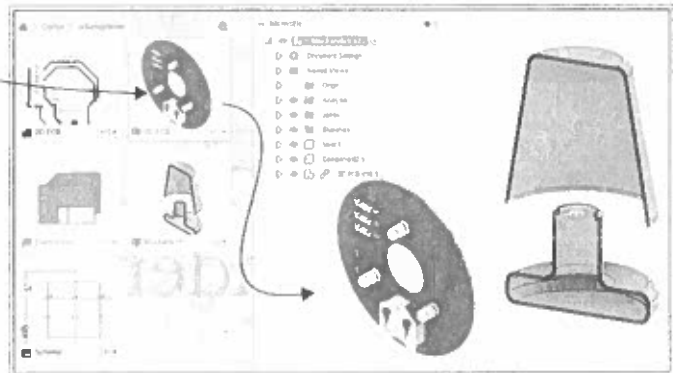
Show data panel

Open het datapaneel.





Klik in het datapaneel op het bestand van de 3D PCB. Houdt de muisknop ingedrukt en sleep dit bestand naar het mechanische model. Er wordt op deze wijze een link gemaakt.



Gebruik de verkenner. Klik met de rechter muisknop op "3D PCB" en kies voor het samensmelten als een geheel.



Activeer het commando om een plaatvoorwaarde te plaatsen.



Klik op het midden van de bovenkant van de voet en op het midden van de 3D PCB bord. Controleer of het PCB bord past

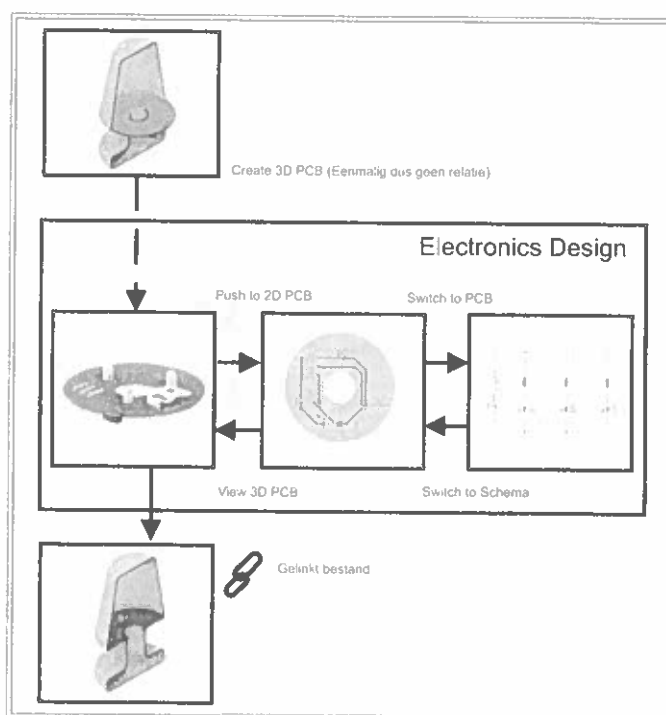


Gebruik de modelverkenner. Zet de weergave van de doorsnede uit.

21.7

Samenhang tussen bestanden

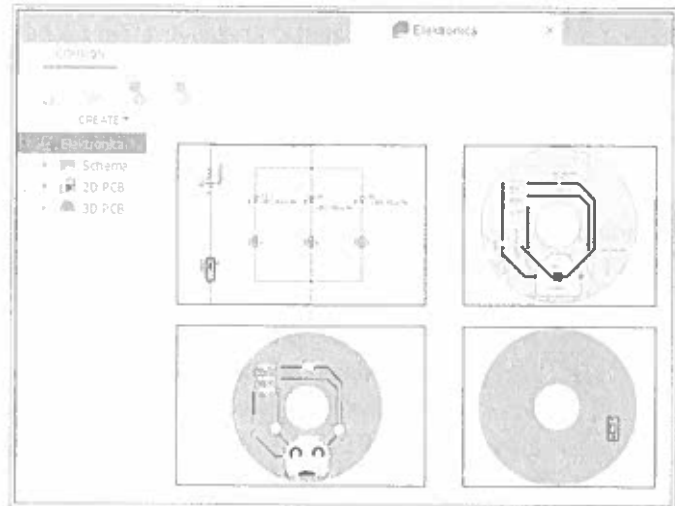
Theorie U werkt in een elektronisch ontwerp met vier afzonderlijke bestanden. Dit is niet zo overzichtelijk, maar heeft als voordeel dat de bestanden ook in andere ontwerpen mogen voorkomen. In de volgende afbeelding staat schematisch de gevolgde procedure. De mechanische ontwerper start bovenaan. De elektro ontwerper start rechts.



De relaties tussen het schema en het 2D printplaat wordt in stand gehouden door het ontwerpbestand. U kunt de relaties van daaruit veranderen.

Elektronica

Activeer het tabblad van het bestand "Elektronica". Op dit tabblad staan alle relaties. Als u in de lijst met de rechter muisknop op een een van de bestanden klikt, dan kunt een link verbreken en daarna een nieuwe link of een nieuw bestand aanmaken.



Als u een oude versie van het schema terughaalt, dan moet u ook een oude versie van de 2D printplaat ophalen. In het ontwerpbestand klikt u met de rechter muisknop op de bestanden om de relaties te herstellen.

De relatie tussen 2D printplaat en 3D printplaat lijkt niet in het ontwerpbestand te staan, maar in het 2D printbestand.

Out of sync

Als u achteraf wijzigingen aanbrengt in bijvoorbeeld de 'values' van de componenten van het schema, dan komt het wel eens voor dat deze waarde niet goed wordt doorgevoerd in de printplaat. Daarmee wordt de synchronisatie tussen die twee verbroken. U kunt controle om welke eigenschap dat gaat vanuit het bestand van het schema met [Validate > ERC]. Daarna veranderd u de waarde door op het juiste plusje te klikken.

21.8

Tekening van het schema

Theorie Een elektronisch schema wordt gebruikt om de printplaat te bestukken of om fouten op te sporen. Dit schema moet eenduidig zijn. Het elektronische schema is vaak lastig te lezen, daarom worden er normen en handregels toegepast om dit te vergemakkelijken.

Symbolen U gebruikt bij een schema de symbolen die voorgeschreven zijn in de internationale norm IEC 60617 of de Nederlandse bewerking NEN 5152. U heeft hier al mee te maken gehad tijdens het kiezen van de componenten. Voor de weerstand en de schakelaar had u op dat moment kunnen kiezen voor hetzelfde component met ofwel het Amerikaanse ofwel het genormeerde symbool.

Kruisen van verbindingen Een schema is zo getekend dat verbindingen elkaar zo min mogelijk kruisen.

Stroomrichting
Leesrichting In een schema wordt in het algemeen de hoogste spanning bovenin getekend. En de laagste onderin. Vaak zijn dat de eerste horizontale lijnen die op papier worden gezet.

Verder wordt zo veel mogelijk links de ingang van een schema getekend en rechts de uitgang. Met ingang kunt u denken aan een batterij of schakelaar en de uitgang kan een LED lamp zijn. Dus schakelaar links en LED rechts.

In hoofdlijn kan gezegd worden dat een schema met de klok mee getekend of gelezen wordt. Voeding loopt van

boven naar onder en signaal van links naar rechts. Maar u moet niet allerlei trucs uithalen om aan deze regels te voldoen. Het belangrijkste is dat het schema duidelijk is. De meeste schema's voldoen maar beperkt aan de voorgaande handregels.

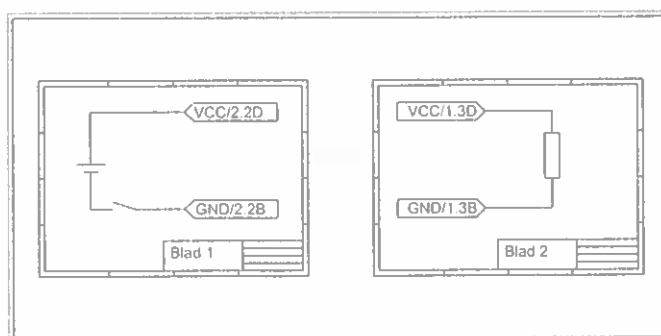
Tekeningkader Een tekening kent vaak extra notaties om de tekening te verduidelijken of om de tekeningen te organiseren. Denk daarbij aan toegevoegde opmerkingen en tekening-kaders.

Enkele bibliotheken bevatten ook componenten die bedoeld zijn als tekenelementen maar niet voorkomen op de printplaat. Deze componenten bevatten geen montage aanduiding of 3D Model. Dit kan onder andere gebruikt worden voor een tekeningkader of onderhoek.

Om handmatig een tekst of tekening toe te voegen wordt gebruik gemaakt van de functies uit de groep Draw. Deze tekeningen worden vaak op tekenlaag 97 of 98 geplaatst.

Meerdere pagina's Een complex schema past vaak niet op één blad. Het schema wordt in zo'n geval gesplitst over meerdere bladen (*Eng: Sheets*). Een verbinding die doorloopt op een ander blad wordt getekend als twee verschillende lijnen, op elk blad één. Deze lijnen worden daarna met elkaar verbonden door ze dezelfde naam te geven. Ter verduidelijking van de tekening moeten de namen er bij worden geplaatst. Dit kan met het commando Label. Het label kan ook aangeven op welke pagina de verbinding verder loopt. De naamgeving is als volgt opgebouwd:

Naam / BladNummer .Vak_Horizontaal + Vak_Verticaal

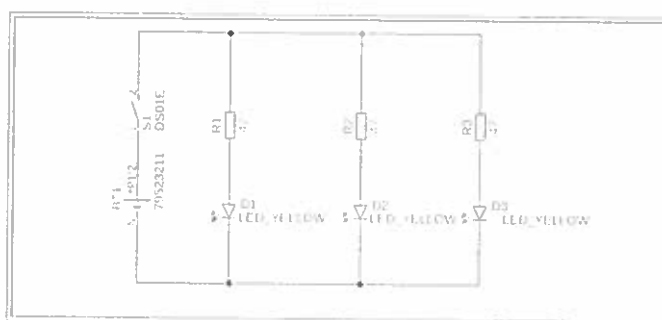


Praktijk

Schema v. X

Schema

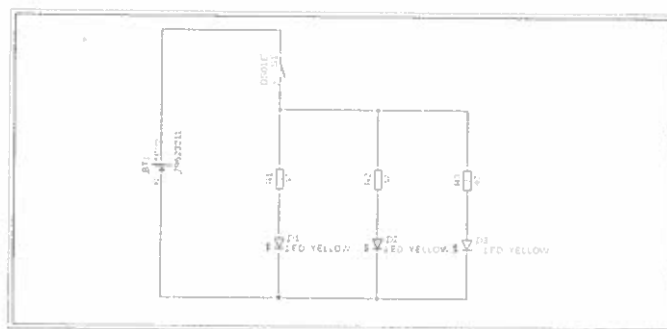
Activeer het bestand met het schema.



Opdracht

Schuif de schakelaar naar en boven en pas alle verbinden aan, zodat er twee horizontale lijnen ontstaan met positieve en negatieve voltage.

Pas op: Als u een lijn verwijdert, dan wordt het bijbehorende printbaan verwijderd uit de printplaat.



Place Component

Activeer het commando om een component toe te voegen.

Power Symbols

Kies de bibliotheken met voedingssymbolen.

GND-BAR

Kies uit de lijst voor het symbool uit de kantlijn. Omdat er alleen een symbool en geen voerafdruk bestaat van dit onderdeel wordt deze niet meegenomen in het PCB.

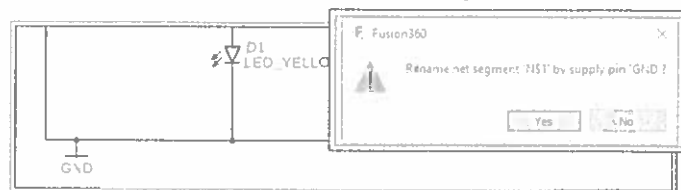


OK

Sluit de dialogbox.



Klik onder de onderste lijn. Er verschijnt een vraag of u deze onderste lijn een andere naam wilt geven.



Yes

Bevestig de vraag om de lijn een andere naam te geven.

OK

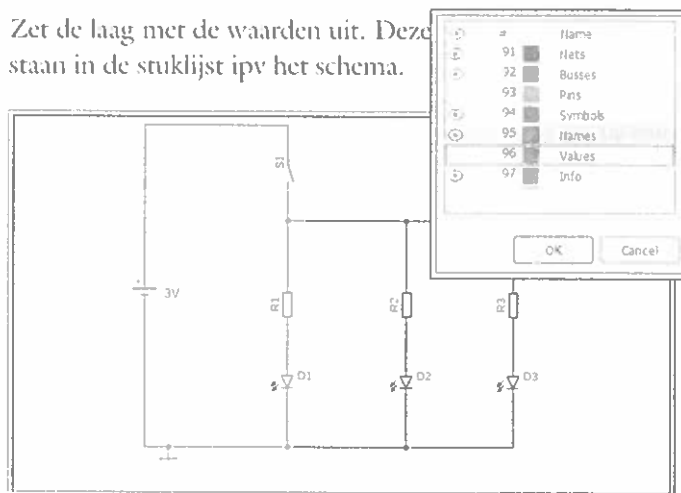
Sluit de dialogbox

View Layers

Activeer het commando om de lagenmanager weer te geven.

96 Values

Zet de laag met de waarden uit. Deze staan in de stuklijst ipv het schema.



Als u op het +-teken van een tekst klikt kunt u deze in een ander laag leggen, een andere hoek geven of de waarde veranderen.

OK

Sluit de dialogbox met de lagen.

Praktijk

Tekeningkader

LIBRARY

Activeer het tabblad van de bibliotheek

Libraries
Open Lib. Manager

Activeer het commando om de bibliotheek van componenten te openen.

☒ Library.io

Kies internet.

Frames

Kies in het filter voor het zoeken naar een kader.

Frames In Use

Selecteer uit de keuzelijst voor Frames.

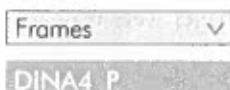


X

Sluit de dialoogbox.



Werk verder met het tabblad van het ontwerp.



Activeer het commando om een component toe te voegen. Een kader plaatst u alsof het een component is. Omdat er geen voetafdruk is wordt deze niet meegenomen in de printplaat.

Open de bibliotheek van de kaders.

Kies een recht A4.



Opdracht

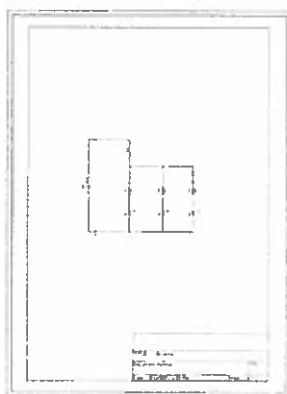


Sleep het blok naar binnen.

Klik om het kader te positioneren. U zult tussendoor aan de muisknop moeten draaien om het hele scherm te tonen. Zorg ervoor dat het schema duidelijk zichtbaar is. Breek het commando daarna af. De dialoogbox verschijnt opnieuw.

X

Sluit de dialoogbox.



Tip: Een aantal teksten zijn al ingevoerd. Als u andere teksten of lijnen wilt plaatsen, dan activeert u het tabblad Document. Daarop staan normale 2D tekenfuncties. De kleur van de elementen bepaalt u met de laag.

21.9

Bill of Materials

Stuklijst

Alle tekstuele gegevens van alle componenten van een printplaat staan in de Bill of Materials (BOM). De BOM wordt gebruikt om een stuklijst of uittrekstaat te maken. Dat is een tabel lijst met de belangrijkste gegevens van de BOM. Het bevat de omschrijving van alle componenten en benodigde aantallen. De BOM en de stuklijst kunnen opgevraagd worden vanuit een schema en vanuit de printplaat.

Attributen

De tekstuele gegeven van een component worden attributen genoemd. Een attribuut heeft een naam en een waarde. Een aantal attributen is voor ieder component aanwezig, zoals de naam van het onderdeel, de naam van de fabrikant en het artikelnummer van de fabrikant. De naam van het onderdeel wordt ook weergegeven op de printplaat, maar de meeste gegevens zijn alleen uit te lezen in de BOM. U kunt de naam op de printplaat verbergen met de lagen.

Fabrikanten

De bestelgegevens staan in de attributen van een component. Deze zou u in het bibliotheekonderdeel kunnen opnemen. Dan hoeft u deze niet iedere keer opnieuw op te geven. Als u net begint met elektronica en niet veel zin heeft om te zoeken volgt hier een lijst met leveranciers:

- Farnell.nl (bedrijven) / sinuss.nl (particulier)
- Digikey.nl
- NLmouser.com
- Ecoo-bv.nl (particulieren)

Praktijk

2D PCB v. X

<< Inspector

Devices

BOM

U werkt verder met het bestand 2D PCB.

Zorg ervoor dat de paletten 'Inspector' is geopend.

Klik in het veld van het filter op 'Devices'. Nu worden alleen plus-tekens getoond op de componenten.



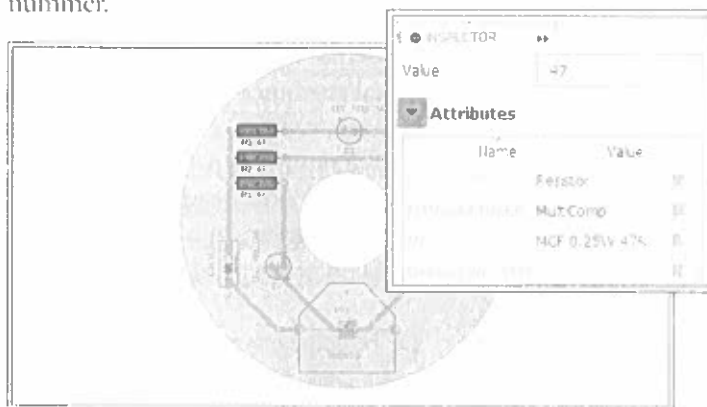
Selecteer op de plus-tekens van alle weerstanden. Gebruik de Shift-toets om meerder componenten tegelijkertijd te selecteren.

Manufacturer
MultiComp

Type in het veld voor de fabrikant de naam uit de kantlijn.

MPN
MCF 0.25W 47R

Type in het veld 'Manufacturer Part Number' het artikelnummer.



Verander de attributen van alle componenten met de volgende tabel. De batterijhouder is al ingevuld, omdat deze uit de bibliotheek van de fabrikant komt.

	Manufacturer	MPN
Waarstanden	MultiComp	MCF 0.25W 47R
LEDS	LED TECHNOLOGY	108R30G0F1
Schakelaar	Omron	A6T1104

Praktijk**Exporteren BOM**

Schema v. X

Document

Output
Bill of Materials☐ Values☒ List attributes**Opdracht**

Activeer het bestand van het schema.

Kies het tabblad van het document.

Activeer de functie om de BOM te tonen. (Soms moet Fusion opnieuw gestart worden voor dit commando.)

Kies de instelling 'Values' om alle onderdelen te groeperen die dezelfde waarden hebben.

Neem ook de attributen zoals 'Manufacturer' en 'MPN' mee.

Schuif een aantal kolommen van rechts naar links, zodat eerst het aantal in de lijst staat, dan de aanduiding op het PCB bord en daarna omschrijving en bestelinformatie.

Qty	Parts	Description	MANUFACTURER	MPN
1	BT1	BATTERY RETAINER COB PC PIN	Wurth Electronics Inc.	79523211
1	S1	DIL/CODE SWITCH	Omron	A6T1104
3	R1, R2, R3	Resistor Fixed Genenc	MultiComp	MCF 0.25W 47R
3	D1, D2, D3	LED - Genenc	LED Technology	L08R3000F1

List type: ☐ Parts ☒ Values ☒ List attributes

Output format: ☒ Text ☐ CSV ☐ HTML

View Save... Help Close

U kunt vanaf dit scherm kiezen hoe u deze tabel wilt opslaan. Meestal worden deze lijsten verder uitgewerkt in Excel. U kiest dan voor opslaan als CSV.

Close

Sluit de dialoogbox.

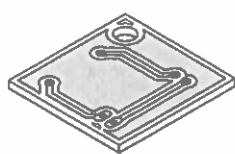
21.10

Printplaat voorbereiden

Theorie Een printplaat wordt eerst voorbereid voor de productie.

- Verkleinen oppervlak frezen/etsen
- Positioneren en toevoegen van teksten

Kopervlakken



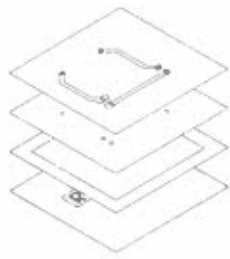
U kunt ervoor kiezen om niet al het overbodige koper van printplaat te verwijderen. Dit doet u omdat het veel beter is voor het milieu, het sneller is en er zijn nog andere redenen zoals warmtedistributie of aarding.

Deze kopervlakken worden toegevoegd met het commando *Polygon*. Meestal hoeft u alleen de buitencontour te tekenen, Fusion zorgt er zelf voor dat de sporen en eilanden gescheiden worden van het kopervlak. Omdat een polygon het zicht op het bord belemmert kan deze verborgen worden met het commando *'Hide all Polygon Pour fills'*, uit tabblad *'Design'*, groep *'Polygon'*.

Teksten De namen van de onderdelen en de waarden moet u vaak verschuiven of draaien om leesbaar te houden. U kunt een artikelnummer of copyrightinformatie opnemen in de laag van de zeefdruk.

Zeefdruk Om iets toe te voegen aan de zeefdruk wordt gebruik gemaakt van de functies uit tabblad *'Document'*, groep *'Draw'*. Daarmee kunnen lijnen en teksten worden aange-
maakt.

Tekenlagen



De printplaat wordt in een aantal tekenlagen opgebouwd. Tijdens het tekenen kunnen elementen op een specifieke laag worden geplaatst om bijvoorbeeld aan te geven dat deze op de onderkant van het bord moet zitten. De lagen zijn al vastgelegd. Hieronder volgt een beknopte lijst van de lagen en waarvoor deze bedoeld zijn.

- 1 t/m 16: Dit zijn de koperlagen waarop de sporen kunnen lopen. Een bord met twee koperlagen gebruikt alleen laag 1 & 16. 1 is de toplaag, 16 is de onderlaag.
- 17: Gaten en solderingpunten om onderdelen te plaatsen
- 20: De contour van het bord
- 21 & 22: De zeefdruk waarop logo's en teksten geplaatst kunnen worden. 23 t/m 28: De zeefdruk waarop teksten staan die overgedragen is vanuit de componenten.

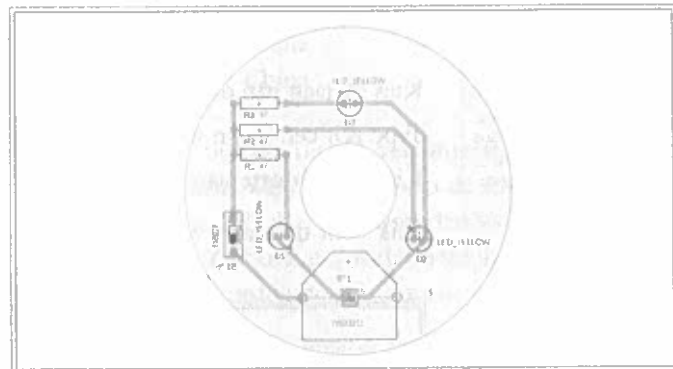
Praktijk



Voorbereiden printplaat

U werkt verder met het bestand van de printplaat.

Activeer het tabblad Design.



Activeer het commando om het routinglaag te tekenen. Dit commando houdt rekening met de 'Design Rules' die u in een vorige paragraaf heeft ingesteld. Daarom hoeft u alleen maar een buitencontour te tekenen.



Kies de laag '1 Top' voor de bovenkant van de printplaat.

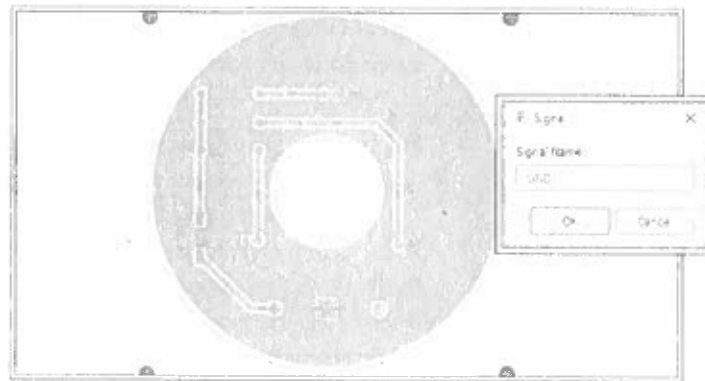


Klik drie maal voor de hoeken van de polygoon en dubbelklik dan om deze te sluiten. Er verschijnt dan een dialoogboxje om aan te geven met welk spoor dit vlak is verbonden.

den. De sporen hebben namen zoals NS1 etc. De onderste spoor heeft de naam GND. Deze heeft u gegeven toen u in het schema het symbool ground plaatste.

GND

Geef dit vlak de naam uit de kantlijn.



Opdracht

Activeer dit commando opnieuw, maar kies nu voor de laag '16 Bottom'. Hiermee voorkomt u dat de plaat kromtrekt. Voor de overzichtelijkheid kunt de polygoon het beste onzichtbaar maken met [Polygon > Hide All].

DOCUMENT

Activeer het tabblad Document.

A Draw Tekst

Activeer het commando om een tekst te plaatsen.

* 21 ☒ tPlaces

Kies de laag van de teksten. (T: Top, b: Bottom)

Text Cursus

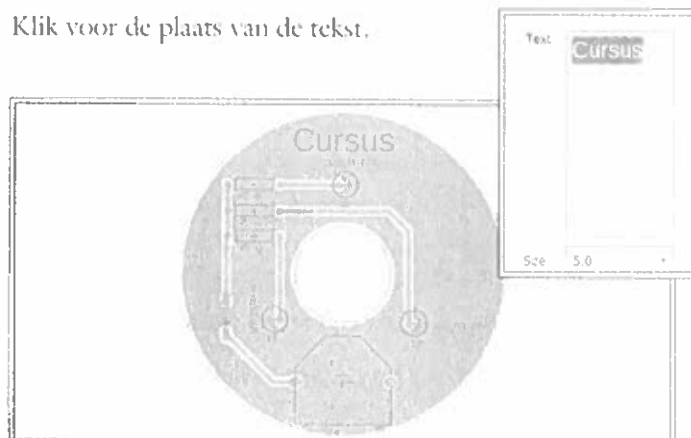
Type zelf een naam in

Size: 5 mm

Kies een grootte van de tekst.



Klik voor de plaats van de tekst.



OK

Sluit de dialoogbox van de tekst.

21.11

Printplaat produceren

Theorie

U kunt de printplaat in huis frezen of uitbesteden. Als u de printplaat freest, dan gaat u uit van het 3D bestand. In de praktijk zal dit weinig gebeuren, omdat het goedkoper en makkelijker is om de printplaat uit te besteden. In de praktijk volgt u die laatste methode zien. U kunt de printplaat van dit voorbeeld voor minder dan vijf euro laten maken. U stuurt dan een Gerberbestand op. Leveranciers van printplaten:

- EuroCircuits.com België
- Pcbway.com China
- Jlcpcb.com China

Gerber

Gerbergegevens bestaan uit een verzameling van losse bestanden. Deze bestanden omschrijven de sporen, de gaten, de eilanden, de zeefdruk. Alle bestanden worden samengevoegd tot één ZIP-bestand zodat deze gemakkelijk naar de fabrikant kan worden doorgestuurd.

De bestanden kunnen in Fusion aangemaakt worden vanuit de 2D printplaat-werkomgeving: tabblad 'Manufacturing'. Met het commando 'CAM-Export' kan snel een productiebestand worden gegenereerd. Commando 'CAM-Processor' kan eenzelfde bestand aanmaken maar biedt meer instelmogelijkheden.

*In huis frezen
CNC*

Bij het maken van prototypes of enkelstuk-printplaten wordt soms gekozen om deze intern te produceren. Vaak gaat dat met behulp van een freesmachine of router. Fusion biedt uitgebreide functionaliteit om deze productie voor te

bereiden met de werkomgeving 'Manufacturing'. Deze werkomgeving kan alleen worden geopend vanuit het 3D printplaat bestand. Let op bij het aanmaken van het bestand; gebruik de functie 'View 3D PCB' en niet 'View 3D PCB with Canvas', (3D als plaatje) omdat de laatste genoemde de sporen niet in 3D uitwerkt.

Praktijk



MANUFACTURING...



☒ Export As Zip

Gerber

Output Type X2



Proces Job

OK Cancel etc

Aanmaken Gerberfiles

Tip: Er zit een fout in Fusion waardoor de Gerberbestanden alleen met voldoende dikke lijnen worden aangemaakt als u uw computer instelt op Engelse getalnotatie: [Configuratiescherm > notatie voor datum, tijd of getal > Notatie > Engels].

Activeer het tabblad voor de productie.

Activeer de functie om berger files te maken.

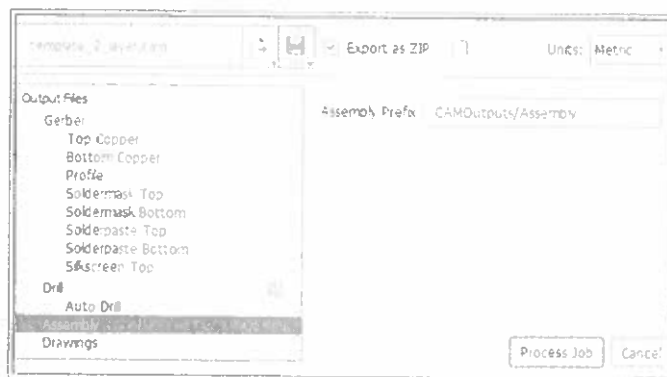
Kies voor het aanmaken van een ZIP bestand. Dit Zip bestand kunt u dan naar de fabrikant sturen.

Klik aan de linkerkant op Gerber.

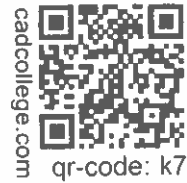
Kies het type bestand. Dit is sterk afhankelijk van wat de fabrikant vraagt. Het is ofwel X2 ofwel RS-274x.

Klik met de de rechter muisknop op Assembly en kies voor het verwijderen van de BOM en de 'Pick en Place' lijst.

Klik op de knop om de Zip-file aan te maken.



Sluit alle dialogboxen.

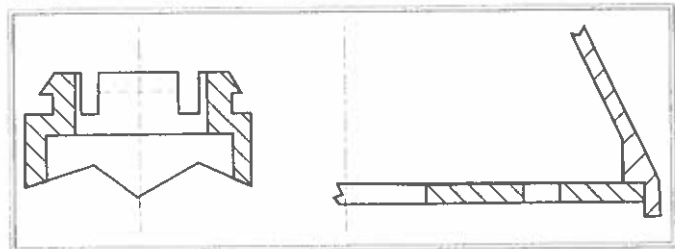
**21.12**

Opdrachten

Opdracht 21.1

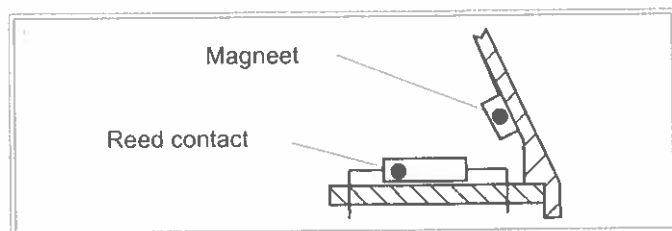
Verbeter het mechanische deel van het ontwerp:

- Verander de voet van de schemerlamp, zodat deze een klemverbinding krijgt.
- Laat licht ook naar beneden vallen door gaten in de printplaat op te nemen.

**Opdracht 21.2**

Verbeter het elektronisch gedeelte van het ontwerp.

- Vervang de schakelaar door een Reed contact en magneet aan de kap, zodat met het draaien van de kap de lamp aan of uitgezet kan worden.
- Het Reed-contact zit in een bibliotheek die u download. Let op dat u deze in de goede richting draait.

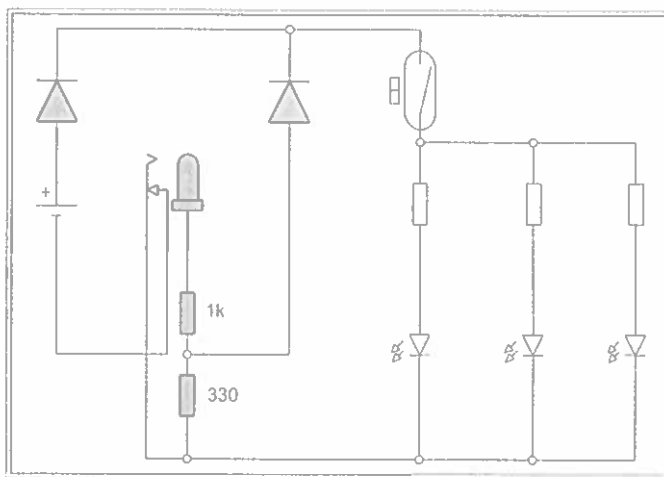


Opdracht 21.3

Verbetert het elektronisch gedeelte van het ontwerp. Er wordt een optie aan de lamp toegevoegd waarmee de lamp ook met een universele 12V adapter kan worden gevoed.

Open het schema. Voeg de volgende componenten toe en maak het schema verder af. De onderdelen komen uit de standaardbibliotheek.

- 1x Voedingstekker chassis Connector: 694106402002
- 2x Diode Diode, diode: 214AA (SMB)
- 2x Weerstand Resistor, R: R Axial-11.7MM-Pitch



Achtergrondinformatie: De diodes zijn voor de zekerheid geplaatst. Als de plug de stroomkring van de batterij altijd eerst verbreekt voordat hij zelf spanning levert is deze overbodig. Als de plug dit niet doet, dan kan de batterij beschadigd worden.