

Naam: Klas: Studentnummer:

Inleiding

In de aankomende weken ga je een PCB¹ ontwerpen, laten maken en eraan meten. Voor het maken van een PCB zijn er enkele stappen die doorlopen moeten worden. Hierbij is het opdoen van ervaring belangrijk. Alleen door:

1. je PCB zelf te ontwerpen,
2. te laten maken,
3. te assembleren (solderen),
4. en testen.

leer je wat wél en niet handig is.

PCB's ontwerpen we met EDA² tools. Er zijn veel verschillende EDA-tools die je kunt gebruiken voor PCB design³. De docenten kunnen je alleen goed ondersteunen bij het gebruik van KiCad. Voor de eindopdracht moet je uiteindelijk de Gerber files⁴ van je PCB inleveren via Brightspace. Ieder pakket kan Gerber files maken.

Om PCB design te leren, gaan we eerst een eenvoudige schakeling op een PCB ontwerpen. Aan dit PCB gaan we ook wat metingen uitvoeren, waardoor je zelf ervaart of iets wel of niet handig is in het PCB ontwerp.

Iedereen moet voor het eind PCB-ontwerp een andere schakeling kiezen, dus denk alvast na wat je wilt maken.

¹ Printed Circuit Board. Soms wordt het een PCBA genoemd. De A staat voor Assembly.

² Electronic Design Automation.

³ https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_EDA_software

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Gerber_format

Leerdoelen

Dit lab gaat over leerdoel 5: *De student is in staat om PCB's te ontwerpen, realiseren, en testen zodanig dat een werkende schakeling wordt verkregen.* Dit houdt in:

- Een schema kunnen tekenen in een EDA-pakket.
- Vanaf een schema een PCB kunnen ontwerpen.
- Kennis over belangrijke aspecten waar rekening mee moet worden gehouden tijdens PCB design. Hier wordt volgend practicum uitgebreid op ingegaan ☺.
- SMD⁵-solderen en testen van een PCB.
- Het meten aan analoge schakelingen om meer begrip hiervan verkrijgen.

Voorbereiding op de les

- Kies een EDA-pakket en installeer deze op je laptop als je op je eigen laptop wilt werken. Als je werkt op de schoolcomputers is KiCad beschikbaar via de Liquit applicatiemanager. Als je op een eigen computer werkt, kun je KiCad gratis downloaden op <https://kicad.org/download/>.
- In het geval dat je met KiCad aan de slag gaat, lees dan de [getting started guide](#) alvast door.

⁵ Surface-Mounted Device

Opdrachten

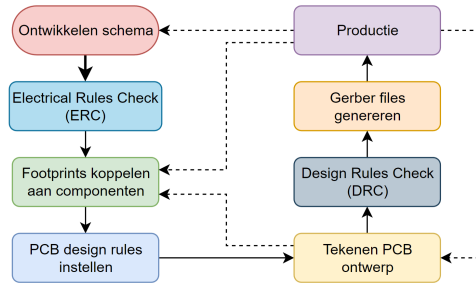
Voor het eerste PCB zullen we een [State-variable filter](#) met een [Voltage Controlled Oscillator](#) (VCO) ontwerpen. Dit is een kleine schakeling, maar je zult zien dat als je niet volgens een plan werkt, dat het PCB ontwerp toch vrij uitdagend kan zijn. Voor nu zullen we PCB design oefenen met een kleine schakeling zonder een ontwerpplan. Dat geeft je een gevoel voor wat wel en niet handig is en waar je op zal moeten letten. Dit maakt de volgende les effectiever, omdat je dan beter begrijpt hoe je complexere ontwerpen kan aanpakken

Opdracht 1: Getting Started

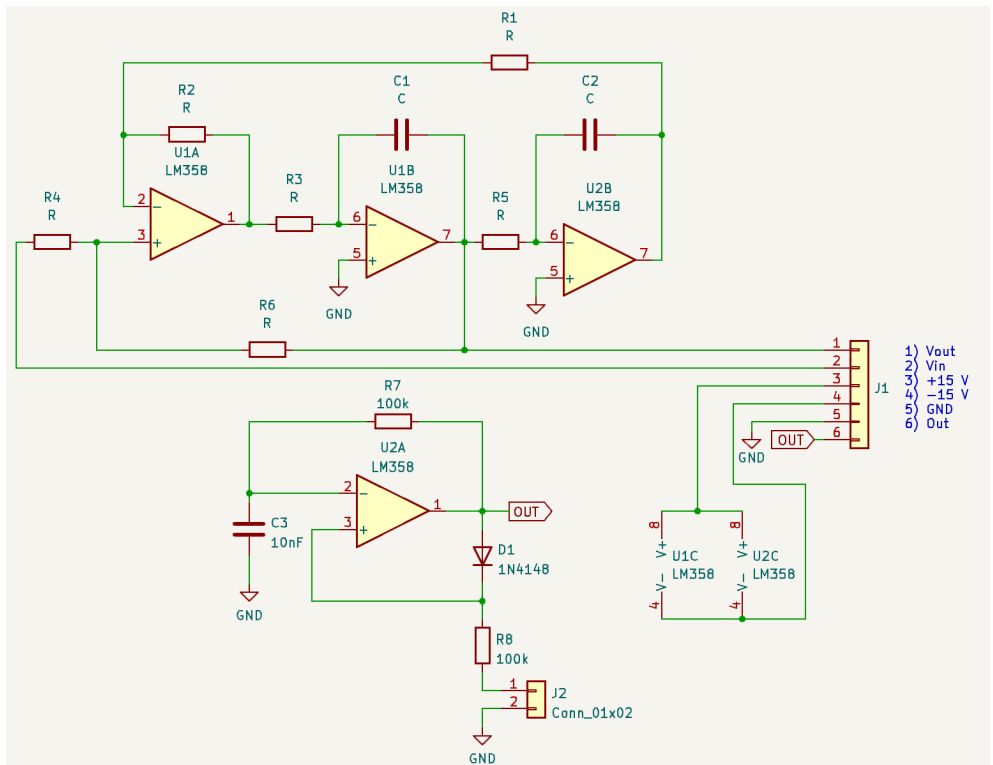
Doorloop de [getting started guide](#) van je EDA-tool. Dit geeft je inzicht in de stappen die je moet doorlopen en het gebruik van de tool. Het is niet verstandig direct te beginnen.

Nu je weet welk programma je gaat gebruiken en hoe dat deze werkt, is het tijd om het filter en de VCO te tekenen. Voor het tekenen van schema's zijn geen (gestandaardiseerde) regels afgesproken. Wel is het zo dat documentatieregels ervoor zorgen dat je schema er duidelijk en netjes uit ziet. Een slecht, onduidelijk getekend schema maakt het lastig om eventuele fouten op te sporen. Een goed, duidelijk getekend schema kan ervoor zorgen dat fouten in het schema eerder worden opgespoord. Ieder EDA-pakket bezit daarnaast een Electrical Rules Check (ERC) en Design Rules Check (DRC). Deze tools helpen je met zoeken van fouten in het schema en PCB ontwerp.

In PCB design worden een aantal opeenvolgende stappen ondernomen. In [figuur 1](#) zijn deze stappen weergegeven. Het is verstandig om dit stappenplan nu goed aan te houden.



Figuur 1: De designflow van PCB design. De zwarte lijnen geven de workflow aan. De gestippelde lijnen geven aan waar je naar toe gaat als je een fout tegenkomt.



Figuur 2: Het circuit voor je eerste PCB.

Opdracht 2: Elektrisch schema ontwerp

Waar altijd mee wordt begonnen is het tekenen van een elektrisch schema. De bedoeling is om de schakeling van [figuur 2](#) zelf te gaan maken in een EDA-pakket. In onderstaand lijstje zijn een aantal *richtlijnen* opgenomen voor het tekenen van een goed overzichtelijk schema.

1. In een schema gaat informatie van links naar rechts. Dus links zitten je inputs en rechts zitten je outputs.
2. Voeding loopt van boven naar beneden. De hoogste spanningen staan bovenin je schema, de laagste spanningen onderin je schema.
3. Zorg dat alle namen en waarden van de componenten goed leesbaar zijn in je schema, dus geen tekst ondersteboven en geen ontbrekende namen en waarden.
4. Zet componenten die bij elkaar horen ook bij elkaar in het schema ^a.
5. Een schema is een documentatie middel. Een mede engineer zou het schema makkelijk moeten kunnen volgen.

Vraag aan een medestudent of hij/zij naar je schema wil kijken of alles duidelijk is. Laat je schema door een docent controleren! Ieder jaar worden PCB's besteld met fouten in het schema. Zonde ...

^a In [figuur 2](#) is zichtbaar dat deze regel belangrijker is dan regel 1. Dit legt de nadruk op dat dit *richtlijnen* zijn.

Een goed schema zorgt ervoor dat PCB ontwerp eenvoudig verloopt. Je hebt componenten die bij elkaar horen al dicht bij elkaar geplaatst. Als je met KiCad werkt en twee schermen hebt, kun je het schema en PCB ontwerp naast elkaar zetten. Als in het PCB-venster een component selecteert, zie je op het schema dat deze rood kleurt. Zo kun je snel en effectief werken.

Opdracht 3: PCB design

Als het schema is goedgekeurd, is de volgende stap het ontwerpen van het PCB. Zet je elektrisch schema om naar een PCB ontwerp. Om je te helpen in de grote hoeveelheid keuzes die je moet maken, is de onderstaande lijst opgesteld.

1. Voor de weerstanden en condensatoren gebruiken we 0603, 0805 of 1206 componenten. Je mag zelf kiezen welk formaat je neemt en dus zelf zal moeten solderen. Let erop dat je de “HandSolder”-variant kiest!
2. De opamp heeft als footprint SOIC-8. In KiCad worden de opamps onderscheiden door A, B en C. Waarbij A, B de eerste twee opamps binnen de package zijn en C de voeding van de package.
3. Voor de connectoren mag je zelf kiezen welke footprint je gebruikt. Let op! Er moeten draadjes of headerpinnen in gesoldeerd kunnen worden.
4. Zorg dat de minimale breedte van je sporen 10 mils of 0.25 mm is.^a
5. Zorg dat de minimale afstand tussen sporen 10 mils of 0.25 mm is.
6. Voor deze schakeling moet je alles routen op 1 laag, de top layer. Het is mogelijk. Signaal via's zijn dus **niet** toegestaan. Op de back ground layer plaats je een ground plane. Je mag **wel** ground via's van de top laag naar de bottom laag gebruiken.
7. Let op je silkscreen. Alle tekst moet vanaf de rechter onderhoek te lezen zijn. Tekst mag dus nu op 2 manieren worden geplaatst op je silkscreen. Zet op deze laag je naam of studentnummer.
8. De afmetingen van je PCB mogen maximaal 4 bij 2.5 cm zijn.

^a Je PCB-fabrikant bepaald deze breedte/afstand. 0,25 mm is een maat die alle fabrikanten gemakkelijk zouden moeten kunnen maken.

Nu het PCB is getekend komt het leukste onderdeel. Jouw PCB laten maken!

Opdracht 4: PCB design

Wanneer je het PCB hebt afgemaakt kun je deze bestellen bij een PCB-fabrikant. Bekende fabrikanten zijn:

1. JLCPCB
2. Eurocircuits
3. PCBWAY

Kies vooral de goedkoopste en bewaar je PCB's. Stagebedrijven vinden het geweldig als je PCB's meeneemt. Het laat zien wat je al kan 😊.

Nadat je PCB binnen is, zal deze moeten worden gesoldeerd.

Opdracht 5: Waarden

De schakeling bestaat uit twee deelschakelingen. Voor de Voltage Controlled Oscillator (VCO) staan de waarden in [figuur 2](#) en kun je deze direct solderen. De state-variable filter schakeling kan met aanpassing van de componentwaarden een andere overdracht geven. Om variatie in te brengen zullen we drie verschillende soorten filters opbouwen. Het type filter dat jij gaat maken is afhankelijk van het laatste cijfer van je studentnummer. Kijk in [tabel 1](#) welke componentwaarden jij moet solderen.

Om je PCB te testen kun je het state-variable filter en de VCO simuleren met LTspice, zoals je natuurlijk al weet 😊.

Tabel 1: Het laatste getal van je studentnummer bepaalt de componentwaarde.

Component	0-3	4-6	7-9
R_1	22 k Ω	22 k Ω	22 k Ω
R_2	100 k Ω	100 k Ω	100 k Ω
R_3	100 k Ω	100 k Ω	100 k Ω
R_4	100 k Ω	100 k Ω	100 k Ω
R_5	100 k Ω	100 k Ω	100 k Ω
R_6	100 k Ω	100 k Ω	100 k Ω
C_1	2,7 nF	56 nF	820 pF
C_2	100 nF	4,7 nF	220 nF