

# DIY – Individual Prototyping and Systems Engineering

## Übung 10: Entwurf und Fertigung von elektronischen Schaltungen

**Max Gaukler**

Lehrstuhl für Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

<https://www4.cs.fau.de>

Sommersemester 2019



Die heutige Übung ist ein Crashkurs vom Schaltplan bis zur Platine:

**1** Entwurf mit KiCAD

**2** Fertigung im FAU FabLab



## 1 Schaltplan: eeschema

### 1.1 Zeichnen

### 1.2 Bauteile benennen (Annotation)

### 1.3 Electric Rules Check

## 2 Footprints zuordnen: cvpcb (Footprint-Vorschau öffnen!)

## 3 Netzliste exportieren



## 4 Layout: pcbnew

4.1 Design-Regeln, Leiterbahnbreiten einstellen

4.2 Raster auswählen (Kontextmenü)

4.3 Platinenumriss zeichnen (Linie auf Lage „Edge Cuts“)

4.4 Netzliste einlesen (Version 5: „Update PCB From Schematic“ ausführen)

4.5 Bauteile automatisch grob verteilen

Version 5: Menü: Einfügen - Footprints automatisch platzieren

Version 4: klassische Anzeige (F9), Footprint-Modus auswählen,

Rechtsklick - globales Verteilen - alle Footprints verteilen, welche sich noch nicht auf der Platine befinden

4.6 Bauteile manuell platzieren

4.7 Leitungen legen

dazu Layout-Modus auswählen (andere Hotkeys!)

4.8 Massefläche

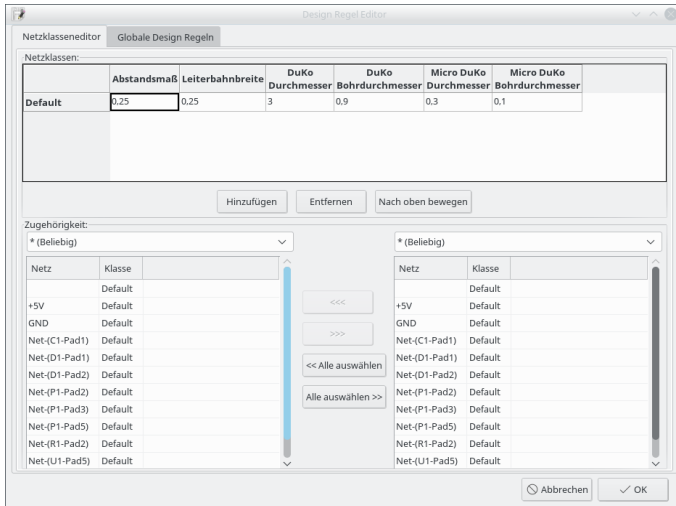
4.9 DRC ausführen

4.10 Exportieren („Plot“): PDF (FabLab) oder Gerber (externer Fertiger)

bei PDF: Bohrlochmarkierungen auf „klein“ stellen



# Designregeln fürs FabLab



# Designregeln fürs FabLab

Design Regel Editor

Netzklasseneditor    Globale Design Regeln

Optionen für Durchkontaktierungen:

Blinde/Vergrabene Durchkontaktierungen:

☒ Keine blinde/vergrabene Durchkontaktierungen erlauben

☐ Blinde/Vergrabene Durchkontaktierungen erlauben

Micro-Durchkontaktierungen:

☒ Keine Micro-Durchkontaktierung erlauben

☐ Micro-Durchkontaktierungen erlauben

Erlaubte Minimalwerte:

Mindestleiterbahnbreite (mm): 0,25

DuKo Minimaldurchmesser (mm): 3

DuKo Minimalbohrdurchmesser (mm): 0,9

Micro DuKo Minimaldurchmesser (mm): 0

Micro DuKo Minimalbohrdurchmesser (mm): 0

Spezielle Angaben, um die voreingestellten Werte von Durchkontaktierungen und Leiterbahnsegmenten zu ersetzen.

Benutzerdefinierte DuKo-Größen:

Bohrdurchmesser: Nichts oder 0 => Voreingestellter Wert der Netzklasse

	Durchmesser	Bohrung
DuKo 1		
DuKo 2		
DuKo 3		
DuKo 4		
DuKo 5		
DuKo 6		
DuKo 7		
DuKo 8		

Benutzerdefinierte Leiterbahnbreiten:

	Breite
Leiterbahn 1	0,25
Leiterbahn 2	0,5
Leiterbahn 3	1
Leiterbahn 4	
Leiterbahn 5	
Leiterbahn 6	
Leiterbahn 7	
Leiterbahn 8	

Abbrechen    OK

Wenn es unbedingt sein muss, gehen auch 0,2 mm Breite/Abstand an einzelnen Stellen.



## Blinkschaltung mit TLC555 Timer



- Neueste stabile Version 5.x verwenden, notfalls 4.0.7 (Debian:  $\geq$  stretch-backports)
- **Dokumentation lesen**, insbesondere „Getting Started“:  
<http://kicad-pcb.org/help/documentation/>
- Tutorial:  
<https://hackaday.com/2016/11/17/creating-a-pcb-in-everything-kicad-part-1/>
- Beispieldateien: `/usr/share/kicad/demo/`
- Bei Grafikfehlern: Ab und zu Bildschirm aktualisieren (F3)
- Möglichst viel mit Tastenkürzeln arbeiten. Strg-F1 oder ? drücken für Hotkey-Übersicht (je nach Kontext anders)





### Schaltplan:

- Bedienung über Hotkeys, Maus nicht wie in Inkscape!
- Einfg-Taste: Letzten Befehl wiederholen („Autovervollständigung“)
- einzelne Bauteile haben versteckte Versorgungs-Pins – einblenden: Einstellungen – Schaltplaneditor – versteckte Pins



### **Footprint-Auswahl in Cvp pcb:**

- Zuordnen per Doppelklick
- Filter-Optionen durchprobieren (nach Schlüsselwort / Pinanzahl / ggf. Bibliothek filtern)
- Vorschau-Fenster öffnen!
- Danach nochmal Netzliste im Schaltplaneditor exportieren



### Platinenlayout in pcbnew:

- Hübschere Grafik mit Einstellungen - Einstellungen - Allgemein - Grafik beschleunigt - Überabtastung 2x
- Interaktives Routing nutzen: Routing-Strategie wechseln (Umgehen oder Schieben): Rechtsklick - Routing-Eigenschaften.  
(In Version 4: Nur im OpenGL-/Cairo-Anzeigemodus (F11/F12), manche andere Funktionen nur im klassischem Anzeigemodus (F9).)
- ganze Leiterbahn bzw. Netz löschen: ESC, anklicken, i bzw. u, ENTF
- Tip für besseren Kontrast: Im Lagen-Manager Leiterbahn-Farbe umstellen (Mittlere Maustaste auf Farbfeld) und Mask-Lagen ausblenden
- Um bestimmtes Bauteil zu platzieren: t drücken, Name eingeben
- Schaltplan in zweitem Fenster daneben legen. Klick auf Bauteil in Platine zeigt es im Schaltplan (und umgekehrt).



1 Entwurf mit KiCAD

2 Fertigung im FAU FabLab



hier: Design und Fertigung einer Schaltung im Hobby-/FabLab-Maßstab:

- Maximal zweiseitig, besser nur einseitig mit Drahtbrücken
- Möglichst wenige Durchkontaktierungen
- kein Lötstopplack



Nachdem die Platine erstellt ist und keine DRC-Fehler mehr aufkommen, kann sie gefertigt werden. Dazu sind die folgenden Schritte nach der Anleitung der Platinenfertigung<sup>1</sup> auszuführen.

- Layout gespiegelt ausdrucken, nur die Kupferlagen, eine pro Blatt.
- Ein kleiner Text im Kupfer hilft zu erkennen, ob der Ausdruck tatsächlich gespiegelt ist.
- Platinenmaterial zusägen. Am Rand ein paar mm stehenlassen.
- Die Platinenkanten anfeilen, damit vom Schneiden kein Kupfer hochsteht und die Belichtung stört.
- Am Belichter stehend: Blaue Folie von der Platine abziehen.
- Platine dann mit dem Kupfer direkt auf die Tonschicht legen und Deckel schließen.

---

<sup>1</sup><https://brain.fablab.fau.de/build/platinaetzer-einweisung/Einweisung-Platinaetzer.pdf>,  
siehe auch <https://fablab.fau.de/tool/platinenfertigung/>



- Bei Papier als Maske 9:40 min belichten
- Bei Chemie und beim Bohren **IMMER SCHUTZBRILLE TRAGEN.**
- Platine in NaOH-Lösung entwickeln. Das genaue Vorgehen steht in der Einweisung.
- Platine waschen.
- Platine in die Ätzküvette hängen und ätzen lassen.
- Platine waschen und abtrocknen.
- Löcher bohren. Für Löcher von 0,2 bis 2,7 mm sind Bohrer vorhanden.
- Überschüssigen Photolack entfernen: ohne Maske 2 min belichten, nochmal entwickeln
- nach Wahl: Platine verzinnen.

Die Platine ist nun fertig und kann bestückt und getestet werden!

