



Einführung in das Leiterplattenlayoutsysteem KiCAD

Übung A: Erstellen eines Leiterplattenprojektes

- I. Schaltplaneingabe**
- II. Layoutentwurf**

Übung B: Erstellen eines eigenen Bauelements

- I. Erstellen eines Footprints**
- II. Erstellen eines Schaltsymbols**

Übung A: Erstellen eines Leiterplattenprojektes

KiCAD ist eine freie Software zum Entwurf von Leiterplatten. Die Bedienung erfolgt über den Projektmanager, von dem aus die jeweils benötigten Programme für die Schaltplaneingabe, das Layout usw. aufgerufen werden. Die grundlegenden Schritte beim Entwurf einer Leiterplatte sind:

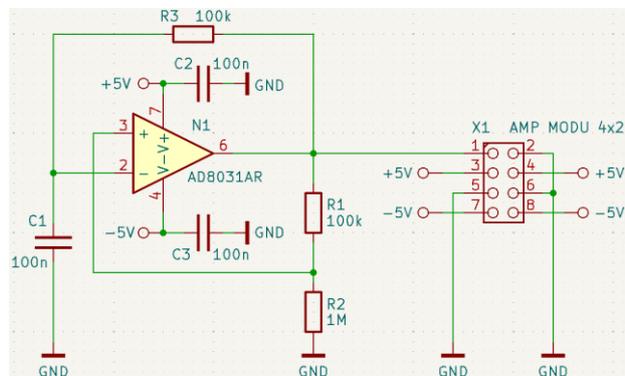
- Zeichnen von Schaltplänen,
- Layoutentwurf (Leiterplattenentwurf),
- Entwurf von Symbolen für Schaltpläne,
- Entwurf von Footprints.

Anhand einer einfachen Schaltung soll der Entwurfsablauf beim Leiterplattenentwurf von der Aufnahme eines Schaltplans bis zur Umsetzung in das Leiterplattenlayout geübt werden.

Zielstellung

Zur nebenstehend abgebildeten Generator-schaltung soll ein Layout für eine zweiseitig durchkontaktierte Leiterplatte mit den Abmessungen 40 mm x 20 mm erstellt werden. Bis auf den Steckverbinder X1 kommen SMD-Bauelemente zum Einsatz.

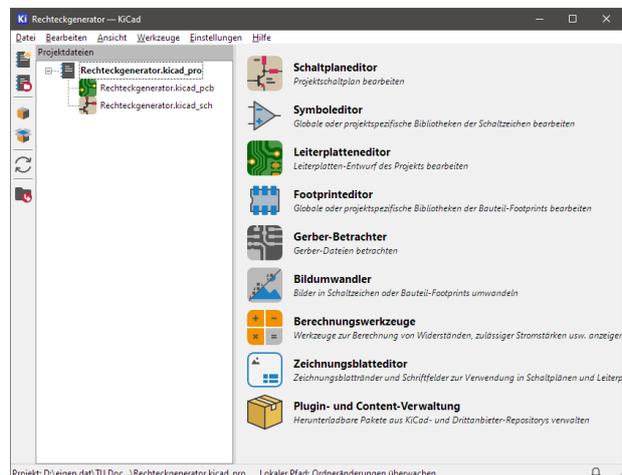
Im Übungsteil A wird davon ausgegangen, dass sich alle Schaltsymbole und Footprints in einer bereits vorgefertigten Bibliothek befinden. Im Übungsteil B ist das Erstellen eigener Footprints und Schaltsymbole thematisiert.



Programmübersicht

Ausgehend von der zentralen Verwaltung von KiCAD werden die einzelnen Programme für die Schaltplaneingabe, den Layoutentwurf, das Erstellen von Symbolen und Footprints und weitere Entwurfswerkzeuge durch Doppelklick auf das betreffende Symbol gestartet. Hier werden auch die Projektdateien in einem Projektbaum dargestellt.

Es sollte darauf geachtet werden, dass sich die bearbeiteten Dateien alle in einem gemeinsamen Verzeichnis befinden.



In diesem Tutorial werden die folgenden Dokumenttypen verwendet:

- Dateiname.kicad_pro* – Projektdatei für das Leiterplattenprojekt,
- Dateiname.kicad_sch* – Schaltplandatei (engl. Schematic),
- Dateiname.kicad_pcb* – Leiterplattenlayoutdatei (engl. Printed Circuit Board - PCB),
- Dateiname.kicad_sym* – Bibliotheksdatei für die Schaltsymbole im Schaltplan,
- Verzeichnisname.pretty* – Verzeichnis für projektbezogene (lokale) Footprintbibliothek,
- Dateiname.kicad_mod* – Bibliotheksdatei für das Layout eines Footprints,
- Dateiname.step* – 3D-CAD-Modell eines Bauelements.

SCHALTPLANEINGABE

ANLEGEN EINES PROJEKTES

Neues Projekt erstellen

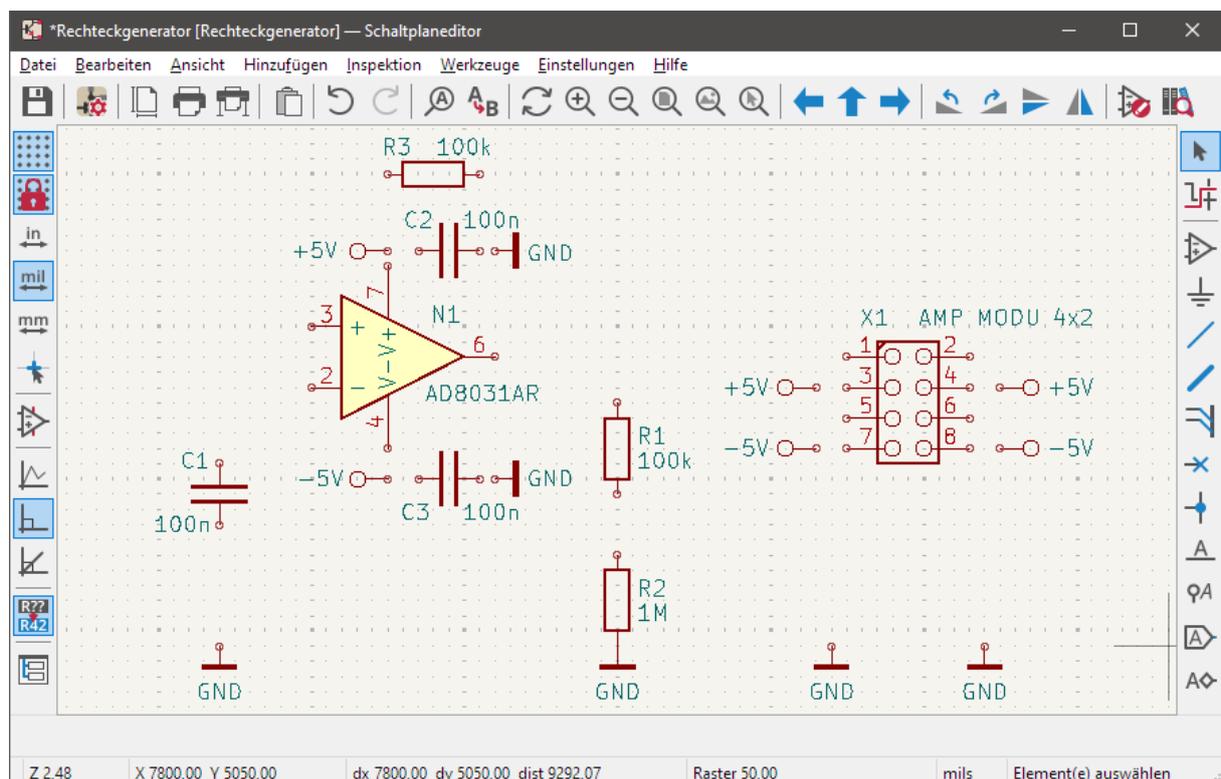
- Über ‚Datei →  Neues Projekt...‘ ein Projekt anlegen (z. B. Rechteckgenerator).
- Dabei werden automatisch folgende Dateien erstellt:
Rechteckgenerator.kicad_sch (Schaltplan) und *Rechteckgenerator.kicad_pcb* (Leiterplatte).

Eigene Bibliotheken einbinden

- KiCAD enthält bereits eine Vielzahl an Bibliotheken für Schaltsymbole und Footprints. In dieser Übung werden jedoch eigene Bibliotheken verwendet. Diese sind im PC-Kabinett im Arbeitsverzeichnis D:\KiCAD vorinstalliert. Falls die Übung an einem anderen Ort durchgeführt wird, muss der Inhalt des folgenden zip-Archives:
www.ifte.de/lehre/rechn_entwurf/uebung/KiCAD_Libraries.zip in das Arbeitsverzeichnis entpackt werden.
- Hinzufügen einer eigenen Symbolbibliothek:
Die Bibliotheksverwaltung über ‚Einstellungen →  Symbolbibliotheken verwalten‘ öffnen. Im Tab "Projektspezifische Bibliotheken" über das Piktogramm  die Datei "RE.kicad_sym" auswählen und mit OK bestätigen.
- Hinzufügen eines eigenen Footprintbibliotheks-Verzeichnisses:
Die Bibliotheksverwaltung über ‚Einstellungen →  Footprintbibliotheken verwalten‘ öffnen. Im Tab "Projektspezifische Bibliotheken" über das Piktogramm  das Verzeichnis "RE.pretty" auswählen und mit OK bestätigen.

SCHALTPLANEINGABE

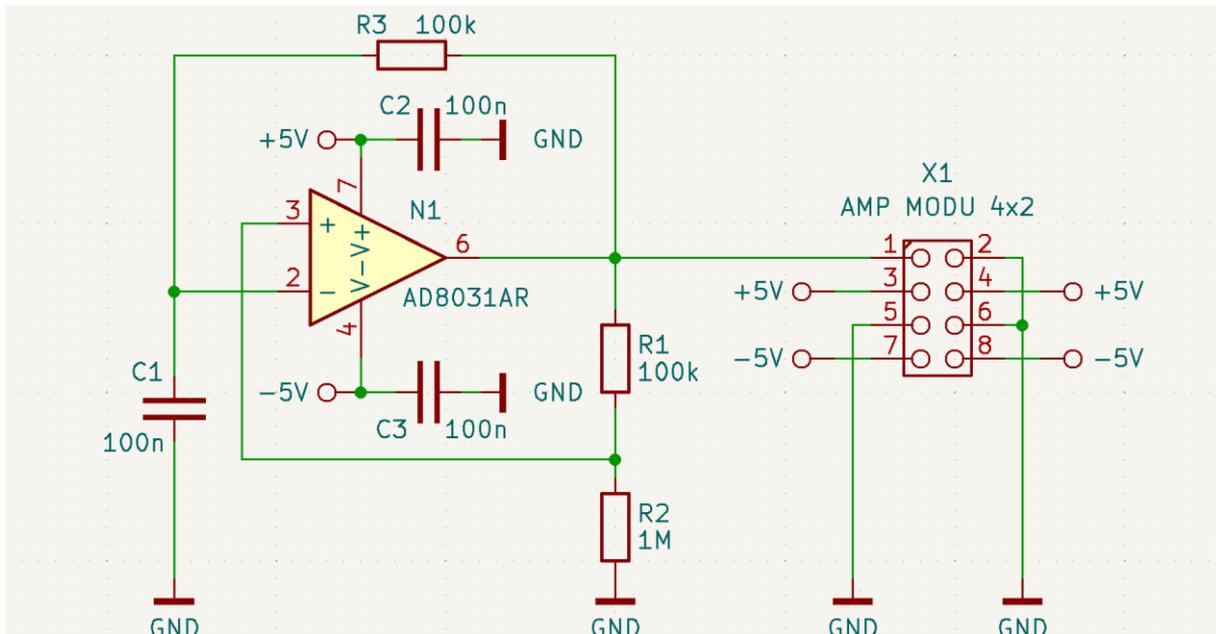
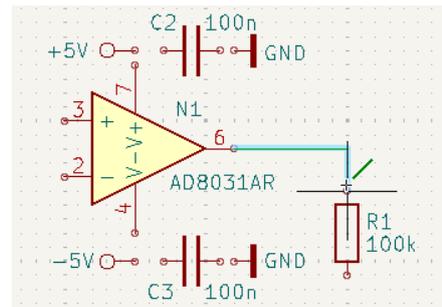
Nun kann der Schaltplan *Rechteckgenerator.kicad_sch* mit Doppelklick geöffnet und die Schaltung gezeichnet werden. Die Schaltzeichen werden über ‚Hinzufügen →  Symbole einfügen‘ oder schneller über die Taste [A] und Doppelklick auf das gewünschte Symbol ausgewählt.



Nachdem die Symbole angeordnet sind, werden sie mit dem Verdrahtungswerkzeug entsprechend des Schaltplans verbunden. Das Verdrahtungswerkzeug (grüner Stift) kann auf zwei Arten aktiviert werden:

- manuell mit der Taste [W],
- automatisch, wenn der Mauszeiger über einem elektrischen Anschluss steht.

Ein Linksklick startet die Verdrahtung. Ein weiterer Linksklick auf den zweiten Anschluss beendet sie.



BAUELEMENTEIGENSCHAFTEN BEARBEITEN & SCHALTUNG PRÜFEN

Symboleigenschaften anpassen

- Ein Doppelklick auf ein Bauelementesymbol öffnet die Symboleigenschaften.
- Hier können angepasst werden: Referenzbezeichner (z. B. R1), Werte (z. B. 100k) oder das zugeordnete Footprint.

Nach Eingabe aller Verbindungen sollte die Schaltung formal überprüft werden, um elektrische Fehler (z. B. Kurzschlüsse oder offene Anschlüsse) auszuschließen.

Schaltung überprüfen (ERC – Electrical Rules Check)

- Den ERC über *Inspektion* →  *Elektrische Regeln Überprüfen* aufrufen und mit *ERC starten* die Prüfung beginnen.
- Fehler und Warnungen analysieren und ggf. beheben.

Zum Schluss Ergebnis abspeichern: *Datei* →  *Datei Speichern* oder schneller mit [STRG] + [S].

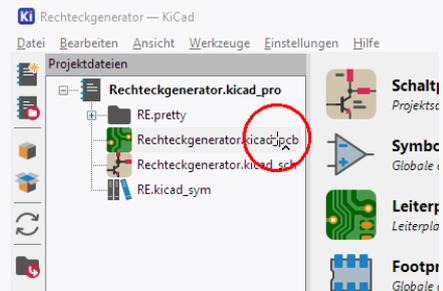
Layoutentwurf

Nach der erfolgreichen Eingabe des Schaltplanes soll daraus das Leiterplattenlayout entwickelt werden. Dafür wird der Platineneditor verwendet, mit dem die notwendigen Layer gezeichnet und verwaltet werden. Der Entwurf umfasst die Schritte Platzierung, Routing und Erzeugen der Fertigungsdaten.

Als erstes öffnet man die Leiterplatten-Datei und legt die Größe der Platine fest.

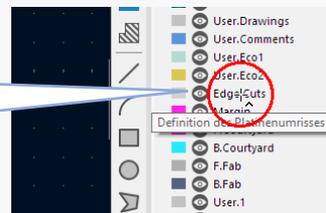
Öffnen der Leiterplatte im Platineneditor

Doppelklick auf das Symbol  in der Projektverwaltung öffnet die im ersten Teil erstellte Leiterplatte

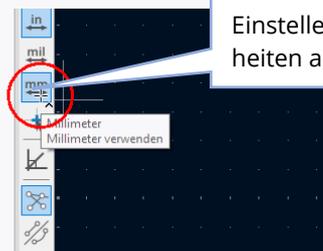


Festlegen der Platinengröße

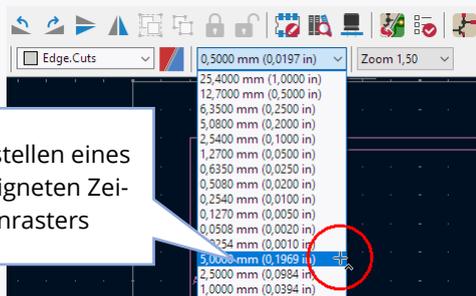
Auswahl der Zeichenlage 'Edge Cuts'



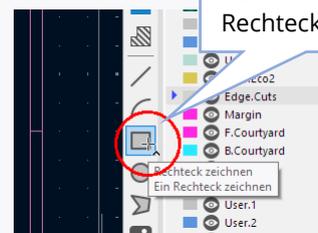
Einstellen der Einheiten auf mm



Einstellen eines geeigneten Zeichenrasters



Auswahl: Rechteck zeichnen



Hinweis: das Mausrad zoomt den Ausschnitt, die rechten Maustaste verschiebt ihn.



Zeichnen des Leiterplattenumrisses mit 40 mm x 20 mm

Vor der Platzierung müssen nun die den Symbolen des Schaltplanes zugeordneten Footprints eingelesen werden. Ein Footprint umfasst die Padflächen, Bohrungen und Bestückungsaufdrucke, die für die Montage und elektrische Kontaktierung des Bauelements auf der Platine erforderlich sind. Zusätzlich werden aus dem Schaltplan die elektrischen Verbindungen übernommen, um die Pads der Footprints mit den zugehörigen Netzen zu verbinden.

Übernehmen der Footprints und Verbindungen aus dem Schaltplan

Platine aus Schaltplan aktualisieren

Optionen

- Footprints und Schaltplansymbole anhand der Referenzbezeichner neu verknüpfen
- Footprints entfernen, wenn ihnen kein Schaltplansymbol zugeordnet ist
- Footprints durch die im Schaltplan angegebenen ersetzen

Ausstehende Änderungen

- Verarbeite Symbol "C1:RE:0805C"
- Verarbeite Symbol "C2:RE:0805C"
- Verarbeite Symbol "C3:RE:0805C"
- Verarbeite Symbol "N1:RE:SOIC-8"
- Verarbeite Symbol "R1:RE:0805"
- Verarbeite Symbol "R2:RE:0805"
- Verarbeite Symbol "R3:RE:0805"
- Verarbeite Symbol "X1:RE:SIP4-2"

Warnung: Kein Netz für Komponente N1 Pad 5 gefunden (kein Pin 5 in Symbol).

Warnung: Kein Netz für Komponente N1 Pad 8 gefunden (kein Pin 8 in Symbol).

Warnung: Kein Netz für Komponente N1 Pad 1 gefunden (kein Pin 1 in Symbol).

Warnungen insgesamt: 3. Fehler insgesamt: 0

Zeige: Alle Fehler Warnungen Aktionen Hinweise

Speichern... Platine aktualisieren! Schließen

Hinweis: Die Bauelemente liegen danach oft in einer Ecke des Arbeitsblattes außerhalb der Platinenfläche → ggf. herauszoomen

PLATZIERUNG

Nach dem Einlesen sind die Footprints noch wahllos angeordnet und die Verbindungslinien sind durch ‚Gummibänder‘ symbolisiert. Bei der Platzierung werden die Positionen der Bauelemente auf der Leiterplatte festgelegt. Die hierbei getroffenen Entscheidungen beeinflussen die spätere Funktion der Schaltung in vielerlei Hinsicht: elektrische, mechanische und optische Funktion, thermische Randbedingungen, die Fertigungstechnologie etc. müssen dabei berücksichtigt werden. Daher erfolgt hier oft nur eine erste Platzierung, die im weiteren Verlauf beim Routing weiter verfeinert wird.

Zur Platzierung sollte ein geeignetes Raster ausgewählt werden (z. B. 0,2 mm). Die Bauelemente werden angewählt, rotiert (Taste [R]) und an der gewünschten Stelle platziert. Zu beachten ist hierbei eine günstige Positionierung (z. B. elektrisch: Stromzufuhr über Stützkondensatoren, Kopplungen vermeiden, thermisch: Wärmequellen von thermisch empfindlichen Bauteilen trennen, konstruktiv: Lage von Steckern, Anzeigeelementen, Bohrungen). Sollen Bauteile beidseitig bestückt werden, wird über die Taste [F] die Seite des Bauteils während des Platzierens gewechselt. (Hinweis: aufwändigere und teurere Technologie)

Hinweise:

Der Rasterursprung kann über ‚Hinzufügen → Rasterursprung‘ günstig gewählt werden.

Nicht benötigte Lagen (z. B. ‚F.Fab‘) lassen sich über das Augensymbol in der Lagenansicht F.Fab ausblenden.

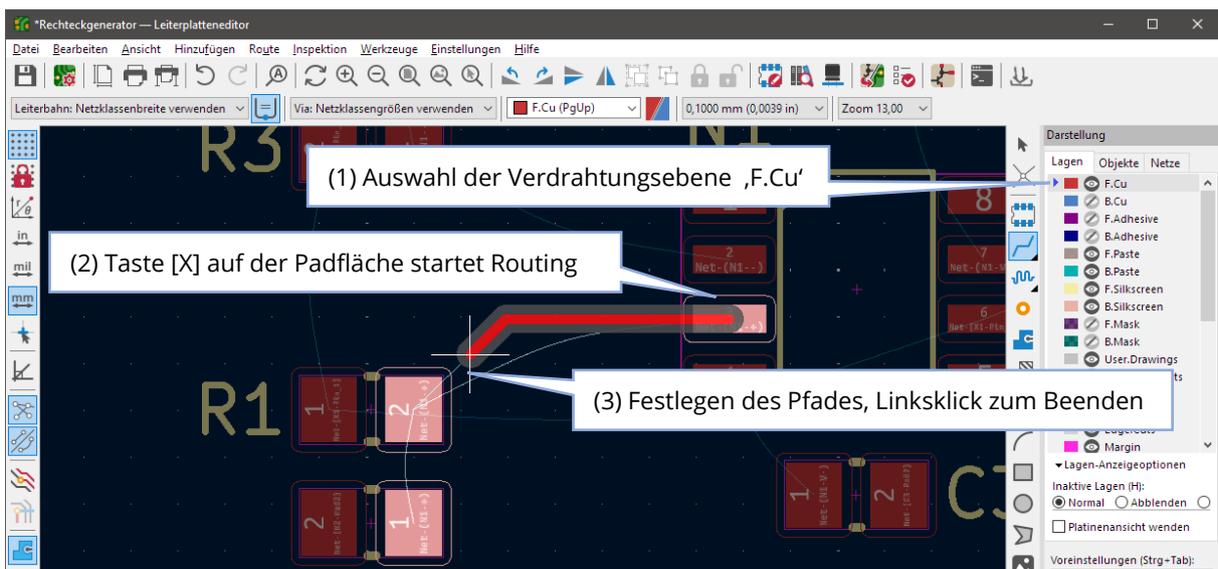
Vor dem nun anschließenden Routing muss der Lagenaufbau der Platine festgelegt werden. Die gebräuchlichsten Varianten sind einlagige und durchkontaktierte zwei- oder mehrlagige Platinen. Sie unterscheiden sich im Preis und Herstellungsaufwand. Hier wird von einer durchkontaktierten Zweiebenenplatine ausgegangen. Sie hat Leiterzüge auf der Oberseite ‚F.Cu‘ (rot) und Unterseite ‚B.Cu‘ (blau) die durch Durchkontakte ‚Vias‘ elektrisch verbunden werden können. Sie ist ein guter Kompromiss aus Kosten, guten elektrischen Eigenschaften und einfachem Routing.

ROUTING

Routing ist das Verdrahten der zunächst durch Gummibänder symbolisierten Verbindungen. Dabei werden Leiterzüge mit konkreten Positionen und Breiten erstellt. Nach der Fertigung übernehmen diese die elektrische Verbindung der Bauelemente.

Der Ablauf beim Routing ist wie folgt:

- 1) Auswahl der Verdrahtungsebene,
- 2) Mauszeiger über dem ersten zu verdrahtenden Pad positionieren; Taste [X] drücken → ein frei beweglicher Leiterzug entsteht,
- 3) linke Maustaste legt Wegpunkte fest, Taste [/] verändert die Vorzugsrichtung, Linksklick auf dem Ziel-Pad beendet Routing → das Gummiband verschwindet und der Leiterzug ist fixiert.



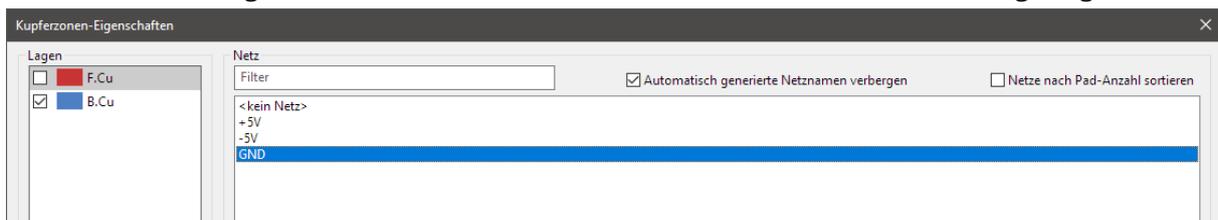
Für den Wechsel der Leiterebenen während des Routings gibt es zwei Varianten:

- Taste [V] setzt ein Via, die Verdrahtung wird auf der zweiten Seite fortgesetzt – oder –
- die Tasten [Bild ↓] oder [Bild ↑] wechseln die Ebene, es wird automatisch ein Via erzeugt.

Bei mehrlagigen Leiterplatten sollten die Vorteile des Schichtaufbaus vorteilhaft genutzt werden. Für eine durchkontaktierte Zweilagengplatinen mit SMD-Bauteilen hat sich folgende Strategie bewährt:

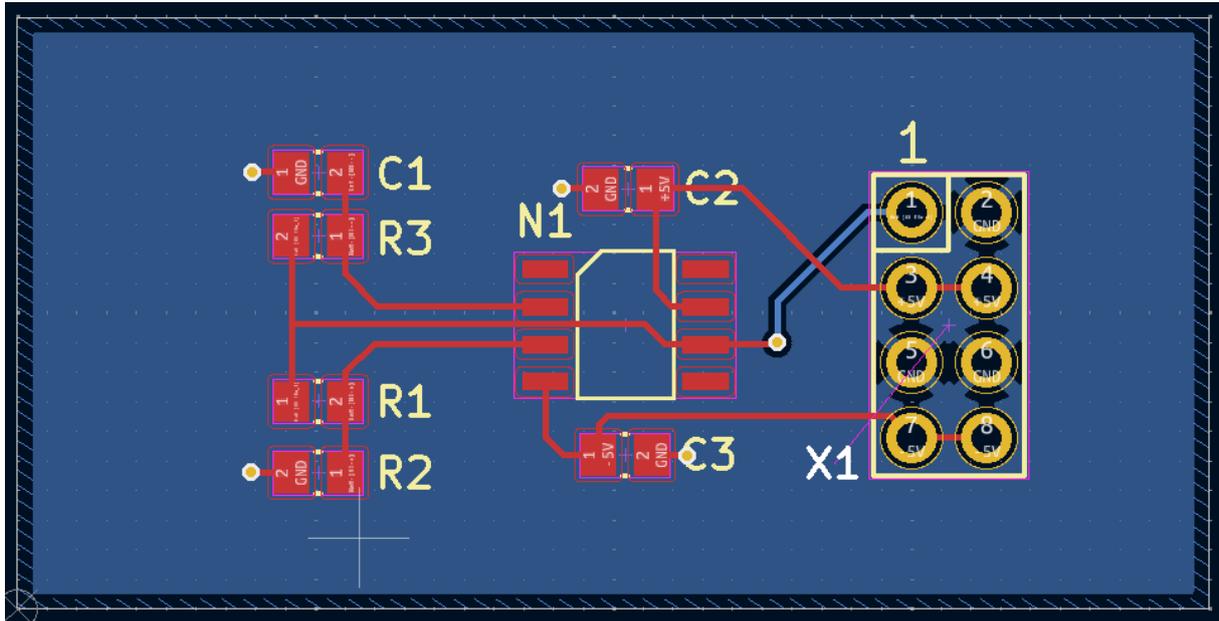
- Signal-Leiterzüge (außer Masse) bevorzugt auf der Oberseite platzieren,
- Masseanschlüsse (GND) nur bis zu einem Via führen,
- Verbindungen des Massenetzes zum Schluss durch gemeinsame Massefläche auf der Unterseite der Platine herstellen.

Masseflächen werden über den Menüpunkt ‚Hinzufügen →  Gefüllte Zone Hinzufügen‘ erzeugt. Bevor man den ausgefüllten Bereich zeichnet, werden die Ebene und das Netz abgefragt.



Diese Methode sorgt für eine niederohmige Bezugsmasse und spart gleichzeitig Routing-Ressourcen auf der Bestückungsseite (Platinenoberseite).

Ist das Layout erstellt, d. h. es sind alle Leitungen verlegt, kann es mit dem Design-Rule-Check (DRC) überprüft werden. Die hierbei angezeigten Warnungen und Fehler sind zu analysieren und, sofern notwendig, zu beseitigen.



ERZEUGEN DER FERTIGUNGSDATEN

Nach dem Erstellen und Überprüfen des Layouts können die Fertigungsdaten exportiert werden. Sie bestehen aus den Polygondaten der Layer und den Aperturen im Gerber RS-274X-Format sowie den Bohrdaten im Excellon-Format. Die Fertigungsdaten werden über die Menüpunkte:

- ‚Datei → Fertigungsdaten → Gerberdateien‘ – und –
- ‚Datei → Fertigungsdaten → Bohrdateien‘

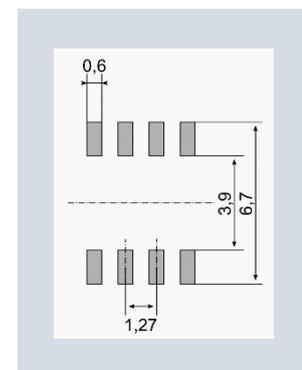
erzeugt.

Übung B: Erstellen eines eigenen Bauelements

Obwohl bei KiCAD bereits viele Bauelementesymbole und Footprints in den mitgelieferten Symbol- und Footprintbibliotheken vorhanden sind, müssen häufig eigene Symbole und Footprints entworfen werden. Dieser Prozess wird in diesem Übungsteil thematisiert. Als Beispiel dient der 32-Bit Mikrocontroller STM32G031J6M6TR.

I. Erstellen eines Footprints

Die meisten Datenblätter von Bauelementen enthalten die Empfehlung eines Footprints für einen gängigen Lötprozess. Die nebenstehende Abbildung zeigt den Datenblattauszug für den betrachteten Mikrocontroller. Daraus soll nun das Footprint erzeugt werden. Man öffnet dazu im Projektmanager den Footprinteditor über den Menüpunkt ‚Werkzeuge → Footprinteditor‘ oder mit [Ctrl] + [F]. Für regelmäßig aufgebaute Footprints wie dieses gibt es Generatoren, die den Vorgang vereinfachen. Hierfür legt man ein neues Footprint über den Menüpunkt ‚Datei → Footprint erstellen‘ an. Im Dialogfenster ‚Footprint-Generatoren‘ wird ‚SOIC‘ selektiert und mit OK bestätigt.



1) Footprinteditor öffnen

2) Auswahl von ‚SOIC‘, Bestätigen mit OK

3) Eintragen der Parameter aus dem Datenblatt:
 Pad Count: 8, Row Count: 2, Pad Pitch: 1,27 mm
 Pad Width: 0,6 mm, Pad Length: 1,4 mm
 Row Spacing: 5,3 mm

4) Verlassen des Dialogfeldes mit dem Icon

Kontrolle und ggf. Änderung der relevanten Layer
 F.Cu ... (Leiterebene oben)
 F.Paste ... (Maske für Lötpastendruck)
 F.Mask ... (Maske für Öffnung im Lötstopplack)

Bestückungsaufdruck

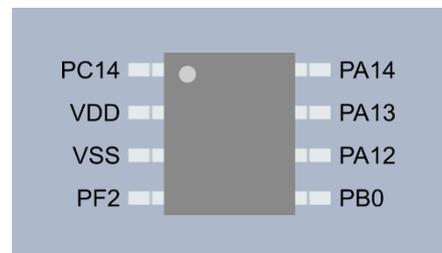
Sperrbereich für Platzierung;
 engl. Courtyard

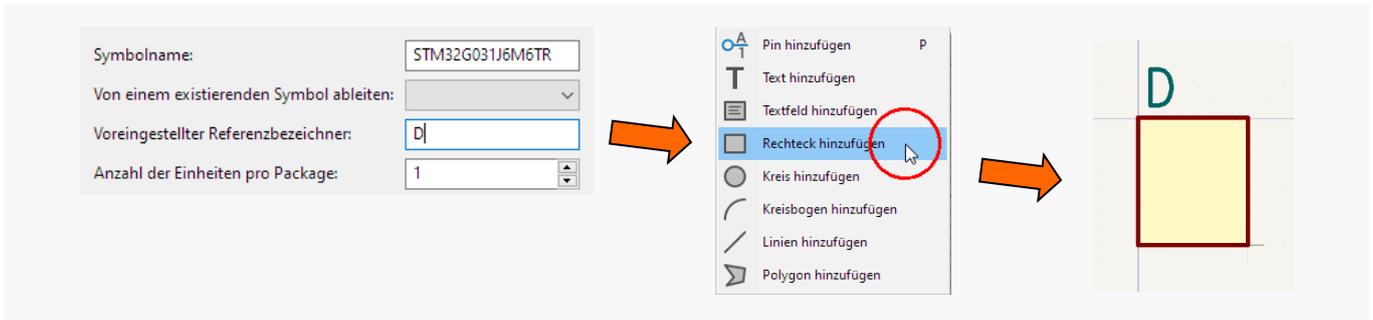
Die Zuordnung des so erstellten Footprints zu einer Bibliothek erfolgt beim Abspeichern. Hier sollte die Bibliothek ‚RE‘ ausgewählt werden.

II. Erstellen eines Schaltsymbols

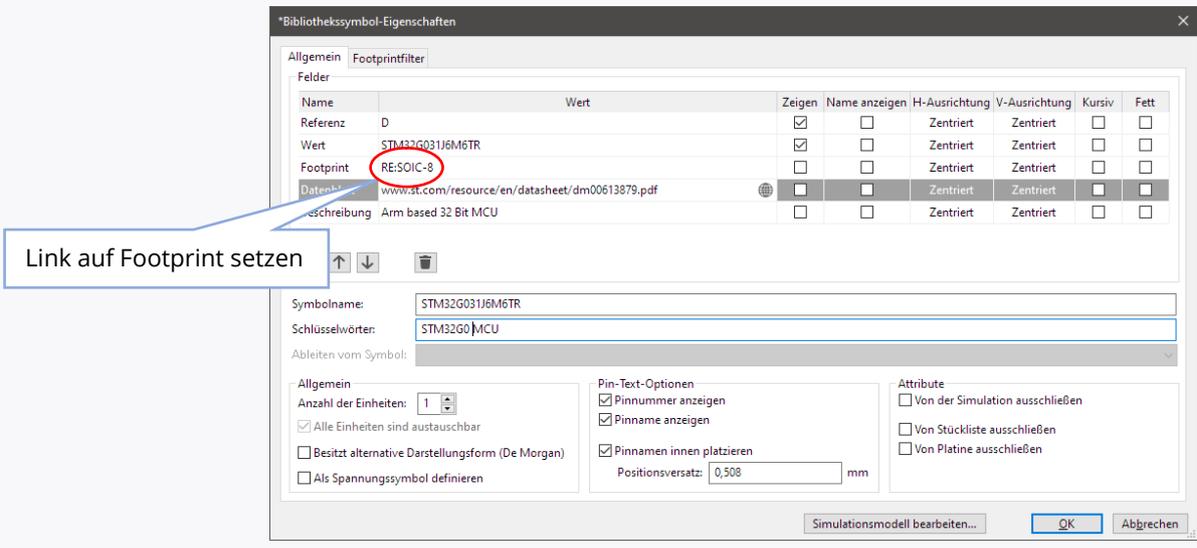
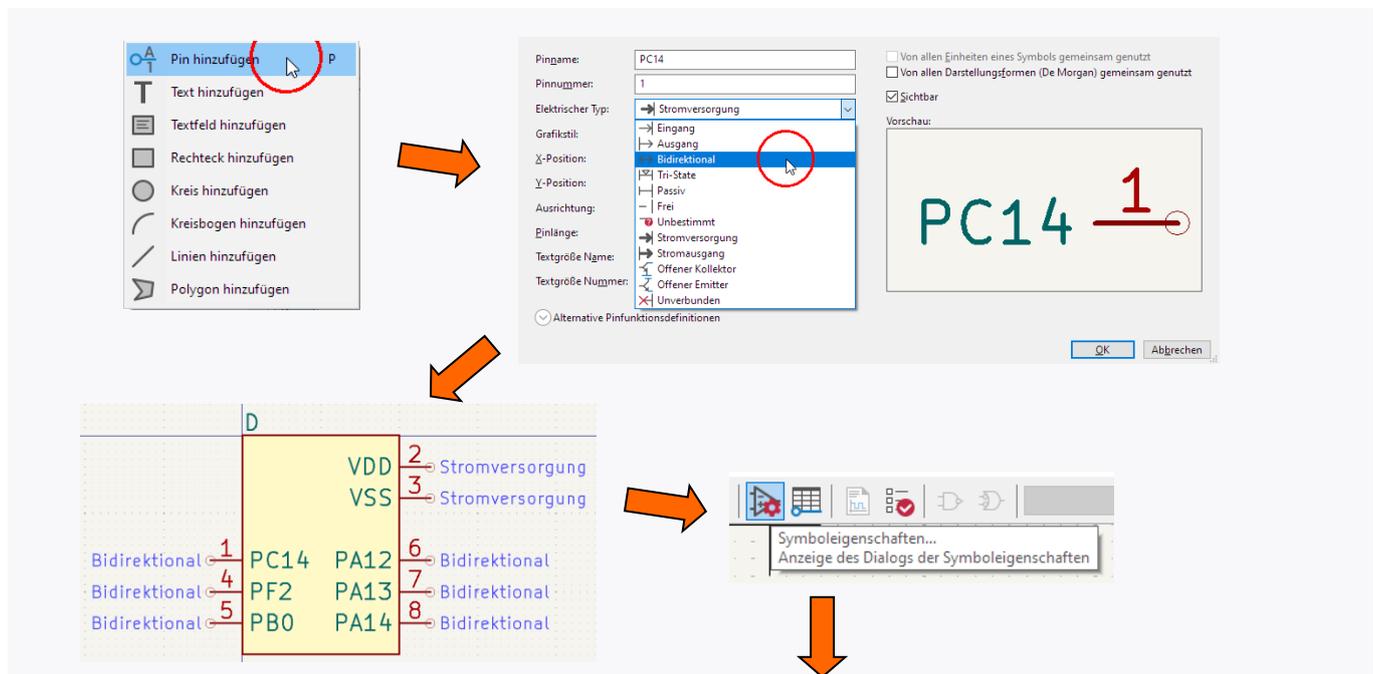
Nicht immer existiert ein passendes Schaltsymbol. Mit Hilfe des Symboleditors lassen sich jedoch einfach eigene Symbole erzeugen. Hier soll das zuvor gewählte Beispiel des Mikrocontrollers STM32G031J6M6TR weitergeführt werden. Rechts ist die Pinbelegung aus dem Datenblatt abgebildet. Anhand dieser wird nun das Symbol erstellt.

Man öffnet dazu im Projektmanager den Symboleditor über den Menüpunkt ‚Werkzeuge → Symboleditor‘ oder mit [Ctrl] + [L]. In der Symbolleiste wählt man ‚Neues Symbol...‘, vergibt einen Namen und zeichnet das Symbol wie folgt.





Danach werden dem Symbol die Anschlüsse hinzugefügt: ‚Hinzufügen → Pins zeichnen‘ oder [P]. In der Eigenschaftenmaske trägt man den Pinnamen, die Pinnummer und den elektrischen Anschlusstyp (hier: ‚Stromversorgung‘ bzw. ‚Bidirectional‘) ein und positioniert das Pin am Symbol (Drehen des Pins mit [R]). Sind alle Pins platziert, wird abschließend der Symboleigenschaftendialog aufgerufen. An dieser Stelle wird unter dem Feld ‚Footprint‘ der Link auf das zuvor erstellte Footprint gesetzt.



Glossar

Airwires	...	symbolische Darstellung der Verbindungen (Gummibänder)
Bottom	...	Unterseite der Leiterplatte (in KiCAD ‚B.Cu‘)
Designflow	...	engl. für Entwurfsablauf
DRC	...	Design Rule Check, Überprüfen der Leiterplatte auf Verletzung von Entwurfsregeln (Bsp. Mindestabstand unterschritten, Via zu klein)
Ebene	...	funktionelle Schicht für Entwurf oder Herstellung der Leiterplatte (z. B. Kupfer, Lötstopplack, Bestückungsaufdruck)
ERC	...	Electrical Rule Check, Überprüfen des Schaltplans auf elektrische Fehler (Bsp. Kurzschluss unterschiedlicher Netze)
Footprint	...	„Fußabdruck“ des Bauelements auf der Leiterplatte: Gesamtheit der Pads, Bestückungsaufdrucke usw.
Lage	...	synonyme Bezeichnung für Ebene in KiCAD
Layer	...	engl. für Lage, synonyme Bezeichnungen für Ebene
Layout	...	Anordnung aller Bauelemente, Leiterzüge und mechanischen Strukturen
Netz	...	Verbindung zwischen Bauelementeanschlüssen
Netzliste	...	textuelle Beschreibung aller Netze einer Schaltung
Pad	...	leitfähige Kontaktfläche eines Bauelements auf der Leiterplatte
PCB	...	Printed Circuit Board, engl. für Leiterplatte
Routing	...	Festlegen der physischen Leiterführung gemäß Schaltplan
Schematic	...	engl. für Schaltplan
Top	...	Oberseite der Leiterplatte (in KiCAD ‚F.Cu‘)
Via	...	Durchkontakt zwischen verschiedenen Leitebenen

Wichtige Shortcuts

Ctrl+F1 ... zeigt Shortcut-Liste an

SCHALTPLAN

A	...	Auswahl eines Symbols
R	...	Rotieren eines Symbols
X	...	Spiegeln eines Symbols in X-Richtung
Y	...	Spiegeln eines Symbols in Y-Richtung
W	...	Verbindungswerkzeug

LAYOUT

R	...	Rotieren eines Footprints
F	...	Flip: Umlappen des Bauelements auf die andere Seite
W	...	Ändern der Leiterzugsbreite (wenn vorher festgelegt)
B	...	Flächen ausfüllen (fluten)
V	...	Seitenwechsel oder Via setzen (beim Routen)

Literatur

<https://www.st.com/resource/en/datasheet/dm00613879.pdf> (14.2.2025)