

EAGLE

EINFACH ANZUWENDENDER GRAFISCHER LAYOUT-EDITOR

Trainingshandbuch

Version 4.1

Schaltplan - Layout - Autorouter
für Linux® und Windows®

CadSoft Computer GmbH
www.cadsoft.de

2.Auflage

Copyright © 2004 CadSoft

Alle Rechte vorbehalten

Wenn Sie noch Fragen haben, wenden Sie sich bitte an uns:

Deutschland und europäisches Ausland:

Telefon: +49 (0)8635 6989-10

Hotline: +49 (0)8635 6989-30

Fax: +49 (0)8635 6989-40

Internet: www.cadsoft.de

Email: Info@cadsoft.de

USA und andere Länder:

Telefon: +1 (561) 274 8355, USA auch: 1-800-858-8355

Fax: +1 (561) 274 8218

Internet: www.cadsoftusa.com

Email: Info@cadsoftusa.com

Für unsere Kunden unterhalten wir eine kostenlose Hotline!

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Dokumentation, darf ohne Genehmigung der Firma CadSoft in irgendeiner Form durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren reproduziert, oder in eine für elektronische Systeme verwendbare Form übertragen und verbreitet werden.

Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk und Fernsehen sind vorbehalten.

Windows ist ein eingetragenes Warenzeichen der Microsoft Corporation.

Linux ist ein eingetragenes Warenzeichen von Linus Torvalds.

Inhaltsverzeichnis

1 Vorbemerkung	7
2 Eigenschaften von EAGLE	8
Systemvoraussetzungen	8
Professional-Version	8
Allgemein	8
Layout-Editor	9
Schaltplan-Editor	9
Autorouter-Modul	9
Standard-Version	10
Light- bzw. Freeware-Version	10
3 Installation und Programmstart	11
Windows	11
Linux	11
4 Individuelle Programmeinstellungen	12
Die Script-Datei eagle.scr	12
User Interface	12
Funktionstasten	12
Layer-Farben	12
5 Das EAGLE-Bedienungskonzept	13
Selektieren von Menüpunkten	13
Mausklick	13
Verschiedene Eingabe-Alternativen	14
Tastenkombinationen	14
Befehls- und Parametereingabe über die Kommandozeile	15
6 Control Panel	18
EAGLE-Dateien	19
Backup-Dateien	19
EAGLE-Projekt anlegen	19
7 Datei laden und Bildschirmausschnitt wählen	21
8 Dargestellte Layer wählen	23
9 Raster und Einheit einstellen	24

10 Linien, Kreise, Kreisbögen, Rechtecke und Texte	25
Der WIRE-Befehl	25
Linienstärke ändern	26
Objekt in anderen Layer bringen	27
Undo/Redo-Funktion	27
Der CIRCLE-Befehl	27
Der ARC-Befehl	28
Der RECT-Befehl	29
Der TEXT-Befehl	29
Platzhaltertexte	30
11 Bibliotheken benutzen	31
Der ADD-Befehl	31
Der USE-Befehl	33
Der INVOKE-Befehl	33
12 Schaltplan erstellen	35
Raster	35
Zeichnungsrahmen anlegen	35
Text im Schriftfeld hinzufügen und ändern	35
Eingabe einer Schaltung	37
Der NET-Befehl	38
Der NAME-Befehl	38
Der LABEL-Befehl	38
Der DELETE-Befehl	39
Der JUNCTION-Befehl	39
Der SHOW-Befehl	39
Der MOVE-Befehl	40
History-Funktion	40
Zeichnung vervollständigen	42
Der SMASH-Befehl	42
Der VALUE-Befehl	43
Der Electrical Rule Check (ERC)	43
Platinendatei aus Schaltplan erzeugen	44
Der BUS-Befehl	44

13 Automatische Forward&Back-Annotation	46
14 Entwurf einer Leiterplatte	47
Platine ohne Schaltplan anlegen	47
Platinenumrisse definieren	47
Platzierungs-Raster	48
Bauteile platzieren	48
SMD-Bauteile platzieren	48
Namen vergeben	49
Werte vergeben	49
Signale definieren	50
Signalklassen festlegen	50
Platine aus Schaltplan anlegen	51
Board-Datei erzeugen	51
Bauteile anordnen	51
Autorouter: kleine Kostprobe	52
Manuell routen	53
Platine ändern	54
Weitere Anwendung des Layout-Editors	54
DISPLAY-Befehl	54
MOVE-Befehl	54
GROUP-Befehl	55
SPLIT-Befehl	56
CHANGE-Befehl	56
ROUTE-Befehl	57
RIPUP-Befehl	57
SHOW-Befehl	57
Bildschirm auffrischen	57
Undo/Redo-Funktion	57
Innenlayer	58
Versorgungslayer	58
Copper Pouring mit dem POLYGON-Befehl	59
15 Autorouter	61
16 Design-Regeln und der Design Rule Check	63

17 Bibliotheken	64
Widerstands-Package	64
Widerstands-Symbol	66
Widerstands-Device	67
18 Ausgabe von Zeichnungen und Fertigungsdaten	70
Schaltplan mit dem PRINT-Befehl ausgeben	70
Erzeugen von Grafikdateien für die Dokumentation	71
Gerber-Daten mit dem CAM-Prozessor erzeugen	71
Bohrdaten erzeugen	72
Weitere Fertigungsdaten	72
19 Datenaustausch	73
Die EAGLE-User-Language	73
Script-Dateien — Eine flexible Eingabeschnittstelle	73

1 Vorbemerkung

Dieses Trainingshandbuch gibt eine schnelle Einführung in die Benutzung des Elektronik-CAD-Pakets EAGLE.

Es macht Sie mit der Installation und der Anwendung von EAGLE, einschließlich Schaltplan-Editor, Layout-Editor und Autorouter, bekannt. Es ist so angelegt, dass Sie die Arbeitsschritte in der natürlichen Reihenfolge kennenlernen: angefangen mit dem Entwurf eines Schaltplans, über die Verwendung des Autorouters, bis zur Erzeugung von Platinendaten.

Der Umgang mit den grundlegenden Bedienfunktionen Ihres Betriebssystems sollte Ihnen bekannt sein. Ausdrücke wie z. B. *vergrößern Sie das Editor-Fenster* werden deshalb ohne weitere Erklärung verwendet.

Ziel des Trainingshandbuches ist es, den Benutzer in die Lage zu versetzen, ein ernsthaftes Projekt durchzuführen. Im Laufe der ersten Entwicklungen sollte er mit Hilfe des EAGLE-Referenz-Handbuchs und der Hilfe-Funktion seine Kenntnisse vertiefen, damit er EAGLE voll ausnutzen kann.

Das Handbuch reißt zwar einen großen Teil der zur Verfügung stehenden Befehle an, geht aber nicht auf die vielen Feinheiten ein, die das Programm ungemein flexibel machen — etwa auf die Möglichkeiten der Befehle SET, SCRIPT und RUN (siehe Hilfe-Funktion).

Änderungen, die nach Drucklegung dieses Handbuchs durchgeführt wurden, entnehmen Sie bitte der Datei *README*. Außerdem sollten Sie sich die Dateien mit der Extension **.txt* im *eagle/doc*-Verzeichnis der Installation ansehen.

Diese Einführung geht davon aus, dass Sie die deutschsprachige EAGLE-Version installiert haben und orientiert sich an Windows. Die Bedienungsunterschiede zu Linux sind minimal.

2 Eigenschaften von EAGLE

Systemvoraussetzungen

EAGLE ist ein sehr leistungsfähiger Grafikeditor, der für den Entwurf von Platinen-Layouts und Schaltplänen optimiert ist. Voraussetzung für seinen Betrieb sind:

- ein IBM-kompatibler Computer (ab 586) mit
- Windows 95/98/ME, Windows NT4/2000/XP oder
- Linux mit Kernel 2.x, libc6 und X11 mit mind. 8 bpp Farbtiefe,
- eine Festplatte mit mindestens 50 MByte freiem Plattenplatz,
- eine Grafikauflösung von mindestens 1024 x 768 Pixel,
- vorzugsweise eine 3-Tasten-Maus.

Professional-Version

Allgemein

- maximale Zeichenfläche 64 x 64 Zoll (ca. 1,6 x 1,6 m)
- Auflösung 0,0001 mm (0,1 micron)
- Raster in Millimeter und Zoll einstellbar
- Bis zu 255 Zeichnungslayer
- Ausführen von Befehlsdateien (Script-Dateien)
- C-ähnliche Benutzersprache (EAGLE User-Language) für den Daten-Import und -Export und die Realisierung eigener Befehle
- Einfaches Bearbeiten von Bibliotheken
- Zusammenstellen von eigenen Bibliotheken aus vorhandenen durch Drag&Drop
- Einfaches Erzeugen neuer Package-Varianten aus anderen Bibliotheken durch Drag&Drop
- Package-Varianten können in beliebigen Winkeln gedreht angelegt werden (0.1-Grad-Schritte)
- Bibliotheksbrowser und bequeme Bauteil-Suchfunktion
- Unterstützung verschiedener Bauteile-Technologien (z. B. 74L00, 74LS00...)
- Erzeugung von Fertigungsdaten für Plotter, Fotoplotter, Bohrmaschinen, Bestückungs-, Test- und Fräsaufmaschinen, oder als Grafikdatei mit dem CAM-Prozessor oder über ULP
- Ausdruck über System-Druckertreiber

- Vom Benutzer frei programmierbare User-Language, zur Erzeugung von Daten z. B. für Bestückungs-, Test- und Fräsautomaten und beliebigen anderen Datenformaten
- Stücklisten-Erzeugung mit Datenbank-Support (*bom.ulp*)
- Drag&Drop-Funktion im Control Panel
- Automatische Backup-Funktion

Layout-Editor

- Konventionelle und SMD-Technik (auf beiden Seiten)
- Blind- und Buried-Via-Technik
- Drehen von Elementen in beliebigen Winkeln (0.1-Grad-Schritte)
- Texte können in beliebiger Ausrichtung platziert werden
- Dynamisches Berechnen der Signallinien beim Entflechten der Platine
- Verlegen der Leiterbahnen in beliebigen Radien möglich
- Mitering zum Glätten von Leiterbahnknicken
- Design Rule Check (prüft z. B. Platine auf Kurzschlüsse oder bestimmte Maße von Pads und Leiterbahnen)
- Copper Pouring (Auffüllen z. B. mit Massefläche)
- Einfache Nutzung verschiedener Package-Varianten

Schaltplan-Editor

- Bis zu 99 Blätter pro Schaltplan
- Einfaches Kopieren von Bauteilen
- Online-Forward&Back-Annotation zwischen Schaltplan und Platine
- Automatische Platinen-Generierung
- Automatische Verdrahtung der Versorgungsspannung
- Electrical Rule Check (prüft die Schaltplan-Logik und die Konsistenz zwischen Schaltplan und Platine)

Autorouter-Modul

- Vollständig in die Basis-Software integriert
- Verwendet die im Layout gültigen Design-Regeln
- Wechsel zwischen manuellem und automatischem Routen in jedem Entwicklungsstadium der Platine
- Ripup-und-Retry-Algorithmus
- Steuerung durch Kostenfaktoren (vom Benutzer definierbar)

- Kleinstes Routing-Raster 0,02 mm
- Platzierungsraster beliebig
- Bis zu 16 Signallayer (mit einstellbaren Vorzugsrichtungen)
- Davon bis zu 14 Versorgungslayer
- Volle Unterstützung von Blind- und Buried-Vias
- Berücksichtigt verschiedene Signalklassen bzgl. Leiterbahnbreite und Mindestabstand

Standard-Version

Die Standard-Version hat gegenüber der Professional-Version Einschränkungen im Layout-Editor:

- Es können Layouts mit einer maximalen Fläche einer Europakarte (160 mm x 100 mm) erzeugt werden.
- Es sind maximal 4 Signallagen erlaubt (2 Aussen-, 2 Innenlagen).

Light- bzw. Freeware-Version

Die Light-Version, die im Funktionsumfang der Freeware (für Testzwecke und nicht kommerziellen Einsatz) entspricht, hat folgende Einschränkungen:

- Die Platinenfläche ist auf 100 x 80 mm begrenzt. Ausserhalb dieses Koordinatenbereichs können keine Bauteile platziert bzw. Signale verlegt werden.
- Es stehen nur zwei Signallayer zur Verfügung (keine Innenlagen).
- Ein Schaltplan kann nur aus einem Blatt bestehen.

Größere Layouts und Schaltpläne können auch mit den *kleinen* Versionen gedruckt werden. Der CAM-Prozessor kann davon auch Fertigungsdaten erstellen.

3 Installation und Programmstart

Windows

Legen Sie den Datenträger in das CD-ROM-Laufwerk. Wählen Sie im CD-ROM-Startfenster den gewünschten Menüpunkt.

Falls das Startfenster nicht automatisch erscheint, doppelklicken Sie auf das CD-ROM-Symbol im Ordner *Arbeitsplatz*.

Folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm.

Bei der Installation der Freeware wird keine Lizenzkarte benötigt. Beantworten Sie die Frage nach der Lizenz einfach mit einem Klick auf *Run as Freeware*.

Falls Sie EAGLE wieder deinstallieren wollen, führen Sie das Programm *unInstallShield* aus, das im EAGLE-Verzeichnis angelegt wird.

Die EAGLE-CD-ROM enthält ebenfalls eine lauffähige Version der Freeware. Diese kann direkt, ohne Installation, gestartet werden. Allerdings sind einige Funktionen nur eingeschränkt nutzbar, da auf der CD-ROM keine Dateien angelegt werden können.

Linux

Legen Sie den Datenträger ein und mounten Sie Ihr CD-ROM-Laufwerk. Wechseln Sie in das Verzeichnis (*/cdrom/german/linux/install*) und beachten Sie die Hinweise zur Installation in der Datei *README*.

Bei der Installation werden Sie gefragt, ob Sie bereits eine Lizenz von EAGLE haben oder das Programm als Freeware starten wollen. Wählen Sie die Option *Run as Freeware*, wenn Sie keine gültige Lizenz besitzen.

Auf der EAGLE-CD-ROM befindet sich auch eine lauffähige Programm-Version. Diese kann direkt von der CD-ROM gestartet werden. Das Laufwerk muss dazu *executable* gemountet werden. Allerdings sind einige Funktionen nur eingeschränkt nutzbar, da auf der CD-ROM keine Dateien angelegt werden können.

4 Individuelle Programmeinstellungen

EAGLE erlaubt eine Vielzahl individueller Einstellungen, bis hin zur Konfiguration von Menüs, Funktionstasten und Bildschirmfarben. Viele dieser Einstellungen nehmen Sie im Control Panel oder in den Editorfenstern über das *Optionen*-Menü vor.

Die Script-Datei *eagle.scr*

In der speziellen Kommandodatei (Script-Datei) *eagle.scr* lassen sich sämtliche Voreinstellungen für den Schaltplan-, den Layout- und den Bibliotheks-Editor in Form von EAGLE-Befehlen vornehmen. Wer diese Möglichkeiten nutzen will, sollte sich mit der Kommandosprache vertraut machen. Die genaue Syntax der EAGLE-Befehle finden Sie in der Befehls-Referenz in den Hilfe-Seiten.

User Interface

Die Benutzeroberfläche von EAGLE lässt sich individuell einstellen. Die Einstellungen erfolgen im Control Panel oder in einem der Editor-Fenster über das Menü *Optionen/Benutzeroberfläche*. Im Trainingshandbuch gehen wir jedoch davon aus, dass Sie EAGLE mit der voreingestellten Oberfläche verwenden.

Funktionstasten

Verschiedene Funktionstasten sind bereits mit bestimmten Befehlen belegt. Die Belegung lässt sich jederzeit ändern. Lediglich die betriebssystem-spezifischen Tasten (wie F1 für die Hilfe unter Windows) dürfen nicht neu definiert werden. Die aktuellen Einstellungen für das jeweilige Editor-Fenster erfährt man über *Optionen/Tastenbelegung*.

Layer-Farben

Layer-Farben lassen sich frei definieren. Im Menü *Optionen/Einstellungen, Farben* kann man eigene Farbwerte festlegen. Dabei definiert man immer ein Farbenpaar:

Die normale Farbe des Layers und die sogenannte *Highlight*-Farbe, die zum Hervorheben des Objekts beim SHOW- oder MOVE-Befehl verwendet wird. Zugeordnet werden die Farben im DISPLAY-Menü, Schaltfläche *Ändern* unter *Farbe*.

Weitere Informationen zu diesen Themen finden Sie auch in den Hilfe-Seiten des Programms. Sehen Sie dazu die Stichpunkte *SET, ASSIGN, User Interface, CHANGE* und *Projekt*.

5 Das EAGLE-Bedienungskonzept

EAGLE ist intern so angelegt, dass jede Aktion aufgrund eines Textbefehls ausgeführt wird. Der Benutzer gibt diese Befehle normalerweise durch Anklicken von Menüpunkten oder Symbolen (Icons) in Symbolleisten ein. Sind Werte anzugeben, dann trägt er sie in dafür vorgesehene Felder oder in der Kommandozeile ein.

Die Kenntnis der internen Kommandosprache ist nicht Voraussetzung, um mit EAGLE erfolgreich Schaltungen und Platinen zu entwerfen. Allerdings bietet dieses Konzept weitere Möglichkeiten, die EAGLE zum überaus flexiblen Werkzeug machen:

Jeder Befehl kann zum Beispiel auch in Textform über die Kommandozeile eingegeben oder von einer Datei eingelesen werden. Außerdem lassen sich die Funktionstasten individuell mit Befehls-Strings belegen (ASSIGN-Befehl). Damit ist es unter anderem möglich, ganze Befehlssequenzen auf Funktionstasten zu legen oder mit wenigen Mausklicks (SCRIPT-Befehl) auszuführen.

In diesem Handbuch werden der Übersichtlichkeit halber verschiedene Aktionen in EAGLE mit einer vereinfachten Schreibweise dargestellt, die im Folgenden an Beispielen erläutert werden soll.

Selektieren von Menüpunkten

Das Zeichen \Rightarrow bedeutet, dass eine Auswahl aus einem Menü zu treffen ist. So bedeutet

\Rightarrow *Datei/Speichern*

klicken Sie (jeweils mit der linken Maustaste) das *Datei*-Menü an und anschließend den Menüpunkt *Speichern*.

Mausklick

Das Betätigen der linken Maustaste wird durch einen fetten Punkt symbolisiert. Beispiel:

- MOVE und F1

Im Klartext: Klicken Sie mit der linken Maustaste den MOVE-Befehl an, und betätigen Sie anschließend die F1-Taste.

Ein Doppelklick mit der linken Maustaste wird durch zwei fette Punkte symbolisiert.

Beispiel:

- • `linear.lbr`

Im Klartext: Selektieren Sie aus dem Menü die Datei *linear.lbr* mit einem Doppelklick der linken Maustaste.

Einige Befehle haben besondere Funktionen bei Mausklicks in Kombination mit den Tasten Shift, Ctrl, Alt. Bitte beachten Sie die Hinweise in der Befehlsreferenz der Hilfe-Funktion.

Verschiedene Eingabe-Alternativen

EAGLE-Befehle lassen sich alternativ mit der Tastatur, durch Anklicken von Icons oder durch Anklicken von Menüpunkten eingeben.

Folgende Aktionen führen zum Beispiel zur Aktivierung des MOVE-Befehls:

- Anklicken des Icons 
- Eingabe von MOVE in die Kommandozeile, abgeschlossen mit der Enter-Taste
- Betätigen der mit dem MOVE-Befehl vordefinierten Funktionstaste F7
- Selektieren des Menüpunktes \Rightarrow *Bearbeiten/Move*

In diesem Handbuch soll überwiegend mit den Symbolleisten gearbeitet werden. Aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit werden die Befehle aber meist textuell angegeben.

- MOVE

bedeutet also: Klicken Sie das MOVE-Icon  an.

Tastenkombinationen

Ein Pluszeichen bedeutet, dass die erste Taste gedrückt ist, während die zweite betätigt wird. Beispiel:

`Alt+F2`

Die Alt-Taste ist gedrückt, während die F2-Taste betätigt wird.

Befehls- und Parametereingabe über die Kommandozeile

Aktionen, die mit der Enter- bzw. Return-Taste abzuschließen sind, werden mit dem Zeichen ← symbolisiert. Beispiel:

```
USE ←
```

Im Klartext: Tippen Sie `USE` und drücken Sie anschließend die Enter-Taste.

Alles, was Sie so eingeben müssen, wie es gedruckt ist, erscheint in Schreibmaschinenschrift, wie im folgenden Beispiel:

```
CHANGE WIDTH 0.024 ←
```

Im allgemeinen unterscheidet EAGLE nicht zwischen Groß- und Kleinschreibung, Sie können den obigen Befehl deshalb auch so eingeben:

```
change width 0.024 ←
```

Da EAGLE Schlüsselwörter auch erkennt, wenn sie so weit abgekürzt sind, dass sie nicht mit einem anderen verwechselt werden, können Sie die Eingaben in den meisten Fällen abkürzen. Obiger Befehl wäre auch so gültig:

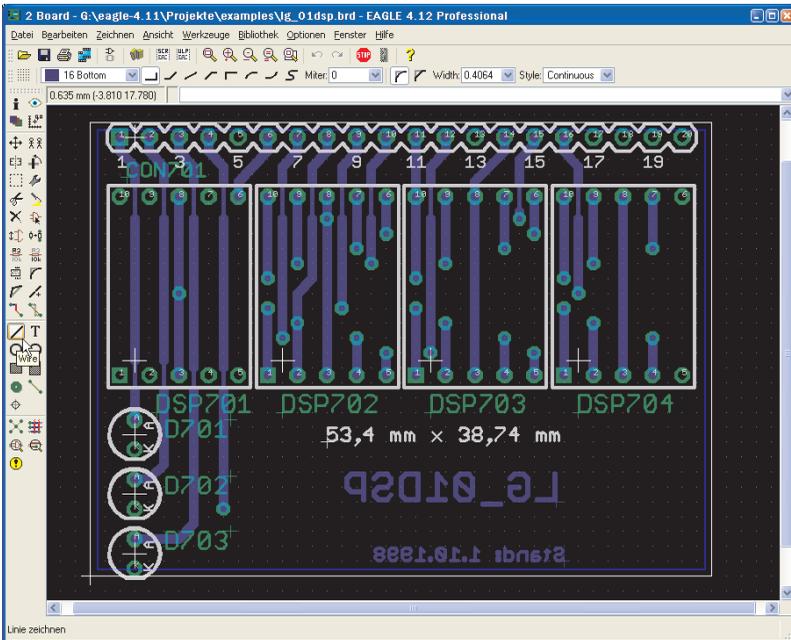
```
cha wid 0.024 ←
```

Aus Gründen der Klarheit wird in diesem Trainingshandbuch aber immer die ausgeschriebene Schreibweise verwendet.

Die folgenden Bilder zeigen die Zuordnung von Befehlen und Icons im Schaltplan- und im Layout-Editor und den Aufbau eines Editorfensters am Beispiel des Layout-Editors.

Info		Show	Info		Show
Display		Mark	Display		Mark
Move		Copy	Move		Mirror
Mirror		Rotate	Mirror		Rotate
Group		Change	Group		Change
Cut		Paste	Cut		Paste
Delete		Add	Delete		Add
Pinswap		Gateswap	Pinswap		Replace
Name		Value	Name		Value
Smash		Miter	Smash		Miter
Split		Invoke	Split		Optimize
Wire		Text	Route		Ripup
Circle		Arc	Wire		Text
Rectangle		Polygon	Circle		Arc
Bus		Net	Rectangle		Polygon
Junction		Label	Via		Signal
ERC			Hole		
			Ratsnest		Auto
			ERC		DRC
			Errors		

Befehlsmenü des Schaltplan-Editors (links) und des Layout-Editors (rechts)



Das Layout-Editor-Fenster

Von oben nach unten: Titelzeile mit Angabe der EAGLE-Version, Menüleiste, Aktionsleiste, Parameterleiste und die Koordinatenanzeige mit Kommandozeile.

Links das Befehlsmenü:

Das WIRE-Icon wird durch die Direkthilfe bezeichnet. Unten in der Statuszeile sehen Sie eine kurze Erklärung zum Befehl.

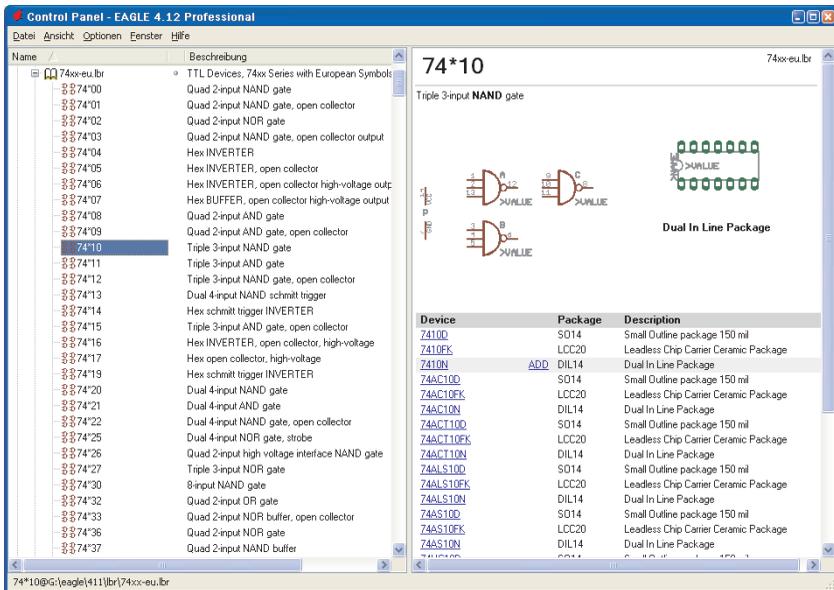
Die Symbolleisten können über das Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* ein- oder ausgeblendet werden. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, anstatt des Befehlsmenüs ein Textmenü zu verwenden.

6 Control Panel

Nach dem Start von EAGLE öffnet sich das Control Panel, die Steuerzentrale des Programms.

Vom Control Panel aus legt man neue Projekte an und verwaltet sie. Rechter Mausklick auf einen Eintrag (im Zweig *Projekte*) öffnet ein Kontextmenü, über das man beispielsweise ein Projekt anlegen kann (⇒ *Neu/Projekt*).

Die Baum-Ansicht des Control Panels erlaubt eine Übersicht über die Bauteile-Bibliotheken (Zweig *Bibliotheken*). Doppelklicken Sie auf einen Eintrag in diesem Zweig, so sehen Sie den Inhalt der Bibliothek. Selektieren Sie ein Element, wird es rechts mit einer kurzen Beschreibung angezeigt.



Das Control Panel: Voransicht des Bibliotheksinhalts

Das Control Panel bietet auch eine Übersicht über die nutzbaren User-Language-Programme, Script-Dateien und CAM-Jobs. Selektieren Sie testweise verschiedene Einträge. In der rechten Fensterhälfte sehen Sie jeweils die zugehörige Beschreibung.

Das Control Panel unterstützt Drag&Drop in gewohnter Weise. Mit einem rechten Mausklick auf einen Eintrag öffnet sich ein Kontextmenü, das verschiedene Optionen (Drucken, Öffnen, Kopieren, usw.) anbietet.

Die Pfade für die einzelnen Zweige werden im Menü *Optionen/Verzeichnisse...* eingestellt.

EAGLE-Dateien

Die Tabelle zeigt die wichtigsten Dateiartern, die Sie in EAGLE bearbeiten können:

Dateiart	Fenster	Name
Platine	Layout-Editor	*.brd
Schaltplan	Schaltplan-Editor	*.sch
Bibliothek	Bibliotheks-Editor	*.lbr
Script-Datei	Texteditor	*.scr
User-Language-Prog.	Texteditor	*.ulp
Beliebige Textdatei	Texteditor	*.*

Die Linux-Version erkennt Dateiendungen nur in Kleinbuchstaben!

Backup-Dateien

EAGLE erstellt von Schaltplan-, Board- und Bibliotheksdateien Sicherungskopien. Diese werden mit modifizierten Dateiendungen gespeichert: *.brd* wird zu *.b#1*, *.sch* zu *.s#1* und *.lbr* zu *.l#1*. EAGLE legt maximal neun Sicherungskopien an.

Außerdem kann EAGLE Daten in bestimmten Zeitabständen automatisch speichern. In diesem Fall erhalten die Dateien die Endungen *b##*, *s##* bzw. *l##*. Durch Umbenennen der entsprechenden Datei, wird sie wieder nutzbar.

Einstellungen dazu treffen Sie unter *Optionen/Sicherung* im Control Panel.

EAGLE-Projekt anlegen

Nach dem ersten Aufruf des Programms legen wir zunächst ein neues Projekt an. Zuerst • auf das +-Zeichen des Zweigs *Projekte*, dann • auf das +-Zeichen der Einträge *examples* und *tutorial* in der Baum-Ansicht. Es erscheint der Inhalt des Verzeichnisses *tutorial*. • mit der rechten Maustaste auf *tutorial*. Wählen Sie die Option *Neues Projekt* aus dem Kontextmenü. Benennen Sie das Projekt mit einem beliebigen Namen, z. B. *MyProject* und bestätigen Sie die Eingabe mit der Enter-Taste. Dabei wird ein Verzeichnis *MyProject* im Ordner *tutorial* erzeugt. In diesem Verzeichnis sollen alle relevanten Daten dieses Projekts abgelegt werden. Sie dürfen beliebig viele Unterverzeichnisse anlegen.

In welchem Ordner Sie Ihre Projekt-Verzeichnisse anlegen, bestimmen Sie über ⇒ *Optionen/Verzeichnisse...* im Feld *Projekte*.

Mit rechtem Mausklick auf den Projekt-Eintrag legen Sie über das Kontextmenü neue Schaltpläne, Layouts und Bibliotheken an.

In jedem Projekt-Verzeichnis legt EAGLE eine Datei *eagle.epf* an, in der projektspezifische Optionen und die Fenster, die aktiv waren, als das Programm verlassen wurde, gespeichert werden.

Das aktuelle Projekt wird im Control Panel mit einer grünen Markierung gekennzeichnet. Beim nächsten Programmstart wird dieser Zustand wieder hergestellt. Das Projekt, das zuletzt benutzt wurde, wird mit anderen benutzerspezifischen Parametern in der Datei *~/eaglerc* (Linux) bzw. *eaglerc.usr* (Windows) gespeichert.

Für die im Folgenden besprochenen Übungen, kopieren wir zuerst die Datei *demo1.sch*, *demo2.sch* und *demo2.brd* in das Verzeichnis *MyProject*. Halten Sie dazu die Strg-Taste gedrückt, klicken Sie auf die gewünschte Datei, und ziehen Sie bei gedrückter Maustaste die Datei auf den Eintrag *tutorial*. Wiederholen Sie den Vorgang für die anderen Dateien.

Die gedrückte Ctrl-Taste bewirkt, dass die Dateien kopiert werden, ohne würden die Dateien verschoben werden.

Öffnen Sie mit einem Doppelklick auf *demo1.sch* den Schaltplan-Editor. Wenn Sie EAGLE mit Alt+X verlassen, finden Sie beim erneuten Programmaufruf alle Einstellungen und Fenster unverändert wieder vor.

7 Datei laden und Bildschirmausschnitt wählen

Lassen Sie uns nun mit den praktischen Übungen beginnen. Starten Sie EAGLE, und warten Sie, bis das Control Panel erscheint. Klappen Sie den Eintrag *Projekte/examples/tutorial/MyProject* in der Baum-Ansicht auf.

Nun soll die Platinendatei *demo2.brd* geladen werden. ●● auf den Eintrag *demo2.brd*. Alternativ öffnen Sie das File über ⇒ *Datei/Öffnen/Board*. Die gleichnamige Schaltung *demo2.sch* wird ebenfalls automatisch geladen.

Vergrößern Sie das Platinen-Editor-Fenster.

Klicken Sie zuerst das Icon  in der Aktionsleiste an, um in die Zeichnung hineinzuzoomen. Der WINDOW-Befehl kann auch über die Funktionstaste F3 ausgeführt werden.

Wenn Sie mit einer Rädchenmaus arbeiten, kann man durch Drehen des Mausrads in die Zeichnung hinein- bzw. herauszoomen. Der Zoomfaktor kann über *Mausrad-Zoomfaktor* im Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* festgelegt werden.

Diese Funktion lässt sich mit der Einstellung Mausrad-Zoomfaktor = 0 deaktivieren.

Mit Klick auf  oder durch Drücken der Funktionstaste F4 zoomen Sie aus der Zeichnung heraus.

Wenn Sie dieses Icon  anklicken, wird die Zeichnung bildschirmfüllend dargestellt (entspricht der Tastenkombination Alt+F2).

Um einen bestimmten Bildschirmausschnitt zu wählen klicken Sie auf das

Icon  und ziehen mit gedrückter Maustaste einen Rahmen um den gewünschten Bereich.

Um den gewählten Bildschirmausschnitt zu verschieben, halten Sie einfach die mittlere Maustaste gedrückt und bewegen die Maus. Das funktioniert auch, wenn ein Befehl aktiviert ist, beispielsweise während des Verlegens eines Netzes oder einer Leiterbahn.

Wollen Sie über die Zeichnungsgrenzen hinaus verschieben, drücken Sie gleichzeitig die Shift-Taste.

Wenn sich der Mauszeiger über der horizontalen bzw. vertikalen Bildlaufleiste befindet, kann man durch Drehen des Mausrads (sofern vorhanden) den Bildausschnitt nach rechts oder links bzw. nach oben oder unten

verschieben.

Bei verschiedenen Aktionen kann es vorkommen, dass sich Zeichenobjekte teilweise gegenseitig auslöschen. In diesem Fall sollten Sie den Bildschirm-

inhalt durch Anklicken des Icons  auffrischen (auch mit F2 möglich).

Der WINDOW-Befehl ist im EAGLE noch etwas vielseitiger als bei anderen Programmen:

Wenn Sie einen neuen Mittelpunkt bei gleichem Vergrößerungsfaktor wäh-

len wollen, klicken Sie das Window-Icon  an, markieren Sie den Mittelpunkt mit einem Mausklick, und klicken Sie anschließend auf das Ampel-Icon in der Aktionsleiste.

Wenn Sie einen neuen Mittelpunkt auswählen und gleichzeitig den Vergrößerungsfaktor ändern wollen, klicken Sie wieder das Window-Icon an. Mit drei weiteren Tastenklicks erreichen Sie das gewünschte Ergebnis: der erste legt das neue Zentrum fest, und die beiden nächsten definieren den Zoomfaktor. Ist der dritte Punkt weiter vom ersten entfernt als der zweite Punkt, dann wird in die Zeichnung hineingezoomt, und umgekehrt. Probieren Sie es einfach aus.

Weitere Informationen zum WINDOW-Befehl finden Sie in der Hilfe-Funktion, die Sie zum Beispiel durch Eintippen von

HELP WINDOW ←

in die Kommandozeile aufrufen können.

8 Dargestellte Layer wählen

EAGLE-Zeichnungen enthalten Objekte in unterschiedlichen Zeichen-Layern. Bei Ausdrucken bzw. der Ausgabe von Fertigungsdaten werden unterschiedliche Layer kombiniert, um sinnvolle Ergebnisse zu erhalten. So ergibt die Kombination aus Top-, Pad- und Via-Layer den Film zum Ätzen der Platinenoberseite. Entsprechend ergibt die Kombination aus Bottom-, Pad- und Via-Layer den Film zum Ätzen der Platinenunterseite. Der Pad-Layer enthält die Durchkontaktierungen der Bauelementeanschlüsse, und der Via-Layer enthält die Durchkontaktierungen, die zum Layerwechsel für Leiterbahnen erforderlich sind.

Laden Sie die Platine *demo2.brd* über das *Datei/Öffnen/Board*-Menü im Control Panel oder im Layout-Editor-Fenster, und klicken Sie in der Befehlsleiste das Icon für den DISPLAY-Befehl an (siehe Abbildung weiter vorne). Die markierten Layer sind im Augenblick im Layout-Editor sichtbar. Durch Anklicken der Layernummern können Sie jeden Layer ein- und ausblenden. Die Schaltflächen *Alle* und *Keine* sorgen dafür, dass alle Layer ein- bzw. ausgeblendet werden.

Wenn Sie den Layer 21 *tPlace* (Bestückungsplan Oberseite) selektieren oder deselektieren, werden automatisch auch die Layer 23 *tOrigins*, 25 *tNames*, 27 *tValues* und 51 *tDocu* selektiert/deselektiert. Entsprechendes gilt für Layer 22 *bPlace* (Bestückungsplan Unterseite).

Ganz wichtig: Bauteile auf dem Top-Layer können Sie nur dann in der Zeichnung bewegen oder für andere Operationen selektieren, wenn Layer 23 *tOrigins* eingeblendet ist. Das gleiche gilt für Bauteile auf dem Bottom-Layer und den Layer 24 *bOrigins*.

Klicken Sie im DISPLAY-Menü auf einen Layer-Namen, wird dieser selektiert. Über die Schaltfläche *Ändern* können Sie dann verschiedene Eigenschaften wie Name, Farbe oder Füllmuster definieren.

In den Hilfe-Seiten unter dem Begriff *Layer* erfahren Sie mehr über die Bedeutung der einzelnen Layer.

9 Raster und Einheit einstellen

Schaltpläne sollten immer im voreingestellten Raster von 0,1 Inch (das entspricht 2,54 mm) gezeichnet werden, da die Bibliotheken dafür ausgelegt sind.

Bei **Platinen** richtet sich das Raster nach den verwendeten Bauelementen und der Packungsdichte.

Raster und Einheit werden mit dem GRID-Befehl eingestellt, der sich hinter dem Icon  in der Parameterleiste verbirgt.

Alle Maßangaben beziehen sich auf die aktuell eingestellte Einheit. Bitte ziehen Sie die Hilfe-Seite des GRID-Befehls für detailliertere Angaben zurate.

Bei der Einstellung von verschiedensten Werten im Design-Regeln-Fenster (\Rightarrow *Bearbeiten/Design-Regeln...*) kann man Mil- oder Millimeter-Angaben verwenden (1Mil entspricht 1/1000 Inch). Standardmäßig werden alle Werte in Mil angezeigt.

Wollen Sie mit Millimetern arbeiten, geben Sie die Einheit einfach mit an, also beispielsweise:

0.2mm

Umrechnungstabelle Inch - Mil -Millimeter für die gängigsten Werte:

inch	mil	mm
0,008	8	0,2032
0,010	10	0,2540
0,012	12	0,3048
0,016	16	0,4064
0,024	24	0,6096
0,032	32	0,8128
0,040	40	1,0160
0,050	50	1,2700
0,100	100	2,5400

Im GRID-Dialog kann man ein alternatives Raster einstellen, das beim Zeichnen durch Drücken der Alt-Taste aktiviert werden kann.

10 Linien, Kreise, Kreisbögen, Rechtecke und Texte

Linien, Kreise, Kreisbögen, Rechtecke und Texte werden mit den Befehlen WIRE, CIRCLE, ARC, RECT und TEXT erzeugt. Diese Objekte dienen einerseits als reine Zeichenelemente bei der Erstellung von Symbolen, Gehäusen (Packages), Zeichnungsrahmen etc., andererseits übernehmen sie spezielle Funktionen, etwa bei der Definition von Sperrflächen.

Zunächst soll eine neue Schaltplandatei angelegt werden. Schließen Sie alle Editor-Fenster, und wählen Sie im Control Panel

⇒ *Datei/Neu/Schematic*

Es wird eine neue Schaltung mit dem Namen *untitled.sch* angelegt.

Normalerweise sollten Sie nie Dateien mit dem Namen *untitled* abspeichern, sondern mit ⇒ *Datei/Speichern unter* einen anderen Namen wählen. In den hier beschriebenen Übungen werden grundsätzlich keine Dateien abgespeichert.

Vergrößern Sie nun das Schaltplan-Editor-Fenster.

Der WIRE-Befehl

Der WIRE-Befehl dient dazu, Linien zu zeichnen.

Klicken Sie den WIRE-Befehl im Befehlsmenü an. Alle für diesen Befehl möglichen Parameter lassen sich jetzt in der Parameterleiste einstellen. Wählen Sie zunächst den Layer 94 *Symbols* aus dem Layer-Auswahlfeld aus. In diesem Layer soll ein rechteckiger Linienzug gezeichnet werden.



Parameter des WIRE-Befehls

Definieren Sie mit linkem Mausklick den Anfangspunkt des Linienzugs. Bewegen Sie den Mauszeiger etwas nach rechts oben, und drücken Sie die rechte Maustaste einige Male. So ändern Sie den aktuellen Knickmodus (Wire-Bend). Unter verschiedenen diagonalen und orthogonalen Modi finden Sie auch welche zum Zeichnen von 90°- bzw. freien Bögen.

Im Schaltplan lassen sich die Bogen-Modi nur über die Parameterleiste, nicht mit der rechten Maustaste wie im Layout-Editor wählen!

Halten beim rechten Mausklick die Shift-Taste gedrückt, kehrt sich die Auswahlrichtung um. Mit gedrückter Ctrl-Taste schaltet man zwischen den komplementären Wire-Bends um.

Wenn die Verbindung einen rechten Winkel bildet, drücken Sie die linke Maustaste, um ihre Position zu fixieren. Bewegen Sie den Mauszeiger nun

wieder zum Anfangspunkt, und **••**, um die Linie abzusetzen. Sie sollten nun einen rechteckigen Linienzug sehen. Wie Sie soeben feststellen konnten, lässt sich der Knickwinkel zwischen Wire-Segmenten mit der rechten Maustaste einstellen. Das ist effektiver als über die Symbole in der Parameterleiste.

Achtung: Verwenden Sie den WIRE-Befehl nicht zum Zeichnen von Netzen und Busverbindungen in Schaltplänen. Dazu dienen die Befehle NET und BUS!

Im **Layout-Editor** erzeugt man im einfachsten Fall mit dem WIRE-Befehl elektrische Verbindungen in einer Platine, sofern man ihn in einem der Layer *Top*, *Bottom* oder *Route2..15* benutzt. Auch die Platinenumrisse zeichnet man z. B. mit dem WIRE-Befehl im Layer *20 Dimension*.

Linienstärke ändern

Während der WIRE-Befehl aktiv ist, können Sie die Strichstärke (*Width*) aus dem entsprechenden Selektionsmenü in der Parameterleiste auswählen oder einen bestimmten Wert dort eintragen, und zwar getrennt für jedes Segment.

Um die Linienstärke eines existierenden Objekts zu ändern,

- **CHANGE** in der Befehlsleiste, ein Popup-Menü öffnet sich.
- **WIDTH**, und ein weiteres Popup-Menü erscheint, in dem die gegenwärtige Strichstärke markiert ist.

Wählen Sie die gewünschte Strichstärke durch einen Mausklick, und klicken Sie dann das Objekt, dessen Strichstärke zu ändern ist, mit der linken Maustaste an.

Wenn Sie eine Strichstärke einstellen wollen, die nicht im Menü des **CHANGE**-Befehls erscheint, klicken Sie auf den Eintrag **...** ganz unten im Menü und geben dann den gewünschten Wert ein.

Alternativ können Sie die Kommandozeile zur Eingabe benutzen. Tippen Sie zum Beispiel

```
CHANGE WIDTH 0.017 ←
```

und klicken Sie das betreffende Wire-Segment an, um die Breite zu ändern, beziehungsweise beginnen Sie einen neuen Wire zu zeichnen.

Über **CHANGE** lässt sich auch die Linienart verändern. **• CHANGE** und **• Style** bietet eine Auswahl von Linienarten an. Selektieren Sie die gewünschte Linienart und ordnen Sie diese mit **•** auf den Wire zu.

Objekt in anderen Layer bringen

Um ein Objekt, z. B. ein Wire-Segment in einen anderen Layer zu legen,

- CHANGE
- LAYER

selektieren Sie den Ziellayer, z. B. 94 *Symbols*, mit **•** und **•OK**, und **•** auf das gewünschte Objekt oder die gewünschten Objekte. Bitte beachten Sie, dass manche Objekte, etwa Bus- oder Netzlinien, nicht in andere Layer verschoben werden können, da sie spezielle Bedeutung haben.

Undo/Redo-Funktion

Eine der nützlichsten Eigenschaften von EAGLE ist die unbegrenzte Undo-Funktion. Klicken Sie das linke Icon beliebig oft an, um vorherige Aktionen rückgängig zu machen. Verwenden Sie das rechte Icon, um rückgängig gemachte Aktionen erneut auszuführen.



Der CIRCLE-Befehl

Um den Befehl CIRCLE, der zum Zeichnen von Kreisen dient, zu aktivieren,

- CIRCLE

Um einen Kreis zu definieren, sind zwei Mausklicks erforderlich: der erste legt den Mittelpunkt fest, der zweite definiert einen Punkt auf dem Kreisumfang.

Bewegen Sie den Mauszeiger zum gewünschten Kreismittelpunkt und **•**.

Bewegen Sie nun den Mauszeiger einige Rastereinheiten nach rechts, aber bleiben Sie auf derselben Rasterlinie in Y-Richtung. Wenn Sie den gewünschten Radius erreicht haben, **•** um den Kreis zu fixieren.

Die Strichstärke des Kreises lässt sich genauso ändern, wie Sie es bereits bei Wires getan haben. Ein Kreis mit Strichstärke 0 wird gefüllt.

Beispiel für das Zeichnen eines Kreises mit Hilfe von Koordinatenangaben: Ein Kreis mit dem Mittelpunkt auf der Koordinate $x = 10$ und $y = 25$ mit einem Radius von 15 mm soll gezeichnet werden.

Stellen Sie zuerst ein Millimeter-Raster ein:

GRID MM ←

Dann zeichnen Sie den Kreis:

CIRCLE (10 25) (10 40) ←

oder

CIRCLE (10 25) (10 10) ←

Die zweite Koordinate gibt einen beliebigen Punkt auf der Kreislinie an, daher sind verschiedene Eingaben möglich, um ein und denselben Kreis zu zeichnen.

Wenn Sie mehr über den CIRCLE-Befehl erfahren wollen, drücken Sie F1, während der Befehl aktiviert ist, oder tippen Sie

HELP CIRCLE ←

ein.

Wenn Sie einen Befehl abbrechen wollen, klicken Sie das Icon mit dem Stoppschild an, oder aktivieren Sie einen weiteren Befehl.

Wenn Sie die Esc-Taste drücken, können Sie im allgemeinen ein Objekt vom Mauszeiger lösen.

Der ARC-Befehl

Um den Befehl ARC, der zum Zeichnen von Kreisbögen dient, zu aktivieren,

- ARC

Ein Kreisbogen wird mit drei Mausklicks definiert: der erste legt den Anfangspunkt fest, der zweite den Kreisdurchmesser und der dritte den Endpunkt.

Platzieren Sie den Mauszeiger am gewünschten Anfangspunkt und •. Bewegen Sie den Mauszeiger einige Rasterpunkte nach rechts, aber bleiben Sie auf der gleichen Y-Rasterlinie. Es erscheint ein Kreis, der den Durchmesser des Kreisbogens angibt. • und der Kreis wird zum Kreisbogen. Sie können jetzt die Richtung des Kreisbogens mit der rechten Maustaste ändern. Klicken Sie mehrfach die rechte Maustaste, und Sie sehen, was gemeint ist. Sie können auch den Kreisbogen größer oder kleiner machen, indem Sie die Maus bewegen. Wenn Sie die gewünschte Form erreicht haben, • um den Kreisbogen zu fixieren.

Die Parameter *Flat* bzw. *Round* bestimmen die Form der Bogenenden.

Zeichnen Sie einige Kreisbögen zur Übung. Wenn Sie mehr über den ARC-Befehl erfahren wollen, verwenden Sie die Hilfe-Funktion.

Alle Bögen können auch mit dem Befehl WIRE gezeichnet werden!

Der RECT-Befehl

Um den Befehl RECT, der zum Zeichnen von gefüllten Rechtecken dient, zu aktivieren,

- RECT

Zum Definieren eines Rechtecks sind zwei Mausklicks erforderlich: Der erste legt eine Ecke fest, und der zweite bestimmt die Position des gegenüberliegenden Eckpunkts.

Bewegen Sie den Mauszeiger zu der Stelle, an der eine Ecke des Rechtecks liegen soll, und • . Bewegen Sie den Mauszeiger etwas nach rechts und nach oben. Wenn das Rechteck die gewünschte Größe erreicht hat, • um es zu fixieren. Das Rechteck ist mit der Farbe des verwendeten Layers gefüllt.

Mehr über den RECT-Befehl erfahren Sie in der Hilfe-Funktion.

Der TEXT-Befehl

Aktivieren Sie den Befehl TEXT, der zum Platzieren von Texten dient, mit

- TEXT

Nun tippen Sie den gewünschten Text ein und • OK. Platzieren Sie den Text mit • . Nun hängt eine Kopie desselben Textes am Mauszeiger. Falls Sie keine Texte mehr platzieren wollen, klicken Sie den nächsten Befehl an. Soll ein weiterer Text (der unterschiedlich ist) platziert werden, tippen Sie ihn in der Kommandozeile ein und schließen die Eingabe mit der Enter-Taste ab. Anschließend platzieren Sie den Text mit der Maus.

Texte, die mehrere aufeinanderfolgende Leerstellen oder einen Strichpunkt enthalten, schließen Sie in einfache Hochkommas ein. Auch wenn Sie eine Fehlermeldung erhalten, weil ein Text mit einem Befehl verwechselt wird, schließen Sie den Text in einfache Hochkommas ein, also beispielsweise:

```
'Das ist ein Text'
```

EAGLE bietet verschiedene Schriftarten zur Auswahl. Über

- CHANGE
- FONT

können Sie die gewünschte Schriftart wählen.

Wenn Sie die Größe eines Textes ändern wollen,

- CHANGE
- SIZE
- Wert im Menü

oder geben Sie einen beliebigen Wert über die Kommandozeile (mit der

Enter-Taste abschließen) ein und • auf die linke untere Ecke des Textes. Bei gedrehten Texten kann der Aufhängepunkt nach rechts oben wandern. Texte werden im Schaltplan immer so dargestellt, dass sie nach rechts oder nach oben ausgerichtet sind.

Im **Layout** kann man dagegen über die Option *Spin* erreichen (in der Parameterleiste bei aktivem TEXT-, MOVE-, ROTATE-Befehl), dass Texte aus allen vier Richtungen lesbar werden.

Wenn Sie einen Text ändern wollen,

- CHANGE
- TEXT

und • auf den Aufhängepunkt des Textes, dann editieren Sie den Text und • OK.

Mit

- CHANGE
- RATIO

ändern Sie die Strichstärke des Vektor-Fonts im Verhältnis zur Höhe.

Mehr über TEXT und CHANGE finden Sie in der Hilfe-Funktion.

Platzhaltertexte

Wenn Sie den Text

>SHEET

platzieren, erscheint an dieser Stelle die aktuelle Seitennummer des Schaltplans in der Form 1/1 (Blatt 1 von 1).

EAGLE kennt noch mehr solcher Platzhalter, z. B. für Uhrzeit und Datum der letzten Änderung (>LAST_DATE_TIME) oder des Ausdrucks (>PLOT_DATE_TIME).

Bei der Bauteiledefinition in Bibliotheken werden üblicherweise Platzhaltertexte für den Namen >NAME und den Wert >VALUE verwendet. Außerdem kann man für Symbole >PART und >GATE verwenden.

11 Bibliotheken benutzen

Im Lieferumfang von EAGLE sind zahlreiche Bibliotheken enthalten, sowohl mit bedrahteten als auch mit SMD-Bauelementen. Eine Übersicht und eine Beschreibung der Bibliotheken erhalten Sie im Control Panel in der Baum-Ansicht.

In diesem Abschnitt werden Sie lernen, wie man Devices aus der Bibliothek in den Schaltplan holt und wie man sie dort verwendet.

Um eine leere Zeichenfläche zu erhalten, schließen Sie zunächst alle Editor-Fenster und öffnen Sie eine neue Schaltplandatei:

⇒ *Datei/Neu/Schematic*

Der ADD-Befehl

Um Symbole aus einer Bibliothek auszuwählen, • ADD im Befehlsmenü, und ein Popup-Menü erscheint. Links im Fenster sollte nun eine Liste der zur Verfügung stehenden Bibliotheken erscheinen. Die einzelnen Bibliothekseinträge lassen sich aufklappen (Klick auf das +-Zeichen). Jetzt sehen Sie den Inhalt gelistet. Selektieren Sie einen Eintrag, sehen Sie rechts die entsprechende Voransicht.

In die *Suchen*-Zeile kann man einen oder mehrere Suchbegriffe eingeben. Ein Suchbegriff kann der Name eines Bauteils, oder ein Stichwort aus der Beschreibung eines Bauteils sein. Es dürfen Platzhalter wie * und ? verwendet werden.

Sehen Sie nach dem ersten ADD-Befehl keine Einträge im Fenster, sind keine Bibliotheken geladen. In diesem Fall lesen Sie bitte zuerst den nächsten Abschnitt *Der USE-Befehl*.

Wir wollen beispielsweise den Baustein 74LS00 platzieren. Tippen Sie in die *Suchen*-Zeile

74*00* oder 74LS00*

ein. * steht hier als Platzhalter für die Technologie bzw. für die Package-Variante. Das Suchergebnis bietet den entsprechenden Baustein in verschiedenen Package- und Technologie-Varianten an. Selektieren Sie das gewünschte Device und • auf OK. Jetzt kann der Baustein im Schaltplan abgesetzt werden.

Platzieren Sie den Mauszeiger etwas links von der Bildschirmmitte und • . Bewegen Sie den Mauszeiger nach rechts und setzen Sie ein weiteres Gatter mit dem nächsten Mausklick ab. Platzieren Sie auf diese Weise vier Gatter um das Zentrum der Zeichenfläche herum.

Nun platzieren Sie ein fünftes Gatter irgendwo daneben. Beachten Sie, dass

EAGLE den ersten vier Gattern die Namen IC1A..IC1D zugewiesen hat, während das fünfte Gatter den Namen IC2A erhalten hat, weil dafür der nächste Baustein erforderlich ist.

Wenn Sie nun den Layer 93 *Pins* einblenden, entweder wie vorher beschrieben oder, indem Sie

DISPLAY PINS ←

in die Kommandozeile eintippen, sind weitere Pin-Parameter grün dargestellt. Zoomen Sie in die Zeichnung, so dass ein Gatter groß dargestellt wird. Sie werden sehen, dass die Pins als Input (In) oder Output (Out) gekennzeichnet sind, und dass eine Zahl den Swaplevel angibt. Der Swaplevel 1 besagt, dass dieser Pin mit einem anderen desselben Gatters getauscht werden kann, der ebenfalls Swaplevel 1 hat (Befehl PINSWAP). Dasselbe gilt für alle anderen Zahlen außer 0. Der Swaplevel 0 besagt, dass dieser Pin nicht getauscht werden kann.

Der Layer 93 Pins ist beim Drucken (PRINT-Befehl) normalerweise ausgeblendet.

Solange der ADD-Befehl aktiv ist, hängt immer noch das Gatter-Symbol am Mauszeiger.

Benutzen Sie nun das Verkleinern-Icon oder die F4-Taste, um einen größeren Bereich der Schaltung auf den Bildschirm zu bekommen. Dann drücken Sie die Esc-Taste, um in das Auswahlmenü des ADD-Befehls zurückzukehren. Tippen Sie in die *Suchen*-Zeile die Bezeichnung:

555N oder *555*

Selektieren Sie aus der *linear.lbr* zum Beispiel den Baustein LM555N mit Doppelklick, rotieren Sie ihn um 180 Grad mit zwei Klicks der rechten Maustaste, und platzieren Sie ihn irgendwo auf der Arbeitsfläche mit der linken Maustaste.

Wiederholen Sie diesen Vorgang mit anderen Symbolen. Sie werden feststellen, dass einige Symbole auch in amerikanischer Darstellungsart vorhanden sind. Wählen Sie selbst, welche Alternative Sie bevorzugen.

Drücken Sie bei aktivem ADD-Befehl die Esc-Taste, kehren Sie in das ADD-Menü zurück. Erneutes Drücken der Esc-Taste beendet den Befehl.

Es ist auch möglich, Bauteile aus der Bibliotheksübersicht des Control Panels in einen Schaltplan oder in ein Layout zu schieben. Ordnen Sie das Control Panel und das Schaltplan-Fenster so an, dass Sie beide Fenster sehen. Selektieren Sie zum Beispiel das Device LM555N im *Bibliotheken*-Zweig aus der *linear.lbr*. Über Drag&Drop können Sie das Device in das Schaltplan-Fenster schieben. Bei Devices mit mehreren Package- bzw. Technologie-Varianten erfolgt vor dem Absetzen eine

Abfrage welche Variante gewählt werden soll.

EAGLE geht davon aus, dass Versorgungs- und Masse-Pins an dasselbe Versorgungs- bzw. Massesignal angeschlossen werden, und stellt sie deshalb nicht explizit dar. Die Verdrahtung geschieht automatisch, sofern der Benutzer nicht etwas anderes vorsieht. Benutzen Sie den INVOKE-Befehl, falls Sie die Pins im Schaltplan platzieren wollen.

Bei den mitgelieferten Bibliotheken werden die Schaltungssymbole im allgemeinen ohne Versorgungs-Pins dargestellt, wenn es jeweils einen VCC- und einen GND-Anschluss gibt. In manchen Fällen werden die Versorgungsanschlüsse aber auch im Schaltungssymbol dargestellt, Sie sind dann mit den entsprechenden Versorgungsnetzen zu verbinden. Ein Beispiel dafür ist der Bauteil 555N in der Bibliothek linear.

Die Hilfe-Funktion des Programms bietet Informationen über weitere Optionen der Befehle ADD und UPDATE zum Anpassen der Bauteile in Schaltplan und Layout an die aktuellen Bibliotheksdefinitionen.

Der USE-Befehl

Der ADD-Befehl durchsucht per default alle Bibliotheken in den Verzeichnissen, die im *Bibliotheken*-Pfad unter \Rightarrow *Optionen/Verzeichnisse...* im Control Panel angegeben sind.

Man kann direkt im *Bibliotheken*-Zweig der Baum-Ansicht verschiedene Bibliotheken von der Suche ausschließen, indem man sie mit • auf die grüne Markierung deaktiviert. Grün bedeutet benutzt, grau unbenutzt.

Diese Vorgehensweise entspricht dem USE-Befehl, den Sie auch über die Kommandozeile eingeben können.

Mit dem Befehl

```
USE *
```

lädt man beispielsweise alle Bibliotheken, die im Bibliothekspfad gefunden werden. Weiteres dazu ist in der Hilfe-Funktion beschrieben.

Der INVOKE-Befehl

Der INVOKE-Befehl dient unter anderem dazu, Versorgungs-Pins an andere Signale als die vordefinierten Versorgungssignale (z. B. VCC und GND) anschließen zu können. Um seine Wirkungsweise zu verstehen,

- INVOKE

und klicken Sie das Symbol IC2A mit der linken Maustaste an. Ein Pop-up-Menü erscheint.

•• *PWRN* in diesem Menü und die Versorgungs-Pins von IC2 können an beliebiger Stelle in der Zeichnung platziert und mit einem beliebigen Netz

verbunden werden.

Eine andere Eigenschaft des INVOKE-Befehls ermöglicht es Ihnen, die Reihenfolge zu ändern, in der die Gatter eines Bausteins platziert werden. Sofern der INVOKE-Befehl noch aktiv ist, • IC2A, und das Popup-Menü erscheint wieder. Das Sternchen bei Gatter A zeigt an, dass dieses Gatter schon in die Zeichnung geholt wurde; die Gatter ohne Sternchen können noch platziert werden. Wenn Sie nun Gatter C vor Gatter B platzieren wollen, •• C im Popup-Menü, und das Gatter kann mit der linken Maustaste an beliebiger Stelle abgesetzt werden.

Auch wenn Gatter C in der Zeichnung platziert ist, verwendet EAGLE erst die noch verfügbaren Gatter dieses Bausteins, bevor ein neuer Baustein in die Zeichnung geholt wird.

Wollen Sie die Gatter eines Bausteins über mehrere Schaltplan-Seiten verteilen, verwenden Sie auf einer neuen Seite den Befehl INVOKE und tippen den Namen des Bauteils in die Kommandozeile ein. Dann erscheint das Popup-Menü.

Experimentieren Sie etwas mit unterschiedlichen Bibliotheken und mit dem Platzieren und Rotieren von Symbolen.

Sie können in einer Zeichnung Bausteine aus beliebig vielen unterschiedlichen Bibliotheken verwenden. Die Bausteine sind immer komplett in der Zeichnung gespeichert. Wenn Sie eine Datei weitergeben, brauchen Sie die Bibliotheken nicht gesondert mitzuliefern.

12 Schaltplan erstellen

In diesem Abschnitt werden Sie lernen, wie man Netze und Busse in einer Schaltung verwendet. Damit sind Sie bereits in der Lage, eine Schaltung zu erstellen.

Um eine leere Zeichenfläche zu erhalten öffnen Sie einen neuen Schaltplan. Vergrößern Sie das Schaltplan-Fenster.

Raster

Das Standardraster für Schaltpläne ist 0.1 Inch. Symbole sollten nur in diesem Raster oder einem Vielfachen davon platziert werden, da sonst unter Umständen keine Netze an die Pins angeschlossen werden können!

Das alternative Raster (siehe GRID-Fenster) könnte man auf 0.25 Inch stellen und so mit gedrückter Alt-Taste beispielsweise Labels, also Netzbeschriftungen, in einem feineren Raster anordnen.

Zeichnungsrahmen anlegen

Beginnen Sie damit, einen Zeichnungsrahmen aus einer Bibliothek zu holen. Die EAGLE-Bibliothek *frames.lbr* enthält vordefinierte Rahmen in verschiedenen Formaten.

- ADD, und geben Sie den Suchbegriff *A4* oder *frame* ein. Wählen Sie aus dem Suchergebnis einen geeigneten Rahmen z. B. mit **••DINA4_L** aus. Am Mauszeiger hängt ein Rahmen, der auf eine DIN-A4-Seite im Querformat (Landscape) passt.

Wenn Sie ihn nicht ganz sehen können, drücken Sie die F4-Taste, bis der Bildausschnitt groß genug ist. Platzieren Sie ihn mit der linken Maustaste so, dass seine linke untere Ecke auf dem Koordinatenursprung (X=0, Y=0) zu liegen kommt.

Nun hängt ein weiterer Rahmen am Mauszeiger. Klicken Sie das Icon mit dem Stoppschild an, um den ADD-Befehl zu beenden. Drücken Sie Alt+F2 um den Rahmen bildschirmfüllend darzustellen, oder klicken sie das Zeichnungsgrenzen-Icon in der Aktionsleiste an.

Text im Schriftfeld hinzufügen und ändern

Sie können Linien, Text und andere Objekte zu den vordefinierten Rahmen und den dazugehörigen Schriftfeldern in der Bibliothek hinzufügen. Sie können aber auch eigene Rahmen entwerfen und abspeichern.

Aktuelle Beschriftungen oder andere Ergänzungen lassen sich aber auch

direkt im Schaltplan-Editor einfügen, in dem Sie sich jetzt befinden.

Rahmen sind in den Bibliotheken als Symbole gespeichert, deshalb ist es sinnvoll, den Text im Layer 94 *Symbols* anzulegen.

Bringen Sie nun das Schriftfeld des Rahmens so in das Editor-Fenster, dass es vollständig zu sehen ist. Nun klicken Sie das Icon für den TEXT-Befehl an und tragen in das sich öffnende Feld den Text

CadSoft

ein. Nachdem Sie die Schaltfläche *OK* angeklickt haben, hängt der Text am Mauszeiger und kann mit der linken Maustaste platziert werden. Bewegen Sie den Text in die obere leere Zeile des Textfeldes und setzen Sie ihn mit

- ab. Eine weitere Kopie des Textes hängt jetzt am Mauszeiger. Sie verschwindet, sobald ein neuer Befehl aktiviert oder das Stoppschild-Icon angeklickt wird.

Falls Sie die passende Textgröße nicht festgelegt haben, solange der TEXT-Befehl aktiv war, können Sie den CHANGE-Befehl dazu verwenden.

- CHANGE

Aus dem sich öffnenden Menü wählen Sie

- SIZE

und ein weiteres Menü öffnet sich, in dem die gegenwärtig eingestellte Texthöhe in der aktuell gültigen Einheit (siehe GRID-Befehl) markiert ist.

- 0.15

und bewegen Sie den Mauszeiger zur linken unteren Ecke (dort wo der Aufhängepunkt sichtbar ist) des Textes *CadSoft*. Drücken Sie die linke Maustaste, und die Texthöhe wird auf 0.15 Zoll geändert. Falls Sie einen Wert einstellen wollen, der nicht im CHANGE-SIZE-Menü vorhanden ist, z. B. 0.17, tippen Sie ein

CHANGE SIZE 0.17 ←

und klicken Sie anschließend auf die linke untere Ecke des Textes.

Bitte beachten Sie, dass Dezimalzahlen immer mit Punkt eingegeben werden. Als Maßeinheit wird immer die im GRID-Menü eingestellte Einheit zugrunde gelegt.

Üben Sie die Bearbeitung von Texten, indem Sie eine Adresse oder eine Dokumentennummer zum Textfeld hinzufügen:

TITLE: enthält Dateinamen (Platzhalter >*DRAWING_NAME*).

DATE: enthält Datum und Uhrzeit an dem die Datei zuletzt gespeichert wurde (Platzhalter >*LAST_DATE_TIME*).

Beide Felder werden automatisch mit den aktuellen Daten ausgefüllt, wenn

die Zeichnung abgespeichert wird, da an diesen Stellen die entsprechenden Platzhalter bei der Definition des Zeichnungsrahmens eingesetzt wurden.

Eingabe einer Schaltung

Sie sollen nun die im Bild auf Seite 41 dargestellte Schaltzeichnung eingeben. Falls Sie nicht die komplette Schaltung selbst erstellen wollen: Sie ist unter dem Namen *demo1.scb* im Verzeichnis *eagle-x.xx/examples/tutorial* gespeichert.

Beginnen Sie damit, den Zeichnungsrahmen bildschirmfüllend darzustellen: Alt+F2 oder Mausklick auf das Zeichnungsgrenzen-Icon.

Im Schaltplan werden folgende Bauteile verwendet:

Part	Value	Device	Package	Library	Sheet
C1	30p	C-EUC1206	C1206	rcl	1
C2	30p	C-EUC1206	C1206	rcl	1
C3	10n	C-EU025-025X050	C025-025X050	rcl	1
C4	47u/25V	CPOL-EUTAP5-45	TAP5-45	rcl	1
C5	47u	CPOL-EUTAP5-45	TAP5-45	rcl	1
D1	1N4148	1N4148	DO35-10	diode	1
IC1	PIC16F84AP	PIC16F84AP	DIL18	microchip	1
IC2	78L05Z	78L05Z	TO92	linear	1
JP1	PROG	PINHD-1X4	1X04	pinhead	1
JP2	APPL	PINHD-1X17	1X17	pinhead	1
Q1		XTAL/S	QS	special	1
R1	2,2k	R-EU_R1206	R1206	rcl	1
F1		DINA4_L		frames	1

Mit dem ADD-Befehl platzieren Sie nun die in der Stückliste aufgeführten Bausteine.

Bitte denken Sie daran:

Das Standard-Raster von 100 Mil (= 2,54 mm) im Schaltplan sollte möglichst beibehalten werden. So kann man sicher sein, dass Netze auch tatsächlich mit den Pins der Bauteile verbunden werden.

Die Rasterlinien bzw. -punkte können Sie über das Icon des GRID-Befehls oder bequemer mit der F6-Taste ein- und ausschalten.

Mit dem MOVE-Befehl lässt sich die Platzierung der Symbole jederzeit ändern: Aktivieren Sie MOVE im Befehlsmenü und **•** auf das zu verschiebende Symbol. EAGLE stellt das Symbol heller dar, um anzuzeigen, dass es selektiert ist und verschoben werden kann. Bewegen Sie das Symbol mit der Maus zur gewünschten Stelle, und platzieren Sie es mit der linken Maustaste. Der MOVE-Befehl ist noch aktiv, und das nächste Objekt kann verschoben werden. Wenn Sie ein Objekt drehen wollen, betätigen Sie die rechte Maustaste, solange es am Mauszeiger hängt.

Werden mehrere gleiche Bauteile (z.B. C1 und C2) verwendet, kann man

diese auch mit COPY vervielfältigen.

Sobald die Symbole platziert sind, beginnen Sie mit dem Befehl NET die Netze (elektrische Signale im Schaltplan) zu verlegen.

Achtung: Verwenden Sie NET, nicht den WIRE-Befehl!

Der NET-Befehl

Netze müssen exakt im Pin-Anschlusspunkt beginnen und enden. Ansonsten kommt keine Verbindung zwischen Pin und Pad zustande. Blenden Sie zur Kontrolle den Layer 93 *Pins* ein (DISPLAY-Befehl). Der Pin-Anschlusspunkt wird durch einen grünen Kreis markiert.

EAGLE vergibt automatisch Namen für Netze. Im Schaltplan *demo1.sch* haben z. B. die Netze an C5 Pin +, U1 Pin 3(VI) und JP2 Pin16 den gleichen Namen. Die Pins sind deshalb elektrisch verbunden, obwohl die Netzlinien nicht durchgehend sind.

Bei aktivem NET-Befehl zeigt die Statuszeile die Eigenschaften des Netzes. *Wie schon erwähnt, definieren Netze mit gleichem Namen eine Verbindung.*

Der NAME-Befehl

EAGLE vergibt automatisch Namen, z. B. *B\$.* für Busse, *P\$.* für Pins und *N\$.* für Netze.

• NAME und anschließend • auf das Netz, das an IC1 Pin OSC1 (16) angeschlossen ist. Ein Popup-Menü zeigt den vordefinierten Namen des Netzes. Tragen Sie

OSC1

ein und • OK. Ab sofort trägt das Netz diesen Namen.

Namen von Bauelementen und Bussen lassen sich auf die gleiche Weise ändern.

Der LABEL-Befehl

Der LABEL-Befehl dient dazu, Bus- oder Netzbeschriftungen, sogenannte Labels, an beliebigen Stellen in der Zeichnung zu platzieren.

• LABEL, bewegen Sie den Mauszeiger über das Netz MCLR/PGM und •

Der Netzname hängt jetzt am Mauszeiger. Er kann mit der rechten Maustaste rotiert und mit der linken platziert werden. Platzieren Sie das Label etwa so, wie in der Zeichnung dargestellt (in der Nähe von JP1 Pin 3).

Werden Signal- oder Bus-Namen geändert, ändern sich die zugehörigen Labels automatisch. Labels werden nicht mit CHANGE TEXT, sondern mit NAME und Klick auf das Netz bzw. den Bus geändert. CHANGE FONT bzw. SIZE ändert die Schriftart bzw. die Texthöhe.

Der DELETE-Befehl

Mit diesem Befehl löschen Sie Objekte. Wird er für Netze, Wires oder Busse verwendet, löscht man jeweils ein einzelnes Segment. Um diesen Befehl zu benutzen, • DELETE im Befehlsmenü, bewegen Sie den Mauszeiger zum Objekt, das gelöscht werden soll, und • .

Hält man während des Löschen eines Objektes die Shift-Taste gedrückt, löscht man ein ganzes Netz bzw. den ganzen Bus. Mehr dazu finden Sie in der Hilfe-Funktion.

Auch hier funktionieren UNDO und REDO. Mit GROUP, DELETE und rechtem Mausklick in die Gruppe kann man auch Gruppen löschen.

Der JUNCTION-Befehl

Wird ein Netz auf einem anderen Netz abgesetzt, entsteht zwischen diesen beiden eine Verbindung. Es wird automatisch ein Verbindungspunkt (Junction) gesetzt. Das automatische Setzen der Junction kann über die Option *Junctions automatisch setzen* (\Rightarrow Optionen/Einstellungen/Verschiedenes) ausgeschaltet werden.

Setzt man eine Junction auf zwei sich kreuzende Netze, werden diese beiden miteinander verbunden. • JUNCTION im Befehlsmenü, und ein Punkt hängt am Mauszeiger. Bewegen Sie den Mauszeiger über den Kreuzungspunkt zweier zu verbindender Netzlinien und • .

Der SHOW-Befehl

An dieser Stelle lässt sich der SHOW-Befehl gut demonstrieren, der Namen und andere Details von Bauelementen und Objekten anzeigt. Sie können komplette Netze (im Schaltplan) oder Signale (im Layout) heller darstellen. Um beispielsweise V+ anzuzeigen, • SHOW im Befehlsmenü, bewegen Sie den Mauszeiger an den Endpunkt von U1 Pin VI (3), und • .

Beachten Sie, dass EAGLE alle Netzlinien, alle angeschlossenen Pins und die dazugehörigen Pin-Namen heller darstellt. Damit lässt sich sehr einfach feststellen, ob optisch verbundene Netze tatsächlich zusammengehören. Zusätzlich erscheint

Net: V+, Class: 1 Power

unten in der Statuszeile.

Solange der SHOW-Befehl aktiv ist, bleibt das Netz auch beim Verschieben des Bildausschnitts, bei gedrückter mittlerer Maustaste und Bewegen der Maus oder über den WINDOW-Befehl, markiert. Beenden Sie den SHOW-Befehl, z. B. durch Klick auf das Stop-Icon, ist das Objekt nach einem Bildneuaufbau (F2) nicht mehr markiert.

Wenn Sie ein Objekt mit einem bestimmten Namen anzeigen wollen,

- SHOW, und tippen Sie den Namen (z. B. RA4 ←) in die Kommandozeile ein. Sie können der Reihe nach weitere Namen eintippen, ohne den SHOW-Befehl erneut aktivieren zu müssen. Auf diese Weise wird immer ein Netz markiert.

Wollen Sie, dass mehrere Netze markiert werden, tippen Sie in die Kommandozeile der Reihe nach:

SHOW RA4 ←

SHOW RA3 ←

SHOW RA2 ←

Der MOVE-Befehl

Wenn Sie im Schaltplan ein Netz mit MOVE über einen Pin bewegen und absetzen, entsteht keine elektrische Verbindung. Wenn Sie aber ein Bauteil so verschieben, dass ein Pin über einem Netz platziert ist, dann fängt dieser Pin das Netz ein. Es entsteht eine Verbindung. Passiert das versehentlich, machen Sie die Aktion mit UNDO rückgängig, oder löschen Sie das Netz mit DELETE.

Eine Überprüfung der Verbindungen ist mit dem SHOW-Befehl möglich, aber auch durch Ausgabe einer Netzliste oder Pinliste mit EXPORT.

History-Funktion

Mit den Tasten *Pfeil nach oben* und *Pfeil nach unten* können Sie einen der letzten mit der Tastatur eingegebenen Befehle in die Kommandozeile bringen und mit der Enter-Taste ausführen. Die Esc-Taste löscht die Kommandozeile.

Drücken Sie Alt+F2, um die ganze Schaltung auf den Bildschirm zu bringen, dann tippen Sie

SHOW R1 ←

SHOW C1 ←

SHOW IC1 ←

Beenden Sie den SHOW-Befehl mit • auf das Stop-Icon und führen Sie

Zeichnung vervollständigen

Verwenden Sie den ADD-Befehl, um die restlichen Bauelemente und die Symbole für +5V, V+ und GND aus *supply1.lbr* zu platzieren (Suchbegriff: **supply**).

Die Supply-Symbole repräsentieren die Versorgungsspannungen im Schaltplan und veranlassen den ERC (Electrical Rule Check) besondere Prüfungen durchzuführen.

Bitte erinnern Sie sich daran, dass Sie mit der rechten Maustaste die Symbole rotieren können, bevor Sie sie absetzen, und dass Sie alle Objekte mit dem MOVE-Befehl verschieben können.

Mit dem NET-Befehl verbinden Sie die Pins der Symbole. Zeichnen Sie die restlichen Verbindungen, wie im Schaltplan dargestellt. Verwenden Sie die rechte Maustaste bei aktivem NET-Befehl, um den Winkel zwischen den Netzsegmenten einzustellen. Verwenden Sie ●, um ein Segment zu fixieren.

Trifft ein Netz exakt auf einen Pin-Anschlusspunkt, fällt es von der Maus ab. Treffen Sie diesen Punkt nicht, bleibt es an der Maus hängen.

Der SMASH-Befehl

Beim Rotieren von Dioden und Widerständen werden Sie festgestellt haben, dass ihr Name und Wert ebenfalls rotiert werden (immer so, dass der Text von unten oder von rechts zu lesen ist). Mit dem SMASH-Befehl lassen sich diese Texte von einem Symbol loslösen, so dass man sie individuell mit MOVE bewegen und rotieren kann. Zur einfachen Zuordnung zu welchem Bauteil der Text gehört, wird beim Verschieben eine Linie vom Text zum Aufhängepunkt des zugehörigen Bauteils angezeigt.

Um den Befehl zu aktivieren,

- SMASH

Nun platzieren Sie den Mauszeiger auf dem Dioden-Symbol und ●. Selektieren Sie MOVE, bewegen Sie den Mauszeiger zum Text D1 und ●. Der Selektionspunkt des Textes wird als Kreuz angezeigt und ist normalerweise links unten, er kann bei rotierten Texten auch rechts oben liegen. Der Name der Diode kann jetzt an eine andere Stelle bewegt und mit der rechten Maustaste rotiert werden. Mit ● setzen Sie den Namen an der neuen Stelle ab.

Wenn Sie die Größe von Texten ändern wollen, die mit dem SMASH-Befehl vom Symbol losgelöst wurden, verwenden Sie den CHANGE-Befehl (klicken Sie das CHANGE-Icon an, und selektieren Sie *Size*).

SMASH kann auch auf Gruppen angewendet werden.

Halten Sie während des Anklickens eines Objekts oder beim Klicken in die

Gruppe die Shift-Taste gedrückt, werden alle Texte wieder an das Bauteil gebunden und erscheinen nach einem Bildschirm-Refresh (F2) an der ursprünglichen Stelle (unsmash).

Der VALUE-Befehl

Mit diesem Befehl definieren oder ändern Sie den Wert von Bauelementen wie Widerständen oder Kondensatoren. Bei ICs gibt dieser Parameter im allgemeinen den Typ an (z. B. 74LS00N).

- VALUE
- Widerstands-Symbol

tragen Sie 2.2k in das Menü ein, • OK, und der neue Wert ist definiert.

Ändern Sie nun die Namen von Bauelementen und Bussen so, wie es aus dem Schaltbild hervorgeht. Netznamen müssen nicht geändert werden, es sei denn, man möchte später eine aussagekräftige Netzliste ausgeben.

Der Electrical Rule Check (ERC)

Sollten Sie die Schaltung nicht komplett selbst eingegeben haben, können Sie an dieser Stelle die Datei *demo1.sch* laden.

Der ERC testet einen Schaltplan auf elektrische Fehler.

Er liefert als Ergebnis Warnungen und Fehlermeldungen, die in eine Datei (*schaltplanname.erc*) geschrieben werden. Die Datei wird nach Beendigung des ERC gleich in einem Textfenster angezeigt, falls Meldungen aufgetreten sind. Um den ERC-Befehl zu aktivieren, klicken Sie dessen Icon im Befehlsmenü an.

Der ERC in unserer Beispieldatei liefert zwei Meldungen:

```
WARNING: Sheet 1/1: POWER Pin IC1 VSS connected to GND
WARNING: Sheet 1/1: POWER Pin IC1 VDD connected to +5V
```

Hierbei handelt es sich um Hinweise, dass die beiden Versorgungsanschlüsse mit anderen Signalen belegt wurden, als ursprünglich in der Bibliothek definiert wurde. Die Versorgungs-Pins haben die Namen VSS bzw. VDD und wurden mit GND bzw. +5V belegt. Das ist in unserem Fall absichtlich geschehen. Die beiden Meldungen dürfen so stehen bleiben.

Bitte bedenken Sie, dass der ERC nur Hinweise auf eventuelle Fehler geben kann. Interpretieren müssen Sie das Ergebnis selbst!

Wenn Sie mehr über den ERC-Befehl erfahren wollen, Tippen Sie

```
HELP ERC ←
```

in die Kommandozeile ein.

Platinendatei aus Schaltplan erzeugen

Haben Sie eine Schaltung geladen, aus der Sie eine Platine entwerfen wollen, dann klicken Sie das BOARD-Icon in der Aktionsleiste an:



Es entsteht die zugehörige Platinendatei, in der die Gehäuse neben einer Leerplatine angeordnet sind.

Die weitere Vorgehensweise beschreibt das Kapitel *Entwurf einer Leiterplatte*. Vorher soll aber noch ein wesentlicher Befehl, der zum Schaltplangentwurf benötigt wird, erklärt werden.

Der BUS-Befehl

Laden Sie zunächst den Schaltplan *bus.sch* aus dem Verzeichnis */eagle/examples/tutorial*.

Sie sehen eine Schaltung mit einem Bus. Der Bus wird mit dem BUS-Befehl gezeichnet und erhält zunächst einen automatisch generierten Namen (*B\$1..*).

Ein Bus hat keine logische Bedeutung. Er stellt lediglich ein Zeichenelement dar. Logische Verbindungen (Netze) werden ausschließlich mit Hilfe des NET-Befehls definiert. Netze mit demselben Namen sind identisch, selbst wenn sie sich auf verschiedenen Blättern eines Schaltplans befinden oder optisch nicht zusammenhängen.

Der Bus-Name bestimmt die Signale, die darin geführt werden. Unser Bus führt die Signale VALVE0 bis VALVE11 und das Signal EN. Daher wurde ihm mit dem NAME-Befehl der Name EN, VALVE [0 . . 11] zugeordnet.

Um diese Netze aus dem Bus herauszuführen, verwenden Sie den NET-Befehl. Das ist nur dann möglich, wenn Sie den Bus so benannt haben, wie vorher beschrieben.

Sie sehen, dass links von IC7 noch einige Verbindungen fehlen. Die sollen jetzt eingezeichnet werden. Beginnen Sie nun folgende Signale an IC7 anzuschließen.

EN	IC7 Pin 14	EN
VALVE0	IC7 Pin 16	INA
VALVE1	IC7 Pin 15	INB
VALVE2	IC7 Pin 10	INC
VALVE3	IC7 Pin 9	IND

- NET im Befehlsmenü und bewegen Sie den Mauszeiger über den Bus, eine Rasterlinie über dem Anschluss IC7-14. Damit das Signal gleich den richtigen Namen erhalten kann, müssen Sie das Netz am Bus beginnen.
- um den Anfangspunkt auf dem Bus zu fixieren. Ein Menü mit den vom Busnamen

abgeleiteten Signalnamen erscheint, aus dem Sie mit • EN den Namen EN auswählen können. Bewegen Sie jetzt den Mauszeiger auf IC7-14, und benutzen Sie die rechte Maustaste, um die Netzlinie in die gewünschte Form zu bringen. Mit • fixieren Sie den Endpunkt der Netzlinie auf dem Pin-Anschlusspunkt.

Wiederholen Sie diesen Vorgang für VALVE0 bis VALVE3, um alle Verbindungen zu erhalten.

Mit dem LABEL-Befehl können Sie die Netze beschriften.

Wenn Sie eine Aktion zurücknehmen wollen, klicken Sie das UNDO-Icon an, oder Sie verwenden die F9-Taste. Durch Anklicken des REDO-Icons bzw. Taste F10 führen Sie die zurückgenommene Aktion wieder aus.

Verwenden Sie den MOVE-Befehl, um einzelne Segmente eines Busses zu verschieben. Selektieren Sie ein Segment in der Nähe des Endpunktes, um den Endpunkt zu verschieben. Selektieren Sie ein Segment etwa in der Mitte, um es parallel zu verschieben. Mit DELETE können Sie einzelne Segmente löschen. Sind schon Netze des Busses verlegt, wandern diese beim Verschieben mit MOVE nicht mit!

Der Mauszeiger nimmt die Form von vier Pfeilen an, sobald Sie ein Objekt selektieren wollen, dessen Aufhängepunkt dem Aufhängepunkt eines anderen Objekts sehr nahe ist. In diesem Fall drücken Sie die linke Maustaste, um das hell dargestellte Objekt zu selektieren. Drücken Sie die rechte Maustaste, falls Sie zum nächsten in Frage kommenden Objekt weiterschalten wollen. Gleichzeitig werden in der Statuszeile des Editorfensters Informationen zum gerade selektierten Objekt angezeigt.

13 Automatische Forward&Back-Annotation

Sie sollten Ihre Platinen immer unter Kontrolle der Forward&Back-Annotation entwickeln, damit sie sicher mit dem Schaltplan übereinstimmen. Das ist automatisch der Fall, wenn eine Schaltung und eine dazu konsistente Platinendatei geladen sind. EAGLE lädt immer beide Dateien, falls Sie im selben Verzeichnis existieren. *Konsistent* heißt in diesem Zusammenhang, dass die Netzlisten, Bauteile, Package-Varianten, Technologien, Values und Signalklassen gleich sind.

Wenn Sie eine Schaltung laden, zu der eine Platinendatei mit gleichem Namen existiert (oder umgekehrt), führt EAGLE eine Konsistenzprüfung durch. Werden Unterschiede festgestellt, haben Sie die Möglichkeit, den Electrical Rule Check (ERC) zu starten, dessen Ergebnis in einem Texteditor-Fenster landet. Mit diesen Angaben sind Sie in der Lage, die Unterschiede manuell zu beheben.

Die Forward&Back-Annotation wird dann aufgehoben, wenn nur das Schaltplan- oder nur das Platinen-Fenster aktiviert ist. Nehmen Sie dann Änderungen vor, führt das zu inkonsistenten Dateien.

Beachten Sie deshalb bitte:

Wenn Sie z. B. an der Platine arbeiten, sollten Sie das zugehörige Fenster mit der Schaltung nicht schließen (Sie dürfen es aber zum Icon verkleinern), und umgekehrt.

Unter Kontrolle der Forward&Back-Annotation zieht jede Änderung im Schaltplan eine entsprechende Änderung in der Platine nach sich, und umgekehrt. Dabei können manche Änderungen sowohl in der Schaltung als auch in der Platine durchgeführt werden (z.B. das Benennen von Bauelementen, Netzen etc.), andere sind nur im Schaltplan möglich (z. B. das Hinzufügen von Bauelementen). EAGLE lässt eine derartige Operation in der Platine nicht zu und weist Sie darauf hin, dass sie im Schaltplan auszuführen ist.

Um die Wirkungsweise der Forward&Back-Annotation beobachten zu können, laden Sie die Datei *demo2.sch*. Die Platine *demo2.brd* wird dann automatisch in den Layout-Editor geladen.

Verkleinern Sie nun beide Fenster so, dass beide auf dem Bildschirm zu sehen sind, und ändern Sie die Namen oder Werte einiger Netze oder Bauelemente. Verwenden Sie dazu die Befehle `NAME` und `VALUE`. Sie werden sehen, dass sich diese Namen in beiden Fenstern ändern. Experimentieren Sie auch mit dem `DELETE`-Befehl, und denken Sie vor allem daran, dass die `UNDO`-Funktion auch mit der Forward&Back-Annotation funktioniert.

14 Entwurf einer Leiterplatte

In diesem Abschnitt werden Sie eine kleine Platine entwerfen und ein existierendes Design mit dem Layout-Editor modifizieren. Sie werden zunächst eine Platine ohne Schaltplan anlegen.

Dieser Abschnitt ist besonders für diejenigen interessant, die kein Schaltplan-Modul besitzen. Auch der Nutzer des Schaltplan-Moduls sollte zum besseren Verständnis die folgenden Schritte durchführen.

Platine ohne Schaltplan anlegen

Legen Sie über das Menü *Datei/Neu/Board* des Control Panels eine neue Platine an, und vergrößern Sie das Editor-Fenster.

Platinenumrisse definieren

Als erstes soll die Form der Platine festgelegt werden. Vorher müssen Sie die Einheit festlegen, auf die sich die Maßangaben beziehen sollen. Es soll das Standardraster für Platinen von 0,05 Inch eingestellt werden. Klicken Sie dazu das GRID-Icon in der Parameterleiste an. Dann **•** auf die Schaltfläche *Standard* und **•** auf *OK*.

Die Platinenumrisse müssen mit dem WIRE-Befehl im Layer *20 Dimension* gezeichnet werden:

- WIRE, und wählen Sie aus dem Auswahlfeld in der Parameterleiste den Layer 20 aus.

Positionieren Sie den Mauszeiger auf den Koordinatennullpunkt und **;**, um den Anfangspunkt der Umrisslinie festzulegen. Bewegen Sie den Mauszeiger etwas nach rechts. Betätigen Sie die rechte Maustaste, bis beide Linien-segmente einen Winkel von 90 Grad bilden, und positionieren Sie den Mauszeiger in der Nähe der Koordinaten (4.00 3.00).

Fixieren Sie den bisherigen Verlauf mit **;**, und bewegen Sie den Mauszeiger zurück zum Koordinatennullpunkt.

Mit **••** legen Sie den Endpunkt fest. Damit sind die Platinenumrisse definiert.

Sie können mit MOVE die Kanten verschieben oder mit UNDO und REDO vorherige Aktionen zurücknehmen bzw. erneut ausführen.

Alt+F2 bzw. Anklicken des Icons *Zeichnungsgrenzen* stellt die Platine so dar, dass sie das Arbeitsfenster ausfüllt.

Platzierungs-Raster

Bevor man Bauteile platziert, muss man das richtige Raster einstellen. Das Platzierungsraster kann anders sein als das Raster, in dem die Umrisse gezeichnet worden sind, und es ist meist anders als das Raster, in dem die Leitungen verlegt werden. In diesem Fall wählen wir das Standard-Raster von 0,05 Zoll, das bereits eingestellt ist.

Bauteile platzieren

- ADD im Befehlsmenü, und suchen Sie nach *DIL14*.

Nach Doppelklick auf den Eintrag eines 14poligen DIL-Gehäuses, hängt das Package am Mauszeiger und kann mit der rechten Maustaste rotiert bzw. mit der linken Maustaste platziert werden. Platzieren Sie zwei DIL14-Gehäuse.

Benutzen Sie die F3-Taste und die F4-Taste, um den Bildausschnitt zu verkleinern und zu vergrößern.

Soll das Bauteil auf der Platine in einem beliebigen Winkel gedreht abgesetzt werden, kann man, solange es an der Maus hängt, in der Parameterleiste im Feld *Winkel* einen beliebigen Winkel angeben. Klicken Sie dazu mit der Maus in das Feld, tippen Sie den Winkel ein und drücken Sie die Enter-Taste. Jetzt hängt das Element schon gedreht an der Maus.

Bauteile können auch nach dem platzieren mit Hilfe des ROTATE-Befehls gedreht werden.

ROTATE dreht das Bauteil standardmäßig um 90°.

Wird bei aktivem ROTATE-Befehl ein Winkel im Eingabefeld der Parameterleiste angegeben, wird das Bauteil um diesen Wert weitergedreht.

Hält man nach dem Anklicken des Bauteils die Maustaste gedrückt, kann man durch Bewegen der Maus das Bauteil in beliebigen Winkeln drehen. Der aktuelle Drehwinkel wird dabei in der Parameterleiste angezeigt.

Soll anstatt eines vorgegebenen Packages, ein anderes verwendet werden (z. B. ein Smd-Bauteil anstatt eines bedrahteten Packages), kann man es über den REPLACE-Befehl austauschen. Mehr Informationen finden Sie dazu in der Hilfe-Funktion.

SMD-Bauteile platzieren

Platzieren Sie nun mit ADD zwei Widerstand-Packages 1210 (Suchbegriff: *R1210*) auf der Platine. Wenn Sie den Gehäusenamen kennen, geht das auch, indem Sie

```
ADD R1210 ←
```

oder

```
ADD R1210@smd-ipc ←
```

in die Kommandozeile eintippen, um das Package aus einer bestimmten Bibliothek zu holen.

Soll das Package in einem beliebigen Winkel platziert werden, kann man den Winkel direkt angeben:

```
ADD R1210@rc1.lbr R22.5 ←
```

Die SMD-Pads erscheinen in Rot, das bedeutet, sie befinden sich auf der Oberseite (Layer 1 *Top*) der Platine. Um sie auf die Unterseite zu bringen, verwendet man den MIRROR-Befehl. Klicken Sie das MIRROR-Icon im Befehlsmenü und • auf das Package.

Sie können das Package mit weiteren Mausklicks auf die jeweils andere Platinenseite bringen, solange der MIRROR-Befehl aktiv ist. Für die folgende Übung sollten Sie die Packages auf dem Top-Layer (rot) platzieren.

Namen vergeben

Um den gerade platzierten Packages Namen zu geben,

- NAME

Bewegen Sie den Mauszeiger in die Nähe des Aufhängepunktes des ersten DIL14, der mit einem Kreuz markiert ist, und •. Es erscheint ein Pop-up-Menü. Tippen Sie

```
IC1 ←
```

und das Element erhält diesen Namen. Wiederholen Sie diesen Vorgang mit den restlichen Elementen, denen Sie die Namen IC2, R1 und R2 geben.

Werte vergeben

Um den Elementen Werte zuzuweisen,

- VALUE

Bewegen Sie den Mauszeiger in die Nähe des Aufhängepunktes des ersten DIL14 und •.

Es erscheint ein Pop-up-Menü. Tippen Sie

```
CD4001 ←
```

und IC1 hat jetzt den Wert *CD4001*. Weisen Sie auf die gleiche Art IC2 den Wert *CD4002* und den Widerständen R1 und R2 die Werte *100k* und *22k* zu.

Signale definieren

Im nächsten Schritt sollen Signale definiert werden, die in Form von Luftlinien (Airwires) mit dem SIGNAL-Befehl eingezeichnet werden. Zunächst sollen die Versorgungsanschlüsse der beiden ICs verbunden werden.

- SIGNAL, und tippen Sie

GND ←

- auf Pad 7 von IC1 (IC1-7), bewegen Sie den Mauszeiger zu IC2-7 und
- , um die GND-Luftlinie zu beenden.

Damit sind die beiden Pads an das Signal GND angeschlossen.

Nun tippen Sie

VCC ←

- IC1-14, bewegen Sie den Mauszeiger zu IC2-14 und
- , um die VCC-Luftlinie zu beenden.

Definieren Sie weitere Verbindungen auf die gleiche Weise.

Wenn Sie keinen Wert auf einen bestimmten Signalnamen legen, starten Sie eine Luftlinie ohne vorherige Eingabe eines Namens mit • auf das erste Pad und beenden Sie mit •• oder durch Anklicken des Stoppschild-Icons.

EAGLE generiert dann automatisch Signalnamen, die Sie nachträglich mit dem NAME-Befehl ändern können.

EAGLE-Nomenklatur: Pads sind Anschlüsse von bedrahteten Gehäusen (Layout). Pins sind Anschlüsse von Symbolen (Schaltplan). Smds sind Anschlussflächen von SMD-Gehäusen.

Luftlinien können mit DELETE gelöscht werden, sofern Sie nicht unter Kontrolle der Forward&Back-Annotation arbeiten (in diesem Fall sind die Verbindungen im Schaltplan zu löschen).

Selbstverständlich funktionieren auch UNDO (F9) und REDO (F10).

Signalklassen festlegen

Der CLASS-Befehl erlaubt es bestimmten Arten von Signalen verschiedene Mindestleiterbahnbreiten (*Width*), Mindestabstände (*Clearance*) und Mindestbohrdurchmesser (*Drill*) für Durchkontaktierungen vorzuschreiben. Beispielsweise werden Versorgungsspannungen oft mit etwas breiteren Leiterbahnen (höhere Ströme) und etwas höheren Abständen zu anderen Signalen (höhere Spannungen) verlegt. Auch der Autorouter berücksichtigt diese Werte. Default ist 0 für alle Eigenschaften (keine Klasse festgelegt). Das bedeutet, es gelten die in den Design-Regeln festgelegten Mindestwerte.

In der Datei *hexapodu.brd* sind verschiedene Signalklassen definiert.

Platine aus Schaltplan anlegen

Wenn Sie das Schaltplan-Modul besitzen und der Schaltplan bereits vorliegt, kommen Sie mit ganz wenigen Schritten zu dem Ergebnis, das Sie mit viel Mühe im vorangegangenen Abschnitt erzielt haben: einer Platine, bei der die Pads bzw. Smds durch Signale (Luftlinien) verbunden sind und die Namen und Werte der Bauteile bereits richtig vergeben sind.

Board-Datei erzeugen

Laden Sie die Schaltung *demo1.scb* und klicken Sie das BOARD-Icon an:



Damit wird eine Board-Datei mit demselben Namen wie die Schaltplan-Datei angelegt, also *demo1.brd*. Beantworten Sie die Frage, ob die Datei erzeugt werden soll, mit **• OK**, und vergrößern Sie das Layout-Editor-Fenster, um den ganzen Bildschirm auszunutzen zu können.

Der weiße Rahmen rechts stellt die Platinenumrisse dar. Es handelt sich um Wires im Layer 20 *Dimension*, wie sie im vorhergehenden Abschnitt per Hand eingegeben wurden.

- **MOVE**, und
- rechte senkrechte Kante der Platine etwa in der Mitte. Bewegen Sie den Mauszeiger etwas nach links und
-

Damit haben Sie die Platine etwas verkleinert. Sie können die Platinengröße auf die gleiche Weise zu jeder Zeit wieder ändern.

Alternativ könnte man die Umrandung mit **DELETE** löschen und beispielsweise eine vordefinierte Platinenumrandung aus einer Script-Datei (**SCRIPT**-Befehl) einlesen.

Bauteile anordnen

Klicken Sie das Zeichnungsgrenzen-Icon an, um die Zeichnung in das Fenster einzupassen. Die Bauteile sind links neben der Platine angeordnet.

- **MOVE**,
- das größte IC etwa in der Mitte, und bewegen Sie den Mauszeiger in die Platine. Das Bauteil und die Luftlinien bleiben am Mauszeiger. Drücken Sie die rechte Maustaste, wenn Sie das Bauteil rotieren wollen.
- um das Bauteil abzusetzen.

Platzieren Sie alle Bauteile auf diese Weise.

Alternativ kann man ein Bauteil auch über den Namen ansprechen.

- **MOVE** und tippen Sie in der Kommandozeile

JP1

und dieses Bauteil hängt an der Maus.

Klicken Sie das RATSNEST-Icon, um die Luftlinien so berechnen zu lassen, dass sie die kürzesten Verbindungen darstellen. Geben Sie diesen Befehl immer wieder, wenn Sie beurteilen wollen, wie gut Ihre Platzierung ist (möglichst kurze Wege, möglichst keine *verdrehten* Signalbündel etc.).

Bitte beachten Sie:

EAGLE ordnet die Bauteile zunächst automatisch links von der Platine im negativen Koordinatenbereich an. Sie dürfen die Bauteile z. B. in der Freeware und Light-Version nur innerhalb des Koordinationenbereichs 100 mm x 80 mm absetzen. Um Signale zu verlegen oder auch später den Autorouter zu nutzen, müssen Sie die Bauteile in diesen Bereich schieben.

Autorouter: kleine Kostprobe

Wenn Sie eine kleine Kostprobe des Autorouters sehen wollen, klicken Sie das Icon des AUTO-Befehls im Befehlsmenü an. Wählen Sie ggf. ein feineres Routing-Raster (*Routing Grid*, Default 50 mil). Klicken Sie die Schaltfläche *OK* an.

Ist die Platzierung gut, sollte er schnell fertig sein (Meldung: *...beendet* in der Statuszeile). Wenn es Ihnen zu lange dauert, brechen Sie ihn durch Anklicken des Stoppschild-Icons ab.

Bestätigen Sie die Frage *Unterbrechen?* mit • *Ja*.

Wenn Ihnen das Ergebnis nicht gefällt, machen Sie es mit • *RIPUP* rückgängig. Falls Sie einzelne verlegte Leitungen in Luftlinien verwandeln wollen, klicken Sie diese Leitungen an. Das selektierte Segment wird in eine Luftlinie verwandelt. Ein weiterer Klick auf die Luftlinie löst den ganzen Signalzweig auf. Wenn Sie alle Leitungen in Luftlinien verwandeln wollen, klicken Sie bei aktiviertem *RIPUP*-Befehl gleich das Ampel-Icon an. Die Frage *Alle Signale umwandeln?* beantworten Sie mit • *Ja*

Sie können den Autorouter zu jeder Zeit starten, ganz gleich, ob schon Signale geroutet sind oder nicht. Typischerweise verlegt man zunächst einige Signale per Hand (etwa die Versorgungssignale) und startet dann den Autorouter.

Verbindungen, die schon vor dem Start des Autorouters verlegt wurden, werden nicht mehr verändert.

Manuell routen

Der ROUTE-Befehl verwandelt Luftlinien in Leitungen.

- ROUTE im Befehlsmenü.
- Anfangspunkt einer Luftlinie.

Wie beim WIRE-Befehl können Sie jetzt weitere Parameter, etwa die Breite oder den Ziellayer, mit Hilfe der Parameterleiste eingeben.

Alle Angaben beziehen sich auf die gegenwärtig eingestellte Einheit (GRID).

Bewegen Sie den Mauszeiger, um die Leitung zu verlegen, • um das Segment zu beenden und die Richtung für ein neues Segment zu ändern. •• um den Route-Vorgang für das ganze Signal zu beenden.

Danach können Sie mit • sofort ein neues Signal routen.

Während Sie ein Signal routen, können Sie den Knickmodus zwischen zwei Segmenten mit der rechten Maustaste weiterschalten. Versuchen Sie die verschiedenen Einstellungen; dabei ist es auch möglich, Leitungen in Bögen zu verlegen (Parameter *Wire_Bend*, siehe auch SET-Befehl).

Wenn Sie den Layer für eine Leitung ändern, nachdem Sie ein Segment mit der linken Maustaste gestartet haben, werden die anschließend gerouteten Segmente in den neuen Layer gezeichnet. Die für den Wechsel der Ebene erforderliche Durchkontaktierung setzt EAGLE automatisch.

Setzen Sie eine Leiterbahn auf einer zum gleichen Signal gehörenden aber in einem anderen Layer verlegten Leiterbahn ab, wird nur bei gedrückter Shift-Taste automatisch eine Durchkontaktierung gesetzt.

Während des Verlegens einer Leiterbahn wird automatisch die kürzeste Verbindung zum nächstgelegenen möglichen Zielpunkt berechnet und durch eine Luftlinie (Airwire) angezeigt.

Sollen Knicke in Leiterbahnen abgeschragt werden, kann man das mit Hilfe des MITER-Befehls erreichen. Es gibt die Möglichkeit geradlinige oder gerundete Abschrägungen durch Angabe eines Miter-Radius zu definieren. Der Miter-Radius wirkt sich auch auf verschiedene Wire-Bends aus. Details finden Sie in der Hilfe-Funktion zum MITER-, SET- und WIRE-Befehl.

In der Freeware bzw. Light-Version gibt es aufgrund der Layer-Beschränkung keine Unterstützung für Blind- und Buried-Vias (Durchkontaktierungen von einem bestimmten Layer zu einem anderen). Hinweise zu diesem Thema finden Sie in der Hilfe-Funktion bzw. im EAGLE-Handbuch.

Platine ändern

Wenn Sie die Platine fertig geroutet haben, können Sie nachträgliche Änderungen durchführen. Sie können:

- Leitungssegmente und Bauteile mit MOVE und SPLIT bewegen und anordnen,
- mit dem RIPUP-Befehl ein verdrahtetes Signal in Luftlinien verwandeln,
- mit dem DELETE-Befehl Signale löschen (nicht bei Forward&Back-Annotation),
- Gehäusevarianten über CHANGE PACKAGE oder REPLACE (ohne Schaltplan) austauschen. In *demo3.brd* wurde beispielsweise das Package von IC1 durch eine SMD-Variante ersetzt.
- Einstellungen in den Design-Regeln (z.B. für Restring) modifizieren,
- mit SMASH Texte von Bauteilen lösen und mit MOVE, ROTATE bewegen oder mit CHANGE modifizieren.
- Ecken in Leiterbahnen mit dem MITER-Befehl abschrägen bzw. abrunden

Weitere Anwendung des Layout-Editors

In diesem Abschnitt werden Sie eine geroutete Demoplatine bearbeiten. Laden Sie die Datei *demo2.brd*, und vergrößern Sie das Editor-Fenster.

Zunächst sollen ein paar wichtige Kommandos wiederholt werden.

DISPLAY-Befehl

Manchmal ist es leichter, den Überblick zu behalten, wenn man bestimmte Informationen ausblendet.

- DISPLAY

und deselektieren Sie mit der Maus Layer 21 *tPlace*. Dieser Layer enthält die Information für den Bestückungsdruck auf der Top-Seite der Platine. Wenn Sie ihn selektieren oder deselektieren, werden automatisch auch die Layer 23 *tOrigins*, 25 *tNames*, 27 *tValues* und 51 *tDocu* ein- bzw. ausgeblendet.

Um die Änderungen wirksam zu machen, • OK.

MOVE-Befehl

Mit dem MOVE-Befehl lassen sich Wires (Linien bzw. Leitungen) bewegen. Wenn Sie ein Segment in der Nähe eines Endpunkts selektieren, wird

nur der Endpunkt bewegt. Bei gedrückter Ctrl-Taste springt der Endpunkt ggf. auf das aktuelle Raster.

Selektieren Sie es mehr in der Mitte, bewegen Sie das Wire-Stück parallel. Halten Sie beim Selektieren die Ctrl-Taste gedrückt, erzeugen Sie einen gebogenen Wire.

Sie können auch Vias (Durchkontaktierungen) bewegen. Die angeschlossenen Wires werden mitbewegt.

Bauteile auf dem Top-Layer lassen sich nur bewegen, wenn der Layer 23 *tOrigins* eingeblendet ist. Entsprechendes gilt für Bauteile auf dem Layer 16 *Bottom* und den Layer 24 *bOrigins*.

Während der MOVE-Befehl aktiv ist, können Sie mit der rechten Maustaste das selektierte Objekt um jeweils 90° weiter drehen oder auch direkt über die Parameterleiste einen beliebigen Drehwinkel angeben.

Bei Texten (nur im Layout-Editor) kann man über die Eigenschaft *Spin* bestimmen, ob dieser bei einem Drehwinkel von 180° auf dem Kopf stehen oder normal von unten lesbar sein soll (default). Das funktioniert auch mit dem ROTATE-Befehl.

In der Statuszeile werden Informationen über das mit MOVE gewählte Objekt angezeigt.

GROUP-Befehl

Einer der nützlichsten EAGLE-Befehle ist der GROUP-Befehl. Er erlaubt es, mehrere Objekte zusammenzufassen, mit CHANGE ihre Eigenschaften zu ändern oder sie gemeinsam zu verschieben, zu rotieren oder auf die andere Seite zu spiegeln. Um den Befehl anzuwenden, **•** GROUP, und definieren Sie mit Einzelklicks der linken Maustaste ein Rahmen um eine Gruppe von Objekten herum. Schließen Sie den Gruppendifinitionsbereich mit der rechten Maustaste. Die selektierten Objekte erscheinen nun heller auf dem Bildschirm.

Bitte beachten Sie, dass nur Objekte selektiert werden, die sich in einem sichtbaren Layer befinden. Packages auf dem Top-Layer können nur selektiert werden, wenn der Layer 23 tOrigins eingeblendet ist, und Packages auf dem Bottom-Layer können nur selektiert werden, wenn der 24 bOrigins-Layer eingeblendet ist (DISPLAY-Befehl).

Nun selektieren Sie den MOVE-Befehl und benutzen die *rechte* Maustaste, um die Gruppe an den Mauszeiger zu heften. Sie können dann alle Objekte gemeinsam bewegen, mit der rechten Maustaste rotieren und mit der linken Maustaste fixieren.

Wenn eine Gruppe mit GROUP definiert wurde, können die Eigenschaften der darin enthaltenen Objekte mit dem CHANGE-Befehl geändert

werden. Selektieren Sie eine Gruppe, die einige Wires enthält, • **CHANGE** im Befehlsmenü, • **width**, und • **0.032**. Dann klicken Sie irgendwo im Editor-Fenster die rechte Maustaste an. Machen Sie die Aktion mit **UNDO** rückgängig.

Gruppen lassen sich auch definieren, indem man das **GROUP**-Icon selektiert und danach bei gedrückter linker Maustaste einen rechteckigen Rahmen aufzieht.

SPLIT-Befehl

Mit dem **SPLIT**-Befehl fügen Sie einen Knick in einen Wire ein.

- **SPLIT** im Befehlsmenü
- ein Wire-Segment nahe seinem Endpunkt

Verschieben Sie den Knickpunkt etwas, und Sie werden sehen, dass das längere Segment gerade bleibt, während sich das ursprünglich kürzere Segment aufteilt. Der Winkel zwischen den beiden neuen Segmenten wird mit der rechten Maustaste eingestellt. Ein weiterer Klick mit der linken Maustaste fixiert die Wire-Segmente.

CHANGE-Befehl

Verwenden Sie den **CHANGE**-Befehl, um die Breite von Wires zu ändern oder ein Wire-Segment auf einen anderen Layer zu legen. Um die Wire-Breite zu ändern,

- **CHANGE**
- **WIDTH** im Popup-Menü
- den Wert für die neue Breite

Dann bewegen Sie den Mauszeiger zum Wire-Segment, dessen Breite geändert werden soll, und •.

Um eine Breite einzustellen, die nicht im Menü erscheint, z. B. 0.23 Inch, klicken Sie auf den untersten Eintrag . . . und tippen den Wert im Popup-Fenster ein.

Alternativ geht das Ganze auch über die Kommandozeile:

```
CHANGE WIDTH .23 ←
```

und Klick auf das Wire-Segment.

Um ein Wire-Segment auf einen anderen Layer zu legen,

- **CHANGE**
- **LAYER**
- gewünschten Layer

- Wire-Segment

Falls eine Durchkontaktierung (Via) erforderlich ist, damit keine Leitung aufgetrennt wird, setzt EAGLE es automatisch. Sollte ein Via überflüssig werden, entfernt EAGLE es automatisch.

ROUTE-Befehl

Verwenden Sie den ROUTE-Befehl, um eine Luftlinie in einen Wire zu verwandeln. Mit **•** fixieren Sie die Position eines Segments. Dann bewegen Sie den Mauszeiger in eine andere Richtung, fixieren das nächste Segment usw., bis das ganze Signal verlegt ist.

Siehe auch den Abschnitt *Manuell routen* weiter vorne.

RIPUP-Befehl

Wenn Sie ein geroutetes Stück wieder in eine Luftlinie wandeln wollen, klicken Sie mit RIPUP auf das Leiterbahnstück.

Wenn Sie z. B. die Signale GND und VCC auflösen wollen, klicken Sie das RIPUP-Icon im Befehlsmenü an, und tippen Sie

GND VCC ←

Zweimal F9 macht die Aktion wieder rückgängig.

Wenn Sie alle Signale außer GND und VCC auflösen wollen, tippen Sie bei aktivem RIPUP-Befehl:

! GND VCC ←

SHOW-Befehl

Verwenden Sie den SHOW-Befehl, um Luftlinien, Wires oder Bauteile heller darzustellen. Klicken Sie das Zeichnungsgrenzen-Icon und anschließend das SHOW-Icon an. Dann tippen Sie

IC1 ←

um IC1 zu lokalisieren. Die Statuszeile zeigt Informationen zum Objekt.

Bildschirm auffrischen

Benutzen Sie die Taste F2, um den Bildschirminhalt aufzufrischen, oder klicken Sie das Redraw-Icon an.

Undo/Redo-Funktion

Alle genannten Aktionen lassen sich mit dem UNDO-Icon in der Aktionsleiste (F9) rückgängig machen und mit dem REDO-Icon (F10)

wiederholen.

Innenlayer

Innen-Layer (Route2...15) können zum Routen von Signalen in der gleichen Weise verwendet werden wie Top- und Bottom-Layer.

Das ist nicht in der Freeware (Light-Version) nicht möglich!

Versorgungslayer

Nur in der Standard- und Professional-Version möglich!

Innen-Layer (Route2...15) können allein durch Umbenennen des Namens in *\$signalname* als Lage für ein komplettes Signal verwendet werden. Laden Sie die Platine *demo2.brd*, und tippen Sie

```
SHOW GND ←
```

Das GND-Signal wird hell dargestellt.

Tippen Sie dann:

```
RIPUP GND ←
```

Das GND-Signal wird jetzt nur noch durch Luftlinien dargestellt.

Nun soll Layer 2 als Masselayer definiert werden. Das Massesignal heißt GND, deshalb muss der Layer in *\$GND* umgetauft werden:

```
LAYER 2 $GND ←
```

Alternativ selektieren Sie im DISPLAY-Menü Layer 2 *Route2*, klicken auf die Schaltfläche *Ändern*, aktivieren die Option *Supply-Layer* und geben den Namen *GND* an. Klicken Sie das RATSNEST-Icon an, damit die Luftlinien des GND-Signals verschwinden. Um sich das Resultat anzusehen, blenden Sie alle Layer außer *\$GND* aus. Das können Sie durch Anklicken des DISPLAY-Icons erreichen, oder Sie tippen den entsprechenden Befehl direkt in die Kommandozeile ein:

```
DISPLAY NONE $GND ←
```

Denken Sie bei solchen Befehlen daran, dass Sie auch Kleinbuchstaben benutzen und Schlüsselwörter abkürzen können, also z. B.:

```
dis none $gnd ←
```

Tippen Sie nun

```
SHOW GND ←
```

Jedes Thermal-Symbol (heller dargestellt) schließt eine zum Signal GND gehörende Durchkontaktierung an den Masselayer an, während die runden Annulus-Symbole die anderen Pads von diesem Layer isolieren.

In unserem Beispiel haben die Bauteile C1 und C2 noch keine Verbindung zur Innenlage. Es ist also notwendig aus den Smd-Lötflächen mit ROUTE ein kurzes Stück Leiterbahn zu verlegen und dann eine Durchkontaktierung auf das Ende zu setzen. So erhalten Sie den Anschluss an die Innenlage.

Versorgungs-Layer, die mit \$... definiert wurden, werden invertiert geplottet, deshalb bleibt alles Kupfer, was auf dem Bildschirm schwarz ist. Die in der Layerfarbe dargestellten Annulus-Symbole sind frei von Kupfer. Bei den Thermal-Symbolen führen vier leitende Stege zur Durchkontaktierung.

Copper Pouring mit dem POLYGON-Befehl

Als Copper Pouring bezeichnet man die Möglichkeit Flächen so zu füllen, dass alle zu einem bestimmten Signal (im allgemeinen GND oder VCC) gehörenden Objekte an die Fläche angeschlossen werden, während zu allen anderen Potentialen ein definierter Abstand eingehalten wird. Um die Lötbarkeit zu gewährleisten, werden Pads mit Thermal-Symbolen angeschlossen. Der dazu erforderliche Befehl ist der POLYGON-Befehl. Sie können mehrere Polygone auf einem Layer anlegen, etwa um unterschiedliche Grundflächen zu realisieren, oder Sie können Polygone auf unterschiedlichen Layern anlegen.

Sie sollen nun den Top-Layer einer Platine mit dem GND-Signal füllen. Laden Sie die Platine *demo2.brd*, und lösen Sie das GND-Signal auf:

```
RIPUP GND ←
```

Blenden Sie mit dem DISPLAY-Befehl die Layer 1 *Top*, 17 *Pads*, 18 *Vias* und 20 *Dimension* ein. Benutzen Sie die Schaltfläche *Keine* im Menü, um vorher alle anderen Layer auszublenden.

Klicken Sie das POLYGON-Icon im Befehlsmenü an und tippen Sie

```
GND ←
```

ein. Das zu definierende Polygon erhält den Namen GND und gehört somit zum GND-Signal.

Wählen Sie aus dem Auswahlfeld in der Parameterleiste den Layer *Top* aus. Dann:

- linke obere Ecke des Platinenumrisses,
- rechte obere Ecke,
- rechte untere Ecke,
- linke untere Ecke.

Mit dem Doppelklick schließt sich das Polygon.

Um die Berechnung der gefüllten Bereiche zu starten, klicken Sie das RATSNEST-Icon an.

Da es sich dabei um eine sehr komplexe Operation handelt, kann dieser Vorgang eine Weile dauern.

Wie vorher sind die zum GND-Signal gehörenden Pads mit Thermal-Symbolen angeschlossen. Überprüfen Sie das mit

```
SHOW GND ←
```

In diesem Fall ist alles Kupfer, was in der Layerfarbe dargestellt ist, da der Layer nicht invertiert geplottet wird (nur Versorgungs-Layer, die mit \$name realisiert wurden).

Nach dem Laden einer Platine sind Polygone nur mit ihren Umrissen dargestellt. Erst der Befehl RATSNEST führt zur gefüllten Darstellung. Umgekehrt kann man mit RIPUP und • auf eine Polygonkante gezielt Polygone auf Umrissdarstellung umschalten.

Rufen Sie die Hilfe-Funktion auf, um mehr über die verschiedenen Einstellungen des POLYGON-Befehls zu erfahren.

15 Autorouter

Kein Autorouter der Welt wird Ihr Layout genau so entwerfen, wie Sie es haben wollen. Aber er kann Ihnen eine ganze Menge stumpfsinniger Arbeit abnehmen. In diesem Kapitel wollen wir an einem kleinen Beispiel zeigen, dass man manuelles und automatisches Routen bequem miteinander verbinden kann.

Laden Sie die Platine *hexapodu.brd*.

Blenden Sie mit Hilfe des DISPLAY-Befehls den Layer 21 *tPlace* aus, damit die Bauelemente nicht mehr dargestellt werden.

Auf dieser Platine sind die beiden Signale AC1 und AC2 von Hand verlegt worden. Außerdem sind mit Rechtecken (RECT) in den Layern 41 *tRestrict* und 42 *bRestrict* Sperrflächen für den Autorouter angelegt worden. Innerhalb dieser Flächen darf er im Layer 1 *Top* bzw. 16 *Bottom* keine Leitungen verlegen. Das Bauteil B1 liegt in einer Sperrfläche im Layer 43 *vRestrict*. Das bedeutet, hier dürfen keine Durchkontaktierungen gesetzt werden.

Starten Sie den Autorouter durch Anklicken des AUTO-Icons im Befehlsmenü.

Es öffnet sich ein Menü, in dem Sie individuelle Einstellungen vornehmen können (Siehe Hilfe-Funktion).

Für das *hexapodu.brd* sollten Sie das Raster (*Routing Grid*) auf den Wert 10 mil bzw. 0,254 mm einstellen.

Sie können auch über die Schaltfläche *Laden..* die Autorouter-Parameter aus der Steuerdatei *hexapodu.ctl* einlesen.

Da Sie alle nicht gerouteten Leitungen entflechten wollen, • *OK*.

Sofern Sie die Parametereinstellungen nicht verändern wollen, können Sie den Autorouter auch durch Eintippen von

```
AUTO; ←
```

in die Kommandozeile starten. Das Menü erscheint dann nicht.

Beobachten Sie die Statusmeldungen in der Statuszeile. Darin erfahren Sie unter anderem, wieviel Prozent der Signale schon verlegt sind oder wie viele Durchkontaktierungen der Autorouter im Augenblick benötigt. Sie werden sehen, dass diese Zahl bei den Optimierungsläufen niedriger wird.

Falls Sie den Autorouter unterbrechen wollen, klicken Sie das Stoppschild-Icon an.

Ein Protokoll des Routing-Vorgangs legt der Autorouter in der Datei *hexapodu.pro* ab. Sehen Sie sich die Datei mit Hilfe des Texteditors an.

Die vom Autorouter entflichtene Platine können Sie weiter bearbeiten,

wie jede andere Platine auch. Sollte das Route-Ergebnis nicht 100% sein, können Sie einzelne Signale oder Signalbündel mit RIPUP auflösen und per Hand oder mit dem Autorouter gezielt neu verlegen. Wollen Sie den ursprünglichen Zustand erreichen, lösen Sie mit

```
RIPUP ! AC1 AC2
```

alle automatisch verlegten Signale auf.

Der Autorouter verlegt Leiterbahnen mit der Breite, die in den Design-Regeln (\Rightarrow *Bearbeiten/Design-Regeln*, *Sizes-Tab*, *Minimum width*) vorgegeben ist. Falls über den CLASS-Befehl Netzklassen definiert wurden (wie es in der Beispieldatei *hexapod.brd* der Fall ist), werden auch diese Einträge berücksichtigt. In diesem Fall gilt der größere Wert von beiden.

Sperrflächen für den Autorouter kann man in den Layern 41 *tRestrict* für die Top-Seite beziehungsweise 42 *bRestrict* für die Bottom-Seite zeichnen. Sperrflächen im Layer 43 *vRestrict* verbieten dem Autorouter, Durchkontaktierungen zu setzen.

Der Autorouter kann Leiterbahnen nicht in Bögen verlegen.

16 Design-Regeln und der Design Rule Check

Schon zu Beginn des Layout-Entwurfs sollte man sich Gedanken über die Design-Regeln machen. Regeln, die man auch mit dem Leiterplattenhersteller abstimmt. Diese werden über den Design-Regeln- bzw. über den DRC-Dialog eingestellt.

Klicken Sie auf das DRC-Icon und prüfen bzw. ändern Sie die vorgewählten Werte. Ein Klick in eine der Parameterfelder (zum Beispiel im *Restricting*-Tab) zeigt eine anschauliche Grafik.

• *Anwenden*, um die Design-Regeln dem Layout zuzuordnen. *Abbrechen* beendet den Dialog, *Prüfen* startet den Design-Rule-Check. Über *Auswählen* kann man einen bestimmten Bereich zur Prüfung auswählen. Ziehen Sie einfach mit der Maus ein Rechteck um den zu prüfenden Bereich auf.

Der letzte Schritt beim Entwurf einer Leiterplatte ist der Design-Rule-Check (DRC). Dabei wird die Platine auf die Einhaltung bestimmter Kriterien überprüft, die der Benutzer vorgibt.

Laden Sie die Datei *demo3.brd*. Um die Prüfung zu starten, klicken Sie das DRC-Icon im Befehlsmenü an. Es öffnet sich das DRC-Menü, wo Sie auch die Design-Regeln festlegen können. • *Prüfen* startet den DRC.

In der Statuszeile sollte nun die Meldung *DRC: Keine Fehler* erscheinen. Damit haben Sie die Gewähr, dass Ihre Design-Regeln eingehalten sind.

Bewegen Sie nun mit MOVE eine rote Leitung über mehrere andere rote, und starten Sie den DRC erneut mit

DRC; ←

Der Strichpunkt verhindert das Erscheinen des Menüs.

Nun wird eine Anzahl von Fehlern in der Statuszeile gemeldet werden. Es öffnet sich gleichzeitig ein Menü mit der Liste der Fehler.

Wenn Sie die Fehler korrigiert haben, löschen Sie die Fehlereinträge mit Klick auf *Alle löschen* in der *DRC-Fehlerliste*.

Wenn Sie in einer Platine undefinierbare Objekte finden, die sich nicht löschen lassen, denken Sie daran, dass es sich um Fehlermarkierungen handeln könnte, die der DRC hinterlassen hat. Sie lassen sich auch mit

ERRORS CLEAR ←

löschen.

17 Bibliotheken

Die Bauelemente, die Sie in Schaltungen verwenden, sind in Bibliotheken gespeichert. Der Bibliotheks-Editor hat dieselbe Bedienoberfläche wie der Schaltplan- und der Layout-Editor. Damit ist für das Definieren von Bauteilen nur die Kenntnis einiger zusätzlicher Funktionen erforderlich.

Eine Bibliothek besteht im Normalfall aus drei Bestandteilen:

- **Package:** Das Gehäuse in der Platine
- **Symbol:** Die Schaltplandarstellung des Bauteils
- **Device:** Der reale Baustein, also die Kombination aus Symbolen und Packages

An dieser Stelle soll ein kurzes Beispiel einer Bauteildefinition folgen:

Öffnen Sie zuerst eine neue Bibliothek über *Datei/Neu/Library* im Control Panel. Es öffnet sich das Library-Editor-Fenster.

Widerstands-Package



Wählen Sie den Package-Editier-Modus in der Aktionsleiste, und tragen Sie in das Feld *Neu* den Package-Namen R-10 ein. Die Frage *Neues Package 'R-10' anlegen?* beantworten Sie mit *Ja*. Später müssen Sie auch entsprechende Fragen beim Anlegen eines neuen Symbols und eines neuen Device mit *Ja* beantworten.



Stellen Sie mit dem GRID-Befehl das passende Raster für die Platzierung der Pads ein. Für bedrahtete Standard-Bauelemente wird für gewöhnlich 0.05 inch bzw. 50 mil verwendet.



Wenn es sich um einen bedrahteten Widerstand handelt, selektieren Sie PAD und stellen in der Parameterleiste Pad-Form und den Bohrdurchmesser ein. Der Default-Wert für den Pad-Durchmesser ist 0. Die endgültigen Maße ergeben sich aus den Einstellungen in den Design-Regeln. Dann platzieren Sie zwei Pads im gewünschten Abstand. Der Zeichnungsnullpunkt ist später der Aufhängepunkt des Bauteils, an dem es selektiert wird. Er sollte deshalb etwa in der Mitte des Bauteils liegen.



Wenn es sich um einen SMD-Widerstand handelt, selektieren Sie SMD und stellen in der Parameterleiste die Maße des Smd-Pads ein. Sie können einen der vorgegebenen Werte selektieren oder in das Feld direkt Länge und Breite eintippen.

Als Layer wählen Sie *Top*, auch wenn das Bauteil später auf der Unterseite der Platine platziert werden soll. Smd-Bauelemente werden in der Platine

mit dem MIRROR-Befehl auf die andere Seite gebracht. Dabei wandern die Elemente in allen *t.*-Layern in die entsprechenden *b.*-Layer.

Platzieren Sie dann die zwei Smd-Pads (in EAGLE nur Smd genannt) im gewünschten Abstand. Mit der rechten Maustaste drehen Sie das Smd.

Um runde Smds zu verwenden (BGAs), legen Sie zunächst quadratische an und verändern den Parameter *Roundness* = 100%.



Sie können nun mit dem NAME-Befehl die Namen der Pads bzw. Smds eingeben, etwa 1 und 2.

Bei Bauteilen mit vielen fortlaufend nummerierten Pads empfiehlt sich allerdings ein anderes Vorgehen:

Selektieren Sie den PAD-Befehl, tippen Sie den Namen des ersten Pads, z. B. '1' ein (die Hochkommas müssen mit eingegeben werden), und setzen Sie die Pads der Reihe nach ab.



Zeichnen Sie nun mit dem WIRE-Befehl das Bestückungsplan-Symbol in den Layer 21 *tPlace*. Dieser Layer enthält den Platinaufdruck. Stellen Sie ein feineres Raster ein, falls erforderlich.

Bitte orientieren Sie sich beim Entwurf von Bauteilen an den Angaben, die Sie in der Datei *library.txt* (Verzeichnis */eagle/doc*) finden.

Sie können auch die Befehle ARC, CIRCLE, RECT und POLYGON zum Zeichnen des Bestückungsplan-Symbols verwenden.

Der Layer 51 *tDocu* ist nicht für den Platinaufdruck, sondern als Ergänzung der grafischen Darstellung vorgesehen, wie sie etwa für gedruckte Unterlagen verwendet werden kann. Während man in Layer 21 *tPlace* darauf achten muss, dass keine Lötflächen überdeckt werden, kann man in Layer 51 *tDocu* eine realistische Darstellung anstreben, für die diese Einschränkung nicht gilt. Im Beispiel des Widerstands kann man das gesamte Symbol im Layer 21 *tPlace* zeichnen, nur die Wires, die die Pads überdecken, zeichnet man im Layer 51 *tDocu*.



Mit dem TEXT-Befehl platzieren Sie die Texte >NAME (im Layer 25 *tNames*) und >VALUE (im Layer 27 *tValues*) dort, wo im Board der aktuelle Name und der aktuelle Wert des Bauteils erscheinen sollen.

Die Position dieser Texte relativ zum Package-Symbol kann in der Platine später mit SMASH und MOVE geändert werden.



Mit dem CHANGE-Befehl können Sie auch nachträglich die Eigenschaften von Objekten ändern, etwa die Strichstärke, die Texthöhe oder den Layer, in dem sich das Objekt befindet.

Wenn Sie die Eigenschaften mehrerer Objekte auf einmal verändern

wollen, definieren Sie mit dem GROUP-Befehl eine Gruppe, klicken Sie den CHANGE-Befehl an, selektieren Sie den Parameter und den Wert, und klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Zeichenfläche.

Beispiel: Mit GROUP eine Gruppe definieren, die beide Pads enthält, CHANGE und SHAPE/SQUARE selektieren. Mit rechter Maustaste die Zeichenfläche anklicken. Es ändert sich die Form beider Pads.

Zusätzlich kann man über DESCRIPTION das Package beschreiben. Dieser Text und der Package-Name werden in der Suchfunktion des ADD-Dialogs berücksichtigt.

Widerstands-Symbol



Wählen Sie den Symbol-Editier-Modus, und tragen Sie in das Feld *Neu* den Symbol-Namen *R* ein. Dieser Name hat nur interne Bedeutung und erscheint nicht in der Schaltung.

Stellen Sie nun sicher, dass als Raster 0.1 inch eingestellt ist. Die Pins der Symbole müssen in diesem Raster platziert werden, da EAGLE darauf abgestimmt ist.



Selektieren Sie den PIN-Befehl. In der Parameterleiste können Sie nun die Eigenschaften dieses Pins einstellen, bevor Sie ihn mit der linken Maustaste platzieren. Alle Eigenschaften können Sie nachträglich mit dem CHANGE-Befehl ändern. Dabei lassen sich auch Gruppen definieren (GROUP), deren Eigenschaften anschließend mit CHANGE und der rechten Maustaste geändert werden. Erklärungen zu den Pin-Parametern finden Sie in der Hilfe-Funktion.



Mit dem NAME-Befehl können Sie die Pins benennen, nachdem Sie platziert wurden.



Mit WIRE und anderen Zeichenbefehlen zeichnen Sie das Schaltungs-symbol in den Symbols-Layer. Platzieren Sie die Texte *>NAME* und *>VALUE* in den Layern 95 *Names* und 96 *Values*, und zwar dort, wo der Name und der Wert des Bauelements im Schaltplan erscheinen sollen. Zur genauen Platzierung der Texte können Sie das Raster feiner einstellen, auch während der TEXT-Befehl aktiv ist. Stellen Sie das Raster aber anschließend wieder auf 0,1 Zoll ein.

Widerstands-Device



Legen Sie mit Hilfe dieses Icons das neue Device *R-10* an. Wenn Sie das Bauteil mit dem ADD-Befehl später in die Schaltung holen, wählen Sie es unter diesem Namen aus. Die Namen für das Device und das Package sind hier übrigens nur zufällig gleich.

Bei Bauteilen mit verschiedenen Technologien oder Package-Varianten muss man Platzhalter für die Bezeichner im Device-Namen vorsehen. * steht für die Technologie, ? für die Package-Variante. Definieren Sie z. B. einen Baustein 7400 in L-, LS-Technologie, lautet der richtige Device-Name *74*00*. Die Bezeichnung der Package-Variante wird automatisch am Ende des Namens angefügt. Soll der Variantename beispielsweise am Anfang stehen, muss das Fragezeichen verwendet werden: *?74*00*.

Mit einem Klick auf die Schaltfläche *Neu* rechts unten in Device-Editor-Fenster ordnen Sie das (zuvor definierte) Gehäuse für das Device zu. Im Fall des Widerstands wählen Sie *R-10*. Über *Neu* lassen sich auch mehrere Package-Varianten, die von diesem Device verwendet werden sollen, definieren.

PREFIX legt einen Präfix für den Namen fest, der in der Schaltung zunächst automatisch vergeben wird. Beim Widerstand ist das sinnvollerweise *R*. Die Widerstände werden dann mit *R1*, *R2*, *R3* usw. bezeichnet. Die Namen lassen sich jederzeit mit dem NAME-Befehl ändern.

Mit VALUE legen Sie fest, ob in der Schaltung bzw. im Board der Wert des Device verändert werden kann. Beim Widerstand ist das zwingend erforderlich (*On*). Bei anderen Bauelementen kann es sinnvoll sein, den Wert auf *Off* zu setzen.



Mit dem ADD-Befehl holen Sie das vorher definierte Widerstands-Symbol in das Device.

Besteht ein Device aus mehreren Schaltplansymbolen, die unabhängig voneinander in der Schaltung platziert werden sollen (in EAGLE Gates genannt), dann ist jedes Gate einzeln mit dem ADD-Befehl dem Device hinzuzufügen.

Stellen Sie in der Parameterleiste als *Addlevel Next* und als *Swaplevel 0* ein, und platzieren Sie das Gate in der Nähe des Nullpunkts.

Der Swaplevel des Gates verhält sich analog zum Swaplevel eines Pins. Der Wert 0 besagt, das Gate ist nicht mit einem anderen Gate des Device austauschbar. Ein Wert größer als 0 besagt, das Gate kann in der Schaltung mit einem anderen Gate desselben Device und gleichem Swaplevel ausgetauscht werden. Der dazu erforderliche Befehl lautet GATESWAP.

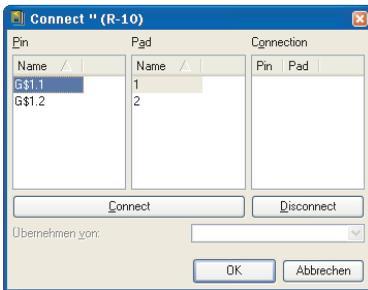


Mit dem NAME-Befehl können Sie den Namen des oder der Gates verändern. Bei einem Device mit nur einem Gate spielt der Name keine Rolle, da er nicht in der Schaltung erscheint. Bei Devices mit mehreren Gates wird in der Schaltung der jeweilige Gate-Name dem Namen des Bauteils angefügt.

Beispiel: Die Gates heißen A, B, C, D, und der Bauteilname in der Schaltung ist IC1, dann erscheinen die Namen IC1A, IC1B, IC1C und IC1D.

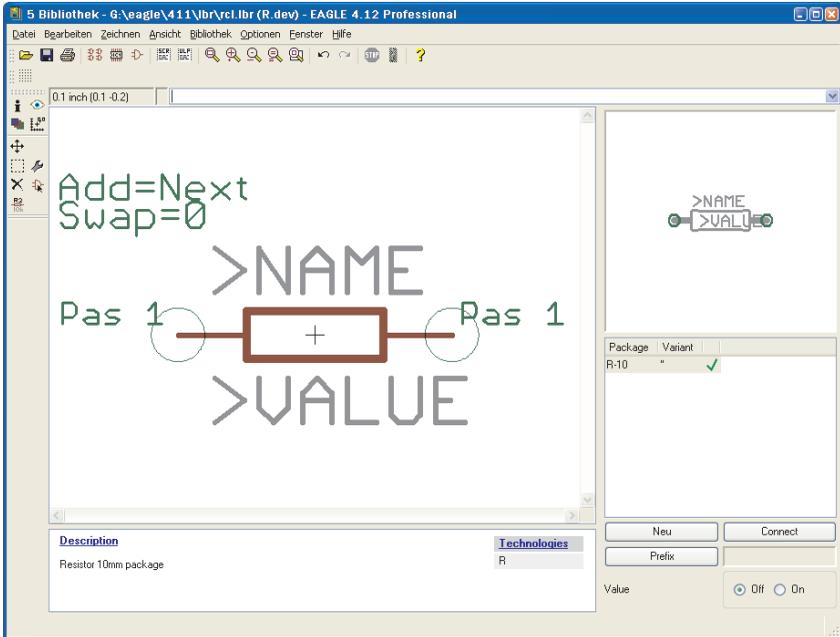
Mit dem CONNECT-Befehl legen Sie fest, welche Pins an welchen Gehäuse-Pads herausgeführt sind.

Klicken Sie dazu auf die Schaltfläche *Connect*.



Das Connect-Fenster

Im vorliegenden Beispiel wurde das Widerstands-Gate automatisch mit G\$1 bezeichnet, deshalb erscheinen in der Spalte *Pin* die Pins 1 und 2 dieses Gates. In der Spalte *Pad* sind die beiden Anschlüsse des Gehäuses aufgeführt. Markieren Sie einen Pin und das zugehörige Pad, und klicken Sie *Connect* an. Falls Sie eine Verbindung rückgängig machen wollen, markieren Sie sie unter *Connection*, und klicken Sie *Disconnect* an. *OK* beendet den Dialog.



Der Device-Editor

Das Device kann mit DESCRIPTION beschrieben werden. Die Beschreibung erscheint im Control Panel, wenn das Bauteil in der Baum-Ansicht selektiert ist. Sie wird auch von der Suchfunktion des ADD-Befehls berücksichtigt, sofern die Option *Beschreibung* aktiviert ist.

Damit ist der Widerstand definiert, und kann in eine Schaltung geholt werden.

Denken Sie daran, dass die neue Bibliothek zuerst mit USE geladen werden muss. Nur so steht sie beim ADD-Befehl zur Verfügung.

18 Ausgabe von Zeichnungen und Fertigungsdaten

EAGLE kann Zeichnungen, beispielsweise für Kontrollzwecke und zur Dokumentation, über den PRINT-Befehl ausgeben, der über das *Datei*-Menü des Schaltplan- oder Layout-Editors erreicht werden kann.

Unter Windows erreicht man über PRINT die installierten Drucker. Unter Linux werden PostScript-Daten erzeugt, die an *lpr* oder in eine Datei ausgegeben werden können.

Ausgegeben wird die im jeweiligen Editor-Fenster dargestellte Zeichnung. Die Layer, die über den DISPLAY-Befehl eingeblendet und somit sichtbar sind, werden gedruckt.

Den CAM-Prozessor verwendet man um Film- und Fertigungsdaten zu erzeugen. Rufen Sie den CAM-Prozessor über das Icon in der Aktionsleiste im Layout-Editor-Fenster auf.

Er verwendet eigene Gerätetreiber, die der Benutzer modifizieren kann (siehe Datei *eagle.def* im Verzeichnis *eagle/bin*).

Über verschiedene User-Language-Programme kann man Daten für eine Stückliste, für Bestückungs-, Test- oder Fräsautomaten usw. ausgeben. Informationen zu den einzelnen Programmen finden Sie in der *ulp*-Datei im Dateikopf bzw. mit Hilfe der Beschreibung im Control Panel.

Schaltplan mit dem PRINT-Befehl ausgeben

Der Schaltplan *demo1.sch* soll schwarzweiß und formatfüllend auf eine Seite gedruckt werden.

Laden Sie die Datei *demo1.sch*, und wählen Sie über den DISPLAY-Befehl die Layer aus, die auf dem Ausdruck erscheinen sollen. Alle aktiven Layer, also die die auf der Zeichenfläche sichtbar sind, werden gedruckt.

Dann klicken Sie das PRINT-Icon in der Aktionsleiste an. Markieren Sie die Optionen *Schwarz*, *Gefüllt* und *Drehen* (weil die Zeichnung im Querformat vorliegt). Die Optionen *Spiegeln* und *Kopfüber* werden nicht markiert.

Tragen Sie unter *Skalierungsfaktor* und *Seiten-Limit* jeweils 1 ein. Damit legen Sie fest, dass die Zeichnung mit dem Skalierungsfaktor 1 ausgegeben werden soll, falls Sie auf eine Seite passt. Wenn nicht, wird der Skalierungsfaktor automatisch so verkleinert, dass die Zeichnung auf einer Seite Platz hat. Bei *Seiten-Limit* 0 wird die Zeichnung immer mit dem eingestellten Skalierungsfaktor ausgedruckt.

Den Drucker wählen Sie über die Schaltfläche *Drucker...* aus.

Mit der Schaltfläche *Seite...* gelangen Sie zur Seiten-Parameter-Einstellung.

Ist die Option *Titelzeile* markiert, wird eine Bildunterschrift mit ausgedruckt, die Angaben wie Datum, Uhrzeit, Dateiname und Skalierungsfaktor enthält.

Erzeugen von Grafikdateien für die Dokumentation

Über den Befehl EXPORT kann man mit der Option IMAGE Grafikdateien erzeugen. Der EXPORT-Befehl erlaubt die Ausgabe verschiedener Pixel-Grafiken (bmp, tif, png, usw.) oder die direkte Verwendung der Zwischenablage. So lassen sich einfach Daten für Dokumentationszwecke erzeugen.

Gerber-Daten mit dem CAM-Prozessor erzeugen

Wenn man Filme und Fertigungsdaten erzeugt, ergibt sich im allgemeinen ein Ablauf, der für jede Platine dieselben Schritte erfordert. Dieser Ablauf lässt sich als CAM-Prozessor-Job definieren.

Die Datei *gerber.cam*, die sich im Default-Verzeichnis für CAM-Jobs befindet, automatisiert die Ausgabe von Gerber-Daten für zweilagige Platinen.

Bitte beachten Sie, dass das beschriebene Verfahren nur für Gerber-Plotter mit flexiblen Blenden geeignet ist, nicht für Plotter mit festem Blendenteller.

Informieren Sie sich vor der Ausgabe der Daten bei Ihrem Leiterplatten-Hersteller, welche Daten er benötigt.

Laden Sie den Job in den CAM-Prozessor, indem Sie entweder im Control Panel im Zweig *CAM-Jobs* auf den Eintrag *gerber.cam* doppelklicken, oder indem Sie vom Layout-Editor-Fenster aus das CAM-Prozessor-Icon anklicken und im CAM-Prozessor-Fenster die Datei *gerber.cam* über das Menü *Datei/Öffnen/Job* selektieren.

Falls Sie den CAM-Prozessor über das Control Panel gestartet haben, laden Sie noch die Board-Datei *demo3.brd*, von der die Gerber-Daten erzeugt werden sollen:

⇒ *Datei/Öffnen/Board* und •• *demo3.brd*

Klicken sie die Schaltfläche *Job ausführen* an, und bestätigen Sie die beiden Meldungen *Löschen Sie die Datei name.\$\$\$...* und *Mehr als ...* mit • *OK*.

Jetzt werden alle erforderlichen Dateien in das Projektverzeichnis (in dem sich die Platinen und Schaltungen Ihres Projektes befinden) geschrieben.

Die Dateien haben folgende Bedeutung:

demo3.cmp	Bestückungsseite
demo3.sol	Lötseite
demo3.plc	Bestückungsdruck
demo3.stc	Lötstopmaske f. Bauteilseite
demo3.sts	Lötstopmaske f. Lötseite
demo3.whl	Blendentabelle
demo3.gpi	Infodatei, nicht relevant
demo3. \$\$\$	Temporäre Datei, löschen

Die ersten sechs Dateien schicken Sie Ihrem Leiterplattenhersteller.

Bohrdaten erzeugen

Zusätzlich müssen Sie noch Bohrdaten erzeugen lassen. Dazu verwenden Sie den Job *excellon.cam*. Dieser Job besteht nur aus einem einzigen Schritt. Der EXCELLON-Treiber erzeugt eine Datei, die Bohrkoordinaten und Bohrertabelle gemeinsam enthält. Die Ausgabedatei hat die Endung *.drr*.

Diese geben Sie gemeinsam mit den Gerberdateien an den Leiterplatten-Hersteller weiter.

Weitere Informationen finden Sie in den CAM-Prozessor-Hilfe-Seiten und im Referenz-Handbuch.

Weitere Fertigungsdaten

EAGLE stellt eine Reihe von sogenannten User-Language-Programmen zur Verfügung, mit denen es möglich ist, verschiedenste Daten zu erzeugen. Darunter auch Daten für Bestückungsautomaten, Testautomaten, Statistikdaten für den Leiterplatten-Hersteller (wie viele Bohrungen, Bauteile, Layer usw.), Stücklisten oder auch Daten zur Erstellungen von Prototypen mit einer Fräsmaschine.

Im *User-Language-Programs*-Zweig der Baum-Ansicht im Control Panel finden Sie eine Auflistung aller ULPs. Klicken Sie auf die einzelnen Einträge, um die Beschreibung der Programme zu sehen.

Weitere Informationen zur EAGLE-User-Language finden Sie auch im nächsten Kapitel.

19 Datenaustausch

Die EAGLE-User-Language

EAGLE enthält eine integrierte, C-ähnliche Benutzersprache in Form eines Interpreters. Sie lässt den Zugriff auf beliebige Daten (in EAGLE oder auch extern) zu. Damit steht ein leistungsfähiges Werkzeug für die Erzeugung beliebiger Ausgabeformate und ein flexibles Importwerkzeug zur Verfügung. Ein anschauliches Beispiel ist die Datei *bom.ulp* zur Erzeugung von Stücklisten.

Mit Hilfe der User-Language lassen sich auch benutzerspezifische Befehle realisieren, die mit Hilfe des ASSIGN-Befehls sogar eigenen Tasten zugeordnet werden können.

Sehen Sie sich die Dateien mit der Extension **.ulp* und den entsprechenden Abschnitt der Hilfe-Funktion an, um einen Eindruck von den Möglichkeiten der User-Language zu bekommen.

Zusätzliche User-Language-Programme finden Sie auch auf unseren Internet-Seiten: <http://www.cadsoft.de/download.htm>

Script-Dateien — Eine flexible Eingabeschnittstelle

Script-Dateien sind Textdateien, die beliebige EAGLE-Befehle enthalten können (siehe SCRIPT-Befehl). So können beispielsweise bestimmte Befehlssequenzen, die immer wieder verwendet werden sollen, über eine Script-Datei gestartet werden. Damit steht ein flexibles Eingabeinterface zur Verfügung, dessen Definition sich aus der Syntax-Beschreibung der EAGLE-Befehle ergibt (siehe Hilfe-Funktion).

Starten Sie den Bibliotheks-Editor und verwenden Sie nach dem Öffnen einer Bibliothek den Befehl EXPORT SCRIPT, um eine Scriptdatei zu erzeugen. Sie dient als gutes Beispiel, um mit der EAGLE-Befehls-Syntax vertraut zu werden.