

EAGLE

EINFACH ANZUWENDENDER GRAFISCHER LAYOUT-EDITOR

Handbuch

ab Version 3.55



2. Auflage

Copyright © 1999 CadSoft

Alle Rechte vorbehalten

So können Sie uns erreichen:

Vertrieb: +49 8635 6989-10
Vertrieb@CadSoft.de
Hotline: +49 8635 6989-30
Hotline@CadSoft.de
Fax: +49 8635 6989-40
Web: <http://www.CadSoft.de>

Unsere Hotline steht unseren Kunden kostenlos zur Verfügung.

Mo - Do: 9:00 bis 12:00 und 13:00 bis 16:00 Uhr

Freitag: 9:00 bis 13:00 Uhr

CadSoft Computer GmbH

Hofmark 2

D-84568 Pleiskirchen

Vorbemerkung	5
Begriffe und ihre Verwendung in EAGLE	6
EAGLE-Module und -Zusatzprogramme	7
EAGLE Light, Standard und Professional	7
Wenn Sie nur den Layout-Editor erworben haben	7
Schaltplan- und Autorouter-Modul	7
Das Control Panel	8
Kontext-Menü	9
Icon selektieren	9
File-Menü	9
Options-Menü	10
Window-Menü	11
Help-Menü	12
Das Schaltplan-Editor-Fenster	13
Wie Sie detaillierte Informationen zu einem Befehl erhalten	14
Die Action-Toolbar	15
Die Befehle der Schaltplan-Kommando-Toolbar	16
Befehle, die nicht über die Kommando-Toolbar erreichbar sind	19
Maustasten	21
Das Layout-Editor-Fenster	22
Befehle der Layout-Kommando-Toolbar	23
Das Bibliotheks-Editor-Fenster	27
Package, Symbol, Device laden, löschen oder umbenennen	28
Der Package-Editier-Modus	29
Der Symbol-Editier-Modus	30
Reale Bausteine aus Symbolen und Packages entwerfen	31
Der CAM-Prozessor-Dialog	33
Daten ausgeben	34
Das Texteditor-Fenster	35
Alternative Befehlseingabe	36
Die EAGLE-Kommandosprache	38
Raster und aktuelle Einheit	41
Namen und automatische Namensgebung	42
Script-Dateien und Datenimport	43
Datenexport	44
EAGLE individuell konfigurieren	45
Die EAGLE-User-Language	46
Forward&Back-Annotation	47
Vom Schaltplan zur fertigen Platine	48
Schaltplan erstellen	48

Was im Schaltplan-Editor zu beachten ist	49
Vorüberlegungen zur Platinenerstellung	51
Platine erstellen	52
Multilayer-Platinen	53
Signal-Layer	53
Versorgungs-Layer mit einem Signal	53
Masseflächen und Versorgungs-Layer mit mehreren Signalen	54
Bauteilentwurf an Beispielen erklärt	55
Widerstands-Package	56
Widerstands-Symbol	59
Widerstands-Device	62
Beschriftung von Schaltplansymbolen	64
Gespiegelte Layer	65
Supply-Symbole	66
Versorgungs-Pins von Bauelementen	68
Pins mit gleichen Namen	70
Mehr zum Parameter Addlevel	71
Relais: Spule und erster Kontakt müssen plaziert werden	72
Stecker: Einzelne Anschlußflächen sollen entfallen können	72
Stecker mit Befestigungsloch und Sperrfläche	74
Zeichnungsrahmen	75
Erstellen der Fertigungsunterlagen	76
Welche Dateien erhält der Platinenhersteller?	76
Dateien, die mit dem CAM-Prozessor erzeugt werden	77
Zusätzliche Informationen für den Platinenhersteller	78
Ausgabe-Parameter einstellen	79
Blenden-Konfigurations-Datei mit gleichen Einheiten	82
Automatisieren der Ausgabe mit CAM-Prozessor-Jobs	83
Erstellen eines eigenen Device-Treibers	84
Filmerstellung über PostScript-Dateien	85
Gerber-Dateien für Fotoplotter mit variablem Blendenteller	86
Gerber-Dateien für Fotoplotter mit festem Blendenteller	89
Bohrdaten und Bohrplan	93
Der Autorouter	95
Prinzipielle Möglichkeiten	95
Steuerung des Autorouters	96
Steuerparameter und ihre Bedeutung	97
Was ist vor dem Routen in der Steuerdatei festzulegen	98
Überlegungen zum Raster	100
Überlegungen zu den Vorzugsrichtungen	102
Sperrflächen für den Autorouter definieren	102
Einfluß der Kostenfaktoren auf den Routing-Prozeß	103
Zahl der Ripup/Retry-Versuche	105
Backup und Unterbrechen des Routens	106
Das Autorouter-Menü	107
Polygone als Versorgungslagen	109
Informationen für den Anwender	110

Vorbemerkung

Dieses Handbuch soll Ihnen den grundsätzlichen Umgang mit dem Programmpaket EAGLE und die theoretischen Zusammenhänge vermitteln.

Eine Anleitung für den schnellen Einstieg in den praktischen Umgang mit dem Programm enthält das Trainings-Handbuch. Dort finden Sie auch eine Auflistung der wichtigsten Eigenschaften von EAGLE.

Informationen, die man typischerweise kurz nachschlägt, um wichtige Details zu erfahren, wurden in die Help-Seiten des Programms verlagert, z. B. die detaillierte Erklärung aller EAGLE-Kommandos oder der EAGLE-User-Language. Damit ist dieses Handbuch wesentlich übersichtlicher geworden, und wichtige Informationen sind aktueller als in gedruckter Form.

Begriffe und ihre Verwendung in EAGLE

Airwire: Direkte, noch nicht verlegte Verbindung zwischen zwei Punkten in einer Platine (= Luftlinie).

Default: Voreinstellung.

Board: Gleichbedeutend mit Platine oder Layout.

Electrical Rule Check (ERC): Bestimmte Verletzungen von elektrischen Grundsätzen kann ein Programm mit dem Electrical Rule Check erkennen. Beispiele: nicht angeschlossene Pins oder mehrere Ausgänge, die miteinander verbunden sind.

Design Rule Check (DRC): Design Rules sind Kriterien, die der Entwickler für sein Layout festlegt, z. B. Mindestabstände zwischen Leiterbahnen, die Breite der Leiterbahnen oder Mindest- und Maximalmaße für Durchkontaktierungen. Mit dem DRC werden diese Kriterien überprüft.

Gate: In diesem Handbuch wird an verschiedenen Stellen von Gate gesprochen, da der Aufbau einer Bibliothek am Beispiel eines Bausteins (Device) mit mehreren Gattern (Gates) leicht zu begreifen ist. Ein Gate ist der Teil eines Bausteins, der individuell in einem Schaltplan platziert werden kann, also z. B. ein Gatter eines Logikbausteins, aber auch die Spule eines Relais, wenn sie getrennt platziert werden kann.

Grid: Gleichbedeutend mit Raster.

Hole: Bohrung ohne Durchkontaktierung, z. B. für Befestigungslöcher.

Layer: Zeichenebene; EAGLE kennt 255 Layer (nicht identisch mit den physikalischen Layern der Platine).

Net: Elektrische Verbindung im Schaltplan.

Package: Packages (Gehäuse) sind in einer Bibliothek gespeichert.

Pad: Durchkontaktierter Anschluß eines Package.

Pin: Anschluß eines Schaltplansymbols.

Ratsnest: Befehl, der die Länge von Airwires zwischen mehreren Anschlußpunkten minimiert.

Sheet: Blatt eines Schaltplans.

Signal: Elektrische Verbindungen im Board.

Symbol: Schaltplandarstellung eines Bauteils, die in einer Bibliothek definiert wird.

Via: Durchkontaktierung zum Wechsel der Ebene für eine Leitung.

Wire: Linie oder elektrische Verbindung im Board.

EAGLE-Module und -Zusatzprogramme

EAGLE Light, Standard und Professional

EAGLE wird in den verschiedenen Leistungs-/Preisklassen (Editionen) Light, Standard und Professional angeboten. Welche Einschränkungen für Light und Standard gelten, finden Sie in der Help-Funktion unter *Lizenz*. Leistungsangaben in diesem Handbuch beziehen sich auf die Professional Edition.

Wenn Sie nur den Layout-Editor erworben haben

Die Grundauführung von EAGLE enthält den Layout-Editor, mit dem Sie Platinen entwerfen können. Darin enthalten sind der Bibliotheks-Editor, der CAM-Prozessor und ein Texteditor. Mit dem Bibliotheks-Editor können Sie in der Grundauführung nur Gehäuse (keine Schaltplansymbole) bearbeiten. Der CAM-Prozessor ist das Ausgabeprogramm, mit dem Sie die Fertigungsdaten (z. B. Fotoplot- und Bohrdateien) erzeugen.

Außerdem sind die Zusatzprogramme XPAD, XCONVERT und ELC enthalten, mit deren Hilfe Sie Pads in Platinen und Bibliotheken ändern, Netzlisten in das EAGLE-Script-Format konvertieren sowie OrCAD-Bibliotheken in das EAGLE-Format konvertieren können. Siehe Dateien *.TXT in Ihrem EAGLE-Unterverzeichnis ..\DOC.

Schaltplan- und Autorouter-Modul

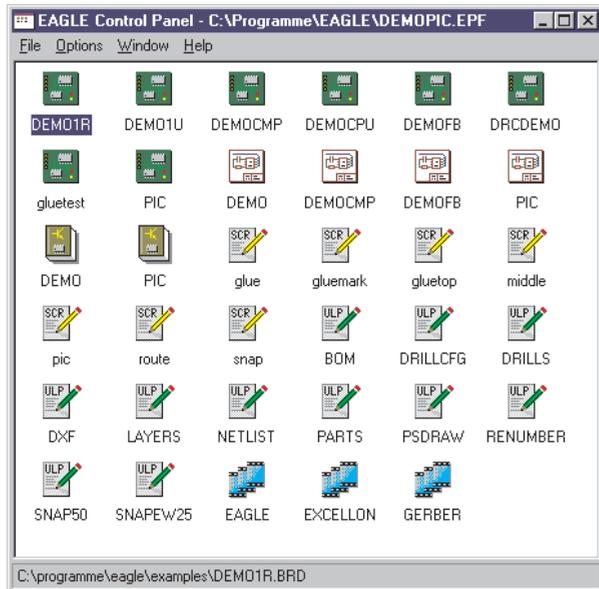
Als Zusätze sind ein Schaltplan- und ein Autorouter-Modul verfügbar. Modul deshalb, weil sich EAGLE auch mit Zusatz-Modul(en) immer so verhält wie ein in sich geschlossenes Programm. Auch die Bedienung ist immer einheitlich.

Wenn Sie das Schaltplan-Modul besitzen, können Sie mit einem Mausklick die zugehörige Platine erzeugen. EAGLE wechselt dann in den Layout-Editor, wo die Bauelemente mit den Luftlinien (Sollverbindungen) neben einer Leerplatine platziert sind. Von da an können Sie wie gewohnt im Layout-Editor weiterarbeiten. Schaltplan und Layout werden von EAGLE automatisch konsistent gehalten (Forward&Back-Annotation). Schaltpläne können aus maximal 99 Einzelblättern (Sheets) bestehen.

Ist das Autorouter-Modul vorhanden, dann haben Sie im Layout-Editor die Möglichkeit, vorher definierte Sollverbindungen (dargestellt als Luftlinien) automatisch verdrahten zu lassen. Dabei können Sie einzelne Netze, Gruppen von Netzen oder alle noch nicht gerouteten Verbindungen dem Autorouter übergeben (AUTO-Befehl).

Das Control Panel

Das Control Panel, das nach dem Aufruf des Programms erscheint, ist EAGLEs Steuerzentrale, von wo aus Schaltungen, Layouts, Bibliotheken oder Textdateien, Script- oder User-Language-Programme (ULP) geöffnet werden können. Außerdem läßt sich der CAM-Prozessor vom Control Panel aus aufrufen.



Das Control Panel ähnelt einem Ordner, wie er von Windows her bekannt ist. Die Objekte, symbolisiert durch Icons, können sich aber in unterschiedlichen Verzeichnissen befinden.

Die Icons haben folgende Bedeutung:



Platine



Schaltung



Bibliothek



CAM-Job



Script-Datei



ULP

Kontext-Menü

Wenn Sie ein solches Icon mit der rechten Maustaste anklicken, erscheint ein Kontext-Menü, das Ihnen folgende Möglichkeiten anbietet:

Open:	Datei öffnen.
Print:	Datei drucken.
Copy:	Datei kopieren.
Rename:	Datei umbenennen.
Delete:	Datei löschen.

Wenn Sie Help anklicken, erhalten Sie detailliertere Informationen darüber.

Icon selektieren

Wenn Sie ein Objekt-Icon mit der linken Maustaste anklicken, erscheint in der Statuszeile der Dateiname mit kompletter Pfadangabe.

Ein Doppelklick mit der linken Maustaste öffnet ein entsprechendes Editor-Fenster oder den CAM-Prozessor und lädt die Datei.

File-Menü

Das File-Menü enthält folgende Einträge:

New

Erzeugt eine neue Datei des Typs Layout (Board), Schaltplan (Schematic), Bibliothek (Library), CAM-Job, ULP, Script oder Text.

Die Default-Verzeichnisse für die einzelnen Dateitypen werden im Menü Options/Directories festgelegt.

Außerdem läßt sich unter dem Menüpunkt *New* eine neue Projektdatei anlegen.

CAM-Jobs sind Ablaufvorschriften für die Erzeugung von Ausgabedaten, die mit Hilfe des CAM-Prozessors definiert werden.

Script- und ULP-Dateien sind Textdateien, die Befehlssequenzen der EAGLE-Kommandosprache bzw. User-Language-Programme enthalten. Sie lassen sich mit dem EAGLE-Texteditor oder mit anderen Texteditoren erzeugen und bearbeiten.

Open

Bereits existierende Dateien der genannten Typen lassen sich damit öffnen. Für die Default-Verzeichnisse gilt das oben Gesagte.

Save Project as

Eine Projektdatei wird unter einem anderen Namen abgespeichert.

Default-Verzeichnis für Projektdateien ist das aktuelle Verzeichnis (Current Directory). Falls Sie mit Windows arbeiten, finden Sie dieses Verzeichnis, wenn Sie das EAGLE-Icon mit der rechten Maustaste anklicken und *Eigenschaften/Verknüpfung* (Feld: *Arbeitsverzeichnis*) auswählen.

Save all

Alle geöffneten Dateien werden abgespeichert.

CAM Processor

Der CAM-Prozessor wird aufgerufen.

Exit

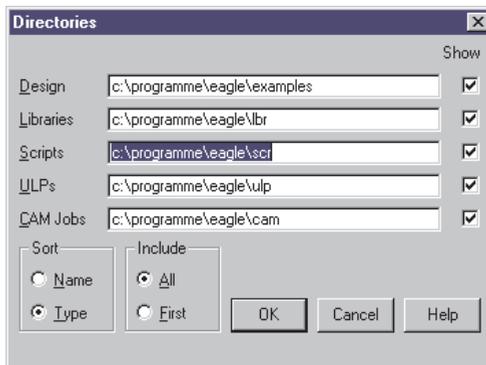
Das Programm wird beendet. Beim nächsten Aufruf wird der momentane Zustand wieder hergestellt. Das heißt, die Anordnung der Fenster und die in der Projektdatei gespeicherten Betriebsparameter bleiben unverändert.

Mit Alt-X können Sie das Programm von jedem EAGLE-Programmteil aus verlassen, ohne daß der augenblickliche Status verlorengeht.

Options-Menü

Directories

In der Directories-Dialog-Box werden die Default-Verzeichnisse für bestimmte EAGLE-Dateien eingetragen. Mehrere Verzeichnisse können, durch Strichpunkt getrennt, eingetragen werden. Ausnahme: Es ist nur ein Design-Directory erlaubt. Dieses Verzeichnis enthält die Schaltpläne und Platinen eines Projekts. Auch für den Texteditor ist das Design-Directory das Default-Verzeichnis.



Ist die Check-Boxen rechts neben einem Directory-Feld markiert, werden die entsprechenden Dateien als Icon im Control Panel angezeigt.

Mit dem Radio-Button *All* legt man fest, daß die Dateien aller in einem Feld eingetragenen Verzeichnisse als Icons erscheinen sollen. Ist *First* markiert, dann werden nur die Dateien des ersten Verzeichnisses dargestellt.

Mit den Radio-Buttons *Name* und *Type* legt man fest, ob die Icons nach dem Namen oder nach dem Typ (Extension) sortiert werden sollen.

Backup

Beim Abspeichern von Dateien legt EAGLE eine Backup-Kopie an. Im Backup-Dialog (Feld: *Maximum backup level*) können Sie einstellen, wie viele Backup-Kopien maximal angelegt werden (Default: 9). Die Backup-Dateien werden durch die Dateiendungen unterschieden und fortlaufend numeriert. Schaltplan-Dateien erhalten die Endung S#x, Board-Dateien B#x und Bibliotheks-Dateien L#x, wobei x = 1 bis 9 sein kann. Die Datei mit x=1 ist die jüngste Sicherung.

Wird die Option *Automatically save project file* gewählt, wird Ihr Projekt automatisch gesichert, wenn Sie das Programm verlassen, vorausgesetzt Sie haben eine Projekt-Datei angelegt.

User Interface

Der User-Interface-Dialog ermöglicht es, das Erscheinungsbild der Editor-Fenster für Layout, Schaltplan und Bibliothek den eigenen Vorstellungen anzupassen. Änderungen an diesen Einstellungen gelten erst für neu geöffnete Fenster!

Bitte klicken Sie den Help-Button in diesem Dialog-Fenster an, um detailliertere Informationen zu erhalten.

Window-Menü

Im Window-Menü wählen Sie das Fenster (Schaltplan, Platine etc.) aus, das in den Vordergrund geholt werden soll. Die Zahl vor der Bezeichnung des Fensters gibt die Fensternummer an. In Verbindung mit der Alt-Taste erlaubt Sie den direkten Aufruf eines Fensters (z. B.: Alt+1 ruft Fenster Nummer 1 auf).

Die Kombination Alt+0 an beliebiger Stelle im Programm öffnet ein Popup-Menü mit der Liste aller verfügbaren Fenster.

Help-Menü

Aus dem Help-Menü rufen Sie die EAGLE-Help-Funktion auf. Außerdem können Sie von hier aus eine neue Lizenz installieren, falls Sie einen Upgrade erworben haben (Product registration) oder Informationen zur Programmversion abrufen (Product information).

Product registration

Der Registrierungs-Dialog wird automatisch aufgerufen, wenn Sie EAGLE zum erstenmal starten. Falls Sie einen Upgrade erworben haben, müssen Sie den Dialog über das Help-Menü starten und die erforderlichen Einträge gemäß der Beschreibung in der Help-Seite *Lizenz/Produkt-Registrierung* vornehmen.

Product information

Die Angaben, die nach Aufruf dieses Menüpunktes erscheinen, sollten Sie uns mitteilen, wenn Sie unseren technischen Support in Anspruch nehmen.

Das Schaltplan-Editor-Fenster

Wenn Sie einen bestehenden Schaltplan laden oder einen neuen Schaltplan anlegen, öffnet sich das Fenster des Schaltplan-Editors.

An seinem oberen Rand enthält die **Titelzeile** den Namen der Datei.

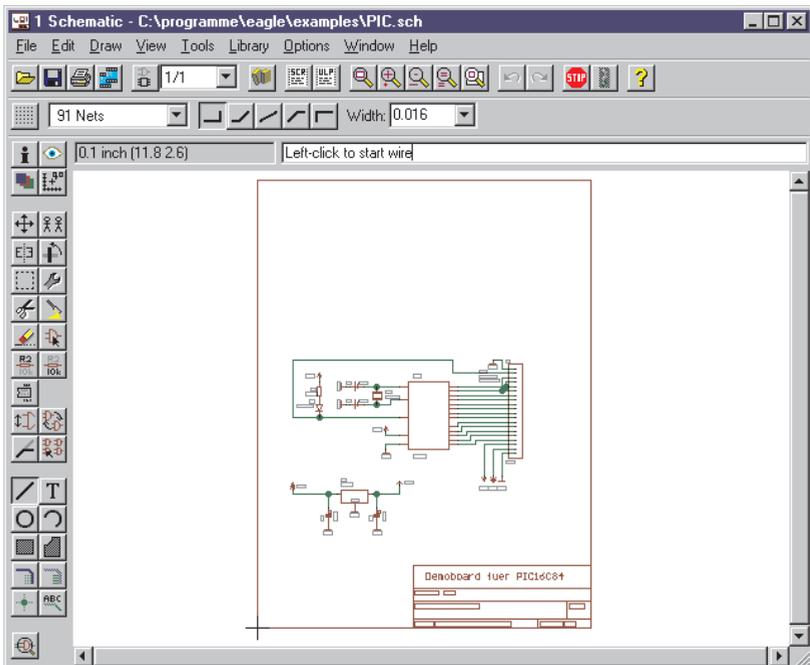
Darunter befindet sich die **Menüleiste**.

Unter der Menüleiste befindet sich die **Action-Toolbar**.

In der nächsten Zeile erscheint die **Parameter-Toolbar**, sie enthält unterschiedliche Icons, je nachdem, welcher Befehl aktiviert ist.

Über der Arbeitsfläche finden Sie links die **Koordinatenanzeige** und rechts davon die **Kommandozeile**. In der Kommandozeile erscheinen Anweisungen an den Benutzer, falls ein Befehl aktiviert ist. Ihr eigentlicher Zweck ist die Eingabe von Befehlen in Textform. EAGLE läßt sich auf unterschiedliche Weise bedienen: per Mausklick (Icons, Menüpunkte), per Funktionstasten, per Textbefehl über die Tastatur oder Befehlsdatei (Script-Datei).

Links neben der Arbeitsfläche befindet sich die **Kommando-Toolbar**, in der die meisten Befehle des Schaltplan-Editors als Icon verfügbar sind.



Wie Sie detaillierte Informationen zu einem Befehl erhalten

Bubble Help oder Tool Tips

Wenn sich der Mauscursor eine gewisse Zeit über einem Icon befindet, erscheint eine kurze Erklärung, die in fast allen Fällen mit dem Namen des entsprechenden EAGLE-Befehls beginnt.

Beispiel: *Wire: draw lines*



Help-Funktion

Wenn Sie mehr über einen Befehl, z. B. den WIRE-Befehl, erfahren möchten, klicken Sie dessen Icon in der Kommando-Toolbar an, dann klicken Sie das Icon der Help-Funktion an.

Alternativ dazu können Sie auch

HELP WIRE ←

in die Kommandozeile eintippen. Das Zeichen ← symbolisiert die Enter-Taste.

Die Syntax der EAGLE-Kommandosprache wird in einem eigenen Abschnitt erklärt.

Befehls-Parameter

Viele EAGLE-Befehle erfordern die Eingabe zusätzlicher Parameter. Die Befehlsbeschreibungen in den Help-Seiten erklären die textuelle Parameter-Eingabe (Kommandozeile, Script-Datei).

Die meisten Parameter lassen sich auch mit der Maus über die Parameter-Toolbar eingeben, die sich abhängig vom aktivierten Befehl ändert. Auch zu diesen Icons erhält man eine kurze Bubble-Help-Erklärung.

Hier die Parameter-Toolbar bei aktivem WIRE-Befehl.



Links ein Auswahlmengü für fest vorgegebene Parameter (in diesem Fall Zeichnungs-Layer). In der Mitte Buttons für den Knickwinkel des Wires. Rechts ein Werte-Menü, in das Sie auch direkt einen bestimmten Wert eintragen können.



GRID-Befehl: Dieses Icon ist immer zugänglich. Es dient zum Einstellen des Rasters und der aktuellen Einheit. Alle Wertangaben beziehen sich auf die aktuelle Einheit.

Die Action-Toolbar



Datei öffnen, Datei speichern, Datei drucken, CAM-Prozessor aufrufen, zugehöriges Board-Fenster öffnen (BOARD-Befehl).



Anderes Schaltplanblatt (Sheet) laden oder neu anlegen.



USE-Befehl: Bibliothek laden, um anschließend daraus Symbole mit dem ADD-Befehl in den Schaltplan holen zu können.



SCRIPT-Befehl: Script-Datei ausführen. Damit können Sie eine beliebige Sequenz von EAGLE-Befehlen per Mausklick ausführen.



RUN-Befehl: User-Language-Programm starten.



WINOW-Befehl: Die Icons entsprechen unterschiedlichen Betriebsarten des Befehls – Zeichnung in Arbeitsfläche einpassen (Alt-F2), Hineinzoomen (F3), Herauszoomen (F4), Bildschirm auffrischen (F2), Neuen Zeichnungsausschnitt wählen.



Befehle **UNDO** und **REDO**: Damit können Sie die bisherigen Befehle zurücknehmen oder erneut ausführen. Funktionstasten: F9 und F10 (Voreinstellung).



Damit brechen Sie die Ausführung von EAGLE-Befehlen ab.



Wenn dieses Icon aktiviert ist, können Sie den gegenwärtigen Befehl ausführen, indem Sie es anklicken.

Die Befehle der Schaltplan-Kommando-Toolbar



INFO

Gibt Auskunft über das anschließend selektierte Objekt.



SHOW

Stellt das anschließend selektierte Objekt heller dar.



DISPLAY

Blendet Zeichen-Layer ein und aus. Die Help-Seiten geben Auskunft über die Bedeutung der Layer.



MARK

Der anschließende Mausklick definiert den neuen Nullpunkt für die Koordinatenanzeige. Wenn Sie erst das MARK-Icon und anschließend das Ampel-Icon anklicken, bezieht sich die Koordinatenanzeige wieder auf den absoluten Nullpunkt der Zeichnung.



MOVE

Bewegen beliebiger sichtbarer Objekte. Die rechte Maustaste rotiert das Objekt am Cursor.

Wird ein Netz über einen Pin bewegt, entsteht keine elektrische Verbindung. Bewegt man ein Gate mit einem Pin über ein Netz oder einen anderen Pin, entsteht eine Verbindung.

Gruppen von Objekten lassen sich so bewegen: Gruppe mit GROUP definieren, MOVE-Icon anklicken, anschließend mit rechter Maustaste selektieren und bewegen. Während die Gruppe am Cursor hängt, kann sie mit der rechten Maustaste rotiert werden.



COPY

Objekte kopieren.



MIRROR

Objekte spiegeln.



ROTATE

Objekte rotieren (auch mit MOVE möglich).



GROUP

Gruppe definieren, die anschließend z. B. bewegt, rotiert oder mit CUT und PASTE in eine andere Zeichnung kopiert werden soll. Nachdem das Icon angeklickt wurde, kann man die Gruppe entweder durch Aufziehen eines Rechtecks oder durch ein Polygon (Klicks mit

der linken Maustaste; Schließen des Polygons mit der rechten Maustaste) definieren.



CHANGE

Nachträgliches Ändern von Objekt-Eigenschaften, z. B. der Breite einer Leitung oder der Größe eines Textes. Siehe Help-Funktion.



CUT

Die Objekte einer vorher definierten Gruppe werden in den Pasterbuffer übertragen. Siehe PASTE-Befehl. Kein Zusammenhang mit der Windows-Cut-Funktion.



PASTE

Objekte aus dem Pasterbuffer werden in die Zeichnung eingefügt. Einschränkungen siehe Help-Funktion. Kein Zusammenhang mit der Windows-Paste-Funktion.



DELETE

Löschen von sichtbaren Objekten.



ADD

Hinzufügen von Bibliotheks-Elementen zur Zeichnung. Vorher muß mindestens eine Bibliothek mit USE geladen worden sein.



NAME

Namen für Bauteile, Netze oder Busse vergeben.



VALUE

Werte für Bauteile vergeben. Bei ICs wird als Wert im allgemeinen die Bausteinbezeichnung (z. B. 7400) verwendet.



SMASH

Löst die Texte für den Namen und den Wert von Bauteilen ab, so daß sie individuell plaziert und in ihrer Größe geändert werden können.



PINSWAP

Tauscht die an gleichwertige Pins eines Bauelements angeschlossenen Netze. Voraussetzung: Die Pins müssen mit gleichem Swaplevel definiert sein.



GATESWAP

Tauscht gleichwertige Gates eines Bauelements. Voraussetzung: Die Gates müssen mit gleichem Swaplevel definiert sein. Gates sind in der

EAGLE-Dokumentation die Symbole eines Bausteins, die in der Schaltung individuell plaziert werden können.



SPLIT

Fügt einen Knick in eine Linie (Wire) ein.



INVOKE

Holen eines bestimmten Gates aus einem Baustein (z. B. Gate D vor Gate C). Wird auch benötigt, wenn man ein Gate aus einem Baustein plazieren will, der auf einem anderen Schaltplanblatt verwendet wurde. In diesem Fall ist der Name des Bausteins (z. B. IC1) in die Kommandozeile einzutippen, nachdem der INVOKE-Befehl aktiviert wurde.



WIRE

Zeichnen von Linien (der Name kommt daher, daß dieser Befehl im Layout-Editor für Wires, also elektrische Verbindungen, verwendet wird.



TEXT

Plazieren von Texten. Verwenden Sie CHANGE SIZE und CHANGE RATIO, um die Texthöhe und -stärke einzustellen. Mit CHANGE TEXT ändern Sie den Text selbst. Label-Texte ändern Sie, indem Sie mit dem NAME-Befehl dem Bus oder dem Netz einen anderen Namen zuweisen.



CIRCLE

Zeichnen von Kreisen.



ARC

Zeichnen von Kreisbögen.



RECT

Zeichnen von Rechtecken.



POLYGON

Zeichnen von Polygonen.



BUS

Zeichnen von Buslinien. Ein Bus hat keine logische Bedeutung. Er stellt lediglich ein Zeichenelement dar. Nur Netze stellen elektrische Verbindungen her. Allerdings lassen sich Netze direkt aus Bussen "herausziehen".

**NET**

Zeichnen von Netzen. Netze mit gleichem Namen sind elektrisch verbunden (auch wenn sie sich auf verschiedenen Schaltplanblättern befinden). Optische Verbindungen zwischen Netzen und Pins sind nicht notgedrungen elektrisch verbunden. Bitte mit SHOW-Befehl oder per Netzliste (EXPORT) prüfen. Siehe auch MOVE-Befehl.

**JUNCTION**

Symbol für Netzverbindung platzieren.

**LABEL**

Den Namen eines Busses oder Netzes als Label platzieren. Labels werden nicht mit CHANGE TEXT geändert, sondern mit dem NAME-Befehl.

**ERC**

Electrical Rule Check und Konsistenzprüfung von Schaltung und Platine durchführen.

Befehle, die nicht über die Kommando-Toolbar erreichbar sind

Menüpunkte, die bereits beim Control Panel erklärt wurden, werden hier nicht mehr angesprochen.

Die folgenden Befehle können Sie textuell in die Kommandozeile eingeben. Einige davon sind auch über die Menüleiste zugänglich.

CLOSE

Textbefehl zum Schließen des Bibliotheks-Editors.

EDIT

Textbefehl zum Laden von Dateien. Sie können z. B. vom Schaltplan-Editor aus eine Platine aufrufen.

WRITE

Textbefehl für das Abspeichern der geladenen Datei. Bitte beachten Sie, daß im Gegensatz zum Menüpunkt *Save as* im Editor weiterhin die bisherige Datei bearbeitet wird, nicht die unter einem neuen Namen abgespeicherte Datei.

OPEN

Textbefehl der eine Bibliothek zur Bearbeitung öffnet. Nicht identisch mit dem Menüpunkt *File/Open* des Editor-Fensters, der im Falle des Schaltplan-Editors nur Schaltpläne zum Öffnen anbietet. Alternative zum *File*-Menü des Control Panels.

DIR

Inhalt eines Verzeichnisses anzeigen.

QUIT

EAGLE verlassen. Identisch mit Menüpunkt *File/Exit* bzw. Alt-X.

PRINT

Aufruf des Windows-Druckdialogs. Damit erstellt man im allgemeinen Schaltpläne oder Ausdrücke zur Überprüfung der Fertigungsunterlagen. Die eigentlichen Fertigungsdaten werden mit dem CAM-Prozessor erstellt. Wenn Sie Ihre Zeichnung schwarzweiß ausgeben wollen, markieren Sie die Option *Black* (und eventuell auch *Solid*). Wenn Sie *Caption* (zu erreichen über den *Page*-Button) abschalten, verhindern Sie, daß eine Bildunterschrift gedruckt wird. Setzen Sie *Page limit* auf 1, wenn Sie die Zeichnung auf maximal einer Seite ausgeben wollen.

EXPORT

Ausgabe von Listen (insbesondere Netzlisten), Inhaltsverzeichnissen und Script-Dateien.

ASSIGN

Belegen von Funktionstasten. Am bequemsten über das Menü *Options/Assign* möglich.

MENU

Inhalt bestimmter Menüs festlegen.

SET

Einstellen von System-Parametern und Betriebsarten. Am bequemsten über das Menü *Options/Set* möglich. Allerdings sind nicht alle Möglichkeiten über diesen Dialog zugänglich. Voreinstellungen können in der Script-Datei EAGLE.SCR mit Textbefehlen vorgenommen werden.

LAYER

Zeichen-Layer festlegen und neue Layer definieren. In Zeichenbefehlen wechselt man den Layer per Mausklick in der Parameter-Toolbar.

REMOVE

Löschen von Dateien oder Schaltplanblättern.

```
REMOVE .S3 ←
```

löscht beispielsweise Blatt 3 des geladenen Schaltplans.

Maustasten

Die mittlere und rechte Maustaste haben in vielen Befehlen eine spezielle Bedeutung.

Voraussetzung für die Verwendung der mittleren Maustaste ist, daß Ihre Maus dem Betriebssystem als 3-Tasten-Maus bekannt ist.

Eine Tabelle mit den Befehlen, in denen die mittlere und rechte Maustaste eine Sonderfunktion übernehmen, finden Sie im Help-Kapitel *Tastatur und Maus*.

Selektieren von benachbarten Objekten

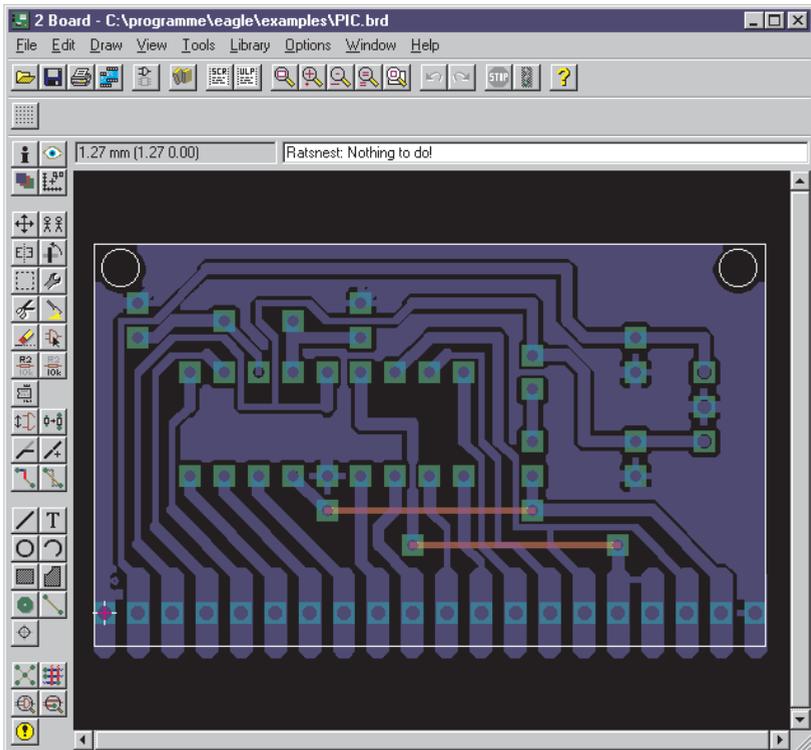
Beim Selektieren von Objekten, die nahe beieinander liegen, wird der Cursor als Vierfach-Pfeil dargestellt, und das erste in Frage kommende Objekt erscheint hell. Betätigen Sie die linke Maustaste, um die Auswahl zu bestätigen, und die rechte, um zum nächsten Objekt weiterzuschalten. Siehe hierzu auch Help (SET SELECT_FACTOR).

Das Layout-Editor-Fenster

Das Fenster des Layout-Editors öffnet sich, wenn Sie eine neue Platine (Board) anlegen oder eine bestehende Platinendatei öffnen. Wenn Sie das Schaltplan-Modul besitzen, werden Sie im allgemeinen zuerst eine Schaltung entwerfen und dann mit dem BOARD-Befehl bzw. mit dem Switch-to-board-Icon die zugehörige Platinendatei anlegen.

Der Aufbau des Layout-Editor-Fensters entspricht dem des Schaltplan-Editors. Auch wenn Sie nur den Layout-Editor besitzen, sollten Sie sich den vorangegangenen Abschnitt ansehen, da alle Angaben analog auch für den Layout-Editor gelten.

Lediglich die Befehle der Kommando-Toolbar werden hier noch einmal komplett aufgeführt, da sich gleichlautende Befehle im Schaltplan- und im Layout-Editor manchmal geringfügig unterscheiden.



Befehle der Layout-Kommando-Toolbar



INFO

Gibt Auskunft über das anschließend selektierte Objekt.



SHOW

Stellt das anschließend selektierte Objekt heller dar.



DISPLAY

Blendet Zeichen-Layer ein und aus. Bauteile auf der Top-Seite der Platine lassen sich nur selektieren, wenn der tOrigins-Layer eingeblendet ist. Entsprechendes gilt für Bauteile auf der Bottom-Seite der Platine und den bOrigins-Layer.

Die Help-Seiten geben Auskunft über die Bedeutung der Layer.



MARK

Der anschließende Mausklick definiert den neuen Nullpunkt für die Koordinatenanzeige. Wenn Sie erst das MARK-Icon und anschließend das Ampel-Icon anklicken, bezieht sich die Koordinatenanzeige wieder auf den absoluten Nullpunkt der Zeichnung.



MOVE

Bewegen beliebiger sichtbarer Objekte. Die rechte Maustaste rotiert das Objekt am Cursor.

Der MOVE-Befehl kann keine Signale verbinden, auch wenn ein Wire (geroutetes Leitungsstück) über einen anderen Wire oder über ein Pad bewegt wird. Verwenden Sie ROUTE oder WIRE zum Verlegen von Signalen.

Bewegen von Gruppen, siehe Schaltplan-Editor-Fenster.



COPY

Objekte kopieren.



MIRROR

Objekte spiegeln. Bauelemente kann man mit dem MIRROR-Befehl auf die andere Seite der Platine bringen.



ROTATE

Objekte rotieren (auch mit MOVE möglich).



GROUP

Gruppe definieren. Siehe Schaltplan-Editor.



CHANGE

Nachträgliches Ändern von Objekt-Eigenschaften, z. B. der Breite einer Leitung oder der Größe eines Textes. Siehe Help-Funktion.



CUT

Die Objekte einer vorher definierten Gruppe werden in den Pasterbuffer übertragen. Siehe PASTE-Befehl. Kein Zusammenhang mit der Windows-Cut-Funktion.



PASTE

Objekte aus dem Pasterbuffer werden in die Zeichnung eingefügt. Einschränkungen siehe Help-Funktion. Kein Zusammenhang mit der Windows-Paste-Funktion.



DELETE

Löschen von sichtbaren Objekten.

Ist eine Gruppe definiert, kann sie mit der rechten Maustaste gelöscht werden.

Wenn sich Objekte nicht löschen lassen, kann es sich um Fehlerpolygone des DRC-Befehls handeln (DRC CLEAR), oder es handelt sich um Bauelemente, und der tOrigins- bzw. bOrigins-Layer ist nicht eingeblendet.



ADD

Hinzufügen von Bibliotheks-Elementen zur Zeichnung. Vorher muß mindestens eine Bibliothek mit USE geladen worden sein.



NAME

Namen für Bauteile oder Signale vergeben.



VALUE

Werte für Bauteile vergeben. Bei ICs wird als Wert im allgemeinen die Bausteinbezeichnung (z. B. 7400) verwendet.



SMASH

Löst die Texte für den Namen und den Wert von Bauteilen ab, so daß sie individuell plaziert und in ihrer Größe geändert werden können.



PIN SWAP

Tauscht die an gleichwertige Pads eines Bauelements angeschlossenen Signale. Voraussetzung: Die entsprechenden Pins müssen mit gleichem Swaplevel definiert sein.

**REPLACE**

Gehäuse (Package) durch ein anderes aus einer beliebigen Bibliothek ersetzen.

**SPLIT**

Fügt einen Knick in eine Linie (Wire) ein.

**OPTIMIZE**

Faßt Wire-Segmente in den Signal-Layern, die in einer Linie liegen, zu einem Segment zusammen.

**ROUTE**

Signal manuell routen. Dabei werden Luftlinien (Airwires) in Wires verwandelt.

**RIPUP**

Verdrahtete in unverdrahtete Signale (Luftlinien) verwandeln. Polygondarstellung auf "Umriss".

**WIRE**

Zeichnen von Linien. In den Signal-Layern 1 bis 16 erzeugt der WIRE-Befehl elektrische Verbindungen.

**TEXT**

Plazieren von Texten. Verwenden Sie CHANGE SIZE und CHANGE RATIO, um die Texthöhe und -stärke einzustellen. Mit CHANGE TEXT ändern Sie den Text selbst.

**CIRCLE**

Zeichnen von Kreisen. In den Layern tRestrict, bRestrict und vRestrict erzeugt dieser Befehl Sperrflächen für den Autorouter.

**ARC**

Zeichnen von Kreisbögen.

**RECT**

Zeichnen von Rechtecken. In den Layern tRestrict, bRestrict und vRestrict erzeugt dieser Befehl Sperrflächen für den Autorouter.

**POLYGON**

Zeichnen von Polygonen.

Polygone in den Signal-Layern werden als Signale behandelt. Sie halten zu anderen Potentialen einen bestimmten Abstand ein (Copper

Pouring). Damit lassen sich unterschiedliche Signalflächen auf demselben Layer realisieren.

Versorgungs-Layer mit einem einzigen Signal realisiert man am besten durch Umbenennen eines Innen-Layers (2 bis 15). Will man beispielsweise einen Layer für das Signal GND anlegen, tauft man etwa den Layer 2 mit folgendem Befehl in \$GND um:

```
LAYER 2 $GND ←
```

Polygone in den Layern t/b/vRestrict sind Sperrflächen für den Autorouter.

Der POLYGON-Befehl bietet weitere Möglichkeiten (siehe Help).



VIA

Setzen einer Durchkontaktierung (Via-hole oder Via). Vias werden automatisch gesetzt, wenn beim ROUTE-Befehl die Ebene gewechselt wird. Mit NAME kann ein Via an ein bestimmtes Signal angeschlossen werden.



SIGNAL

Manuelle Definition eines Signals. Nicht möglich, wenn die Forward&Back-Annotation aktiv ist. Verbindungen sind dann im Schaltplan-Editor mit dem NET-Befehl zu definieren.



HOLE

Bohrung definieren.



RATSNEST

Kürzeste Luftlinien und reale Polygon-Darstellung berechnen. Die Polygon-Berechnung kann mit dem SET-Befehl (Menü *Options/Set/Misc*) abgeschaltet werden.



AUTO

Autorouter starten.



ERC

Konsistenzprüfung von Schaltung und Platine durchführen.



DRC

Design Rule Check durchführen.



ERRORS

Vom DRC gefundene Fehler anzeigen.

Das Bibliotheks-Editor-Fenster

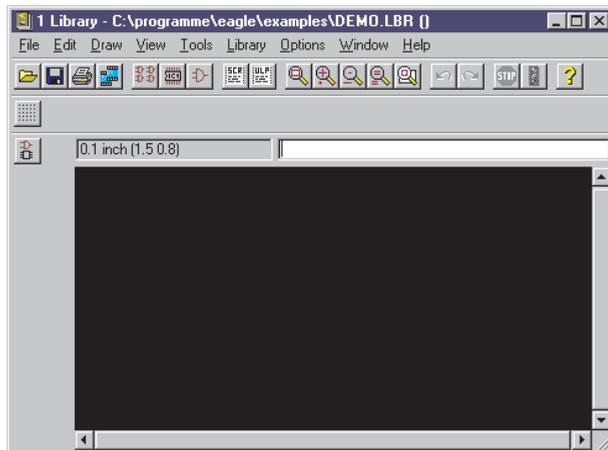
Das Bibliotheks-Editor-Fenster öffnet sich, wenn Sie eine Bibliothek zur Bearbeitung laden.

Wenn Sie keinen Schaltplan-Editor besitzen, können Sie nur Gehäuse (Packages) entwerfen oder editieren. Besitzen Sie auch den Schaltplan-Editor, dann können Sie auch Symbole und Devices bearbeiten.

Ein Device ist im allgemeinen ein vollständig definiertes Bauteil, das ein oder mehrere (auch unterschiedliche) Symbole sowie ein Package enthalten kann.

Eine Bibliothek muß nicht ausschließlich reale Bauelemente enthalten. Auch Symbole für Masse und Versorgungsspannungen oder Zeichnungsrahmen können als Device in einer Bibliothek gespeichert sein.

Wenn Sie eine Bibliothek öffnen, erscheint zunächst folgendes Fenster:



Package, Symbol, Device laden, löschen oder umbenennen



EDIT

Device oder Package (falls nur der Layout-Editor vorhanden ist) zur Bearbeitung laden.



Device laden, Package laden, Symbol laden.

REMOVE

Device/Package/Symbol aus Bibliothek löschen. Nur über *Library*-Menü oder Kommandozeile zugänglich. Siehe Help-Funktion.

RENAME

Device/Package/Symbol umbenennen. Nur über *Library*-Menü oder Kommandozeile zugänglich. Siehe Help-Funktion.

Der Package-Editier-Modus

Die in der Kommando-Toolbar zugänglichen Icons entsprechen denen des Schaltplan- und Layout-Editors.

Neues Package entwerfen

Plazieren Sie Pads (Anschlüsse mit Durchkontaktierung) oder Smd-Anschlußflächen mit Hilfe folgender Befehle, die nur im Package-Editier-Modus verfügbar sind.



PAD

Anschluß für bedrahtete Bauelemente plazieren. Siehe auch Abschnitt über automatische Namensgebung (Seite 42).



SMD

Smd-Pad plazieren. Siehe auch Abschnitt über automatische Namensgebung (Seite 42).

Ändern Sie gegebenenfalls mit dem CHANGE-Befehl die Pad- bzw. Smd-Namen.

Zeichnen Sie mit Hilfe der Befehle WIRE, ARC etc:

- das Symbol für den Bestückungsaufdruck in den tPlace-Layer,
- eventuelle Ergänzungen des Symbols für den Dokumentationsdruck in den tDocu-Layer.

Zeichnen Sie eventuelle Sperrflächen für den Autorouter mit Hilfe der Befehle CIRCLE, RECT oder POLYGON in die Layer tRestrict, bRestrict und vRestrict.

Plazieren Sie mit dem HOLE-Befehl Bohrungen, falls erforderlich.

Plazieren Sie mit dem TEXT-Befehl:

- den Text >NAME in den tNames-Layer als Platzhalter für den Bauelementenamen,
- den Text >VALUE in den tValues-Layer als Platzhalter für den Bauelemente-Wert

Aus einem vorhandenen Package neues entwerfen

Laden Sie das vorhandene Package, blenden Sie alle Layer ein, definieren Sie eine Gruppe (GROUP), die alle Objekte enthält, klicken Sie das CUT-Icon und anschließend den Zeichnungsnullpunkt.

Öffnen Sie ein neues Package, klicken Sie das PASTE-Icon an und anschließend den Zeichnungsnullpunkt.

Editieren Sie die Objekte nach Ihren Wünschen.

Der Symbol-Editier-Modus

Als Symbol definiert man die Teile eines Bausteins (Device), die man individuell plazieren möchte. Das können im Falle eines 7400 ein UND-Gatter und ein Versorgungsspannungssymbol (bestehend aus zwei Pins) sein, oder im Falle eines Widerstands lediglich das Widerstandssymbol.

Die in der Kommando-Toolbar zugänglichen Icons entsprechen denen des Schaltplan- und Layout-Editors.

Neues Symbol entwerfen

Zeichnen Sie mit Hilfe der Befehle WIRE, ARC etc. das Symbol für den Schaltplan in den Symbols-Layer.

Plazieren Sie die Pins mit Hilfe des folgenden Befehls, der nur im Symbol-Editier-Modus zugänglich ist:



PIN

Pins plazieren.

Weisen Sie direkt im PIN-Befehl oder nachträglich mit CHANGE den Pins geeignete Parameter zu (*Name, Direction, Function, Length, Visible, Swaplevel*). Die Pin-Parameter sind auf der Help-Seite des PIN-Befehls erklärt.

Plazieren Sie mit dem TEXT-Befehl:

- den Text >NAME in den Names-Layer als Platzhalter für den Bauelementenamen,
- den Text >VALUE in den Values-Layer als Platzhalter für den Bauelemente-Wert

Aus einem vorhandenen Symbol neues entwerfen

Laden Sie das vorhandene Symbol, blenden Sie alle Layer ein, definieren Sie eine Gruppe (GROUP), die alle Objekte enthält, klicken Sie das CUT-Icon und anschließend den Zeichnungsnullpunkt.

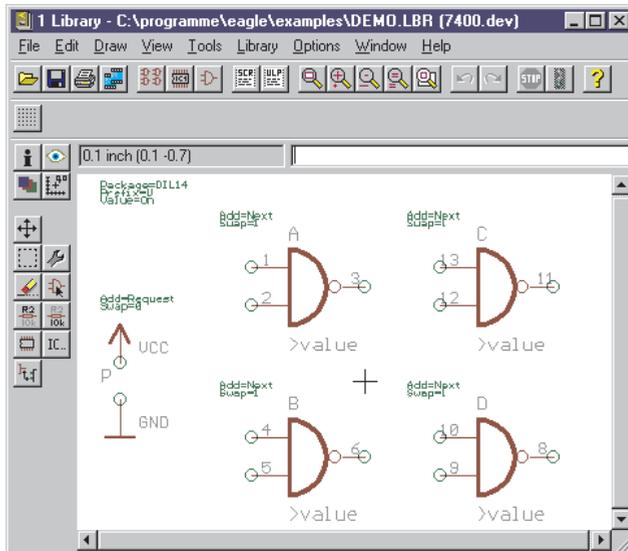
Öffnen Sie ein neues Symbol, klicken Sie das PASTE-Icon an und anschließend den Zeichnungsnullpunkt.

Reale Bausteine aus Symbolen und Packages entwerfen

Reale Bausteine werden als Devices definiert. Im Device-Editier-Modus wird nichts mehr gezeichnet, sondern es wird festgelegt:

- welches Package verwendet wird,
- welches oder welche Symbole enthalten sind (im Device als Gates bezeichnet),
- welchen Namen (etwa A, B..) die Gates erhalten,
- ob Gates untereinander austauschbar sind (Swaplevel),
- wie sich ein Gate in der Schaltung verhält, z. B. beim ADD-Befehl (Addlevel),
- ob dem Bauteilnamen im Schaltplan ein Präfix vorangestellt wird,
- ob der Wert (Value) im Schaltplan geändert werden kann oder ob als Wert der Device-Name fest eingestellt ist,
- welche Pins welchen Gehäuse-Pads entsprechen.

Das Bild zeigt den fertig definierten Baustein 7400 mit vier NAND-Gates und einem Versorgungs-"Gate".



Für diese Aufgaben stehen folgende Befehle zur Verfügung:



PACKAGE

Package auswählen.



ADD

Symbol in Device holen. Gate-Name, Swaplevel und Addlevel können im ADD-Befehl oder nachträglich mit CHANGE festgelegt werden.

Der Swaplevel definiert, ob äquivalente Gates vorhanden sind.

Der Addlevel definiert z. B., ob ein Gate nur auf Anforderung in die Schaltung geholt wird (etwa die Versorgungs-Pins).



NAME

Gate-Namen ändern.



CHANGE

Swaplevel und Addlevel ändern.



PREFIX

Präfix für Bauteilnamen in der Schaltung festlegen (R für Widerstand, etc.).



VALUE

On: Bauteilwert lässt sich in der Schaltung ändern. Off: Wert ist fest auf den Device-Namen eingestellt (kann bei ICs sinnvoll sein). Die mitgelieferten Bibliotheken haben die Voreinstellung "On".



CONNECT

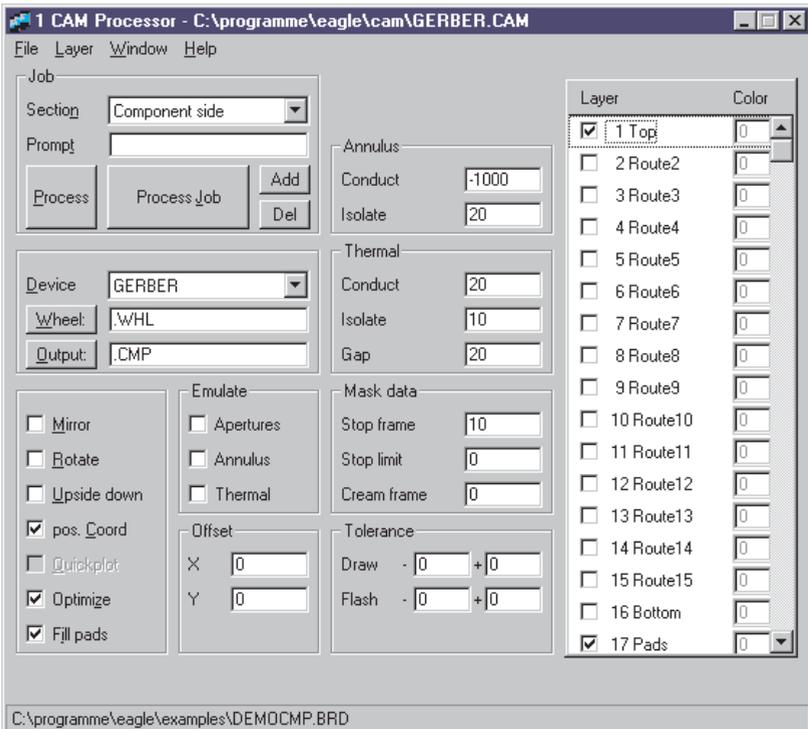
Zuordnung von Pins (Gate) und Pads (Package) festlegen.

Der CAM-Prozessor-Dialog

Mit Hilfe des CAM-Prozessor erzeugt man Ausdrücke von Schaltplänen und Platinen sowie die zur Fertigung einer Platine erforderlichen Daten. Während der PRINT-Befehl die Windows-Drukkertreiber verwendet und sich daher nicht für die Erstellung der Fertigungsdaten eignet, arbeitet der CAM-Prozessor mit EAGLE-eigenen Treibern.

Diese Treiber sind in der Datei EAGLE.DEF definiert, die Sie mit einem Texteditor ansehen und bearbeiten können.

Die EAGLE-Lizenzbestimmungen erlauben die Weitergabe des CAM-Prozessors an Ihren Platinenhersteller. Dazu genügt es, ihm eine Kopie der Demo-Software weiterzugeben. Bitte geben Sie aber nicht den Installations-Code weiter, da Sie sich damit strafbar machen. Der CAM-Prozessor ist ohne Lizenzierungsmechanismus lauffähig. Alternativ dazu kann sich Ihr Platinenhersteller die EAGLE-Demo auch direkt bei CadSoft bestellen.



Daten ausgeben

Job-Datei laden

In einem Job ist der gesamte Ablauf der Datenausgabe definiert. So lassen sich mit Hilfe eines geeigneten Jobs beispielsweise die Gerber-Daten für unterschiedliche Layer der Reihe nach in unterschiedliche Dateien schreiben.

Einen Job laden Sie über das *File*-Menü des CAM-Prozessors oder über das Control Panel.

Zur Ausgabe ist nicht unbedingt ein Job erforderlich.

Schaltung oder Board laden

Bevor Sie Ausgabedaten erzeugen können, müssen Sie über das *File*-Menü eine Schaltungs- oder Platinendatei laden.

Ausgabe-Parameter

Falls Sie eine Job-Datei geladen haben, sind die Ausgabe-Parameter bereits eingestellt. Ein Job kann aus mehreren Abschnitten (Sections) bestehen, für die wiederum unterschiedliche Ausgabe-Parameter eingestellt sein können. Für unterschiedliche Peripheriegeräte (Devices) sind unterschiedliche Parameter möglich.

Falls kein Job geladen ist, stellen Sie die Parameter nach Ihren Wünschen ein (siehe auch S. 79).

Ausgabe starten

Wenn Sie den geladenen Job ausführen wollen, klicken Sie den Button *Process Job* an. Wenn Sie nur die Ausgabe mit den gegewärtig eingestellten Parametern starten wollen, klicken Sie den Button *Process* an.

Neuen Job definieren

Einen neuen Job definieren Sie so:

1. *Add* anklicken, um neue Section zu erzeugen.
2. Parameter einstellen.
3. Gegebenenfalls 1. und 2. wiederholen.
4. Job mit *File/Save job* speichern.

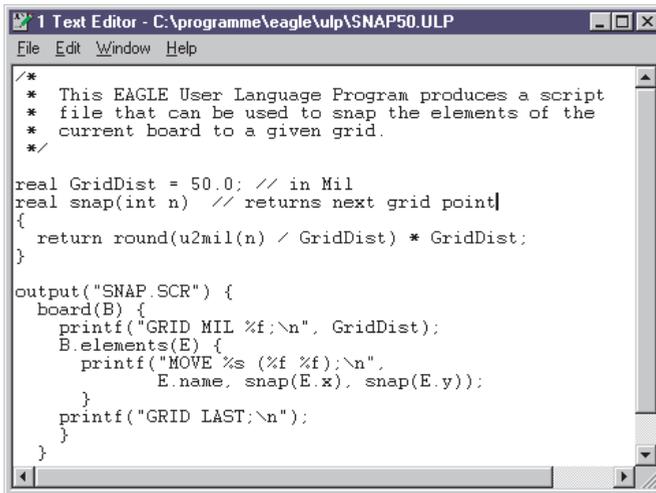
Detaillierte Informationen zu diesem Thema finden Sie im Kapitel *Automatisieren der Ausgabe mit CAM-Prozessor-Jobs*.

Das Texteditor-Fenster

EAGLE enthält einen einfachen Texteditor.

Wenn Sie über das Control-Panel eine Script-Datei oder ein User-Language-Programm laden, dann legen die entsprechenden Einträge im *Options/Directories*-Dialog des Control Panels die Default-Verzeichnisse fest. Bei anderen Textdateien ist das Design-Directory das Default-Verzeichnis.

Die rechte Maustaste ruft im Texteditor ein Kontext-Menü auf.



```
1 Text Editor - C:\programme\eagle\ulp\SNAP50.ULP
File Edit Window Help

/*
 * This EAGLE User Language Program produces a script
 * file that can be used to snap the elements of the
 * current board to a given grid.
 */

real GridDist = 50.0; // in Mil
real snap(int n) // returns next grid point
{
  return round(u2mil(n) / GridDist) * GridDist;
}

output("SNAP.SCR") {
  board(B) {
    printf("GRID MIL %f;\n", GridDist);
    B.elements(E) {
      printf("MOVE %s (%f %f);\n",
            E.name, snap(E.x), snap(E.y));
    }
    printf("GRID LAST;\n");
  }
}
```

Alternative Befehlseingabe

Als Alternative zur Bedienung über Icons und Menüpunkte erlaubt EAGLE die Eingabe aller Befehle im Schaltplan-, Layout- und Bibliotheks-Editor:

- per Textbefehl über die Kommandozeile,
- mit Funktionstasten,
- über Script-Dateien.

In allen Fällen ist die Kenntnis der EAGLE-Kommandosprache erforderlich, deren Syntax im anschließenden Abschnitt beschrieben ist. Die genaue Beschreibung aller Befehle finden Sie in den EAGLE-Help-Seiten.

Kommandozeile

Bei Eingaben über die Kommandozeile können Sie Befehle und andere Schlüsselwörter abkürzen, solange sie eindeutig sind. Außerdem spielt Groß- und Kleinschreibung keine Rolle. So versteht EAGLE anstelle des vollständigen Befehls

```
CHANGE WIDTH 0.024
```

auch

```
cha wi 0.024
```

Werte sind immer mit Dezimalpunkt einzugeben.

Die aktuelle Einheit ist im GRID-Menü eingestellt.

In der Kommandozeile können fast alle Befehle mit Koordinatenangaben ausgeführt werden. Beispiele:

```
MOVE IC1 (2.50 1.75);
```

Das Bauteil IC1 wird an die Position 2.50 1.75 im Layout geschoben.

```
HOLE 3.2 (5 8.5);
```

Eine Bohrung mit Bohrdurchmesser 3.2 wird an der Position 5 8.5 plziert.

```
VIA 'GND' 0.070 round (2.0 3.0);
```

Eine zum Signal GND gehörende, runde Durchkontaktierung mit einem Durchmesser von 0.070 wird an die Position 2.0 3.0 gesetzt.

History-Funktion

Mit den Tasten Crsr-Up (↑) und Crsr-Down (↓) kann man unter den letzten eingegebenen Kommandozeilen wählen (Eintrag ist editierbar). Die Esc-Taste löscht die Zeile.

Funktionstasten

Funktionstasten (auch in Kombination mit Alt, Ctrl und Shift) lassen sich mit Texten belegen. Wird eine Funktionstaste gedrückt, ent-

spricht das der Eingabe des Textes über die Tastatur. Da jeder Befehl als Text eingegeben werden kann, läßt sich auch jeder Befehl einschließlich bestimmter Parameter auf eine Funktionstaste legen. Sogar ganze Befehlssequenzen können auf diese Weise einer Funktionstaste zugeordnet werden.

Der Befehl

```
ASSIGN; ←
```

zeigt die aktuelle Belegung der Funktionstasten mit EAGLE-Befehlen an. Änderungen nehmen Sie am besten über das *Options/Assign*-Menü des Schaltplan- oder Layout-Editors vor.

Script-Dateien

Script-Dateien sind ein überaus leistungsfähiges Werkzeug. Sie können längere Befehlssequenzen, etwa die Einstellung bestimmter Farben und Füllmuster für alle Layer, enthalten, aber auch Netzlisten, die von Daten anderer Programme konvertiert wurden.

Zur Ausführung von Script-Dateien dient der SCRIPT-Befehl.

Das mitgelieferten Programm ELC beispielsweise erzeugt eine Script-Datei aus einer Fremdbibliothek, die eine komplette EAGLE-Bibliothek erstellt. Ebenso erzeugen viele User-Language-Programme (ULP) Script-Dateien, die z. B. zur Modifikation eines Layouts oder Schaltplans eingelesen werden können.

EAGLE selbst kann mit dem EXPORT-Befehl eine komplette Bibliothek als Script-Datei ausgeben. Diese Datei kann man mit einem Texteditor bearbeiten und anschließend wieder einlesen. Damit lassen sich recht einfach generelle Änderungen an einer Bibliothek durchführen.

Siehe auch Help.

Gemischte Eingabe

Die verschiedenen Arten der Befehlseingabe lassen sich auch gemischt verwenden.

Sie können beispielsweise das Icon des CIRCLE-Befehls anklicken (das entspricht der Eingabe von CIRCLE in die Kommandozeile) und anschließend die Koordinaten des Kreismittelpunkts und eines Punktes auf dem Kreisumfang in der Form

```
(0 0) (0 1) ←
```

in die Kommandozeile eintippen.

Mit den oben verwendeten Werten würde bei eingestellter Einheit *inch* ein Kreis mit Radius 1 inch um den Koordinaten-Nullpunkt entstehen. Ob der CIRCLE-Befehl per Icon oder per Kommandozeile eingegeben wird, spielt keine Rolle.

Die EAGLE-Kommandosprache

Die Kenntnis der EAGLE-Kommandosprache ist für Sie nur dann erforderlich, wenn Sie die im vorangegangenen Abschnitt besprochenen alternativen Eingabemöglichkeiten nutzen wollen.

Die genauen Befehlsbeschreibungen finden Sie auf den jeweiligen Help-Seiten.

In diesem Abschnitt wird die Syntax der EAGLE-Kommandosprache erklärt, und es werden typografische Festlegungen getroffen, die zum Verständnis wichtig sind.

Enter-Taste und Strichpunkt

Wenn EAGLE-Befehle in die Kommandozeile eingegeben werden, sind sie mit der Enter-Taste abzuschließen. In manchen Fällen muß ein Befehl am Ende einen Strichpunkt enthalten, damit EAGLE weiß, daß keine Parameter mehr folgen. In Script-Dateien empfiehlt es sich, jeden Befehl generell mit einem Strichpunkt abzuschließen.

An manchen Stellen wird die Enter-Taste in diesem Handbuch mit dem Zeichen

←

symbolisiert.

In den folgenden Beispielen wird jedoch weder das Enter-Zeichen noch der Strichpunkt angegeben, da man alle Befehle sowohl in der Kommandozeile als auch in Script-Dateien verwenden kann.

Fettschrift oder Großbuchstaben

Befehle und Parameter in GROSSBUCHSTABEN werden direkt eingegeben. Bei der Eingabe werden Groß- und Kleinbuchstaben nicht unterschieden. Beispiel:

Syntax:

`GRID LINES`

Eingabe:

`GRID LINES`

`grid lines`

Kleinbuchstaben

Parameter in Kleinbuchstaben werden durch Namen, Zahlenwerte oder Schlüsselwörter ersetzt. Beispiel:

Syntax:

`GRID grid_size grid_multiple`

Eingabe:

`GRID 1 10`

Hier wird das Raster auf 1 mm eingestellt (Voraussetzung: Die gegenwärtige Einheit ist mm). Jede zehnte Rasterlinie ist sichtbar. Die Zahlen 1 und 10 werden als aktuelle Werte anstelle der Platzhalter *grid_size* und *grid_multiple* eingesetzt.

Unterstreichungszeichen

In Parameter-Bezeichnungen und Schlüsselwörtern wird aus Gründen der optisch klareren Darstellung oft das Unterstreichungszeichen (Underline) benutzt. Bitte verwechseln Sie es nicht mit dem Leerzeichen. Wie aus obigem Beispiel ersichtlich, ist "grid_size" ein einziger Parameter und "grid_multiple" ebenfalls.

Enthält ein Schlüsselwort ein Unterstreichungszeichen, etwa "COLOR_LAYER" im Befehl

```
SET COLOR_LAYER layer_name color_word
```

dann ist das Zeichen wie jedes andere miteinzugeben. Beispiel:

```
SET COLOR_LAYER BOTTOM BLUE
```

Leerzeichen

Wo ein Leerzeichen stehen darf, können beliebig viele Leerzeichen stehen.

Alternative Parameter

Das Zeichen | bedeutet, daß Parameter alternativ angegeben werden können. Beispiel:

Syntax:

```
SET BEEP ON|OFF
```

Eingabe:

```
SET BEEP ON
```

oder

```
SET BEEP OFF
```

Der Piepston, ausgelöst bei bestimmten Aktionen, wird ein- oder ausgeschaltet.

Wiederholungspunkte

Die Zeichen .. bedeuten, daß die Funktion mehrfach ausgeführt werden kann bzw. daß mehrere Parameter vom gleichen Typ erlaubt sind. Beispiel:

Syntax:

```
DISPLAY option layer_name..
```

Eingabe:

```
DISPLAY TOP PINS VIAS
```

Hier werden mehrere Layer eingeblendet.

Mausklick

Das Zeichen

•

bedeutet normalerweise, daß an dieser Stelle im Befehl mit der linken Maustaste ein Objekt anzuklicken ist. Beispiel:

Syntax:

MOVE • • ..

Eingabe:

MOVE ← (oder Icon anklicken)
Mausklick auf erstes zu bewegendes Element
Mausklick auf Ziel
Mausklick auf zweites zu bewegendes Element
usw.

An diesem Beispiel sehen Sie auch, wie die Wiederholungspunkte bei Befehlen mit Mausclicks zu verstehen sind.

Koordinatangaben in Textform

Für das Programm stellt jeder Mausclick eine Koordinatengabe dar. Will man den Befehl textuell eingeben, dann kann man anstelle des Mausclicks die Koordinaten über die Tastatur in folgender Form eingeben:

(x y)

Dabei sind x und y Zahlen in der mit dem GRID-Befehl gewählten Einheit. Die textuelle Eingabemöglichkeit ist insbesondere für Script-Dateien erforderlich.

Mit (@) können Sie die Koordinaten der aktuellen Cursor-Position in einem Befehl angeben. Beispiel: WINDOW (@);

Beispiel für die Koordinateneingabe in Textform: Sie wollen Platinenumrisse mit exakten Maßen eingeben.

```
GRID MM 1;  
LAYER DIMENSION;  
WIRE 0 (0 0) (160 0) (160 100) (0 100) (0 0);  
GRID LAST;
```

Falls die Befehle von einer Script-Datei kommen, ist jeder einzelne mit einem Strichpunkt abzuschließen. Auf den Strichpunkt kann man in den angegebenen Fällen verzichten, wenn man die Befehle von der Tastatur eingibt und mit der Enter-Taste abschließt.

Zunächst wird auf ein 1-mm-Raster umgeschaltet. Danach wechselt man in den Dimension-Layer. Der WIRE-Befehl schließlich stellt zunächst die Linienbreite auf 0 ein und zeichnet dann mit Hilfe der vier Koordinatengaben ein Rechteck. Der letzte Befehl stellt das vorher gewählte Raster wieder ein, da man Platinen normalerweise im Zollraster entwirft.

Raster und aktuelle Einheit

EAGLE rechnet intern immer mit einem Grundraster von 1/10 000 mm (0,1 micron). Sie können jedes Vielfache davon als Arbeitsraster einstellen (GRID-Befehl).

Als Einheit können Sie Micron, Mil, Zoll (inch) und mm verwenden. Die im GRID-Befehl eingestellte aktuelle Einheit gilt für alle Wertangaben.

Bei Schaltplänen sollten Sie immer das voreingestellte Raster von 0.1 inch verwenden.

Beim Anlegen von Platinen und Bibliotheken sollte man sich vorher Gedanken machen, welches oder welche Raster man zugrunde legt. Auf das Platzierungsraster der Platine wird z. B. nur der Ursprung des Package gezogen. Alle anderen Objekte des Gehäuses (z. B. die Pads) liegen auch in der Platine relativ zu diesem Punkt, genau so wie in der Bibliothek definiert.

Grundsätzlich gilt für Platinen: Das Raster immer so groß wie möglich und so klein wie nötig wählen.

Für die unterschiedlichen Betriebsarten können unterschiedliche Raster in der Datei EAGLE.SCR voreingestellt werden (siehe Seite 45).

Namen und automatische Namensgebung

Länge

Device-Namen dürfen maximal zehn Zeichen lang sein, Layer-Namen neun Zeichen, alle anderen Namen acht Zeichen.

Verbotene Zeichen

Das Leerzeichen und der Punkt sind in allen Namen verboten. Hochkommas und Strichpunkte sollten möglichst vermieden werden.

Automatische Namensgebung

Wird in einem der Befehle PIN, PAD, SMD, NET, BUS oder ADD ein Name mit angegeben, dann werden weitere Namen davon abgeleitet, solange der Befehl aktiv ist. Die Beispiele demonstrieren, wie die automatische Namensvergabe wirkt:

```
ADD DIL14 'U1' . . . .
```

holt drei Elemente vom Typ DIL14 in die Platine und vergibt an sie die Namen U1, U2 und U3 (• entspricht einem Mausklick).

```
PAD OCT '1' . . . .
```

plaziert vier achteckige Pads mit den Namen 1, 2, 3, und 4.

Besteht der Name nur aus einem Zeichen von A...Z, dann erhalten die folgenden Objekte den im Alphabet folgenden Buchstaben als Name:

```
ADD NAND 'A' . . . .
```

holt vier NAND-Gatter mit den Namen A, B, C und D. Erreicht der generierte Name den Wert Z, dann werden wieder Namen mit dem Default-Präfix erzeugt (z.B. G\$1).

Script-Dateien und Datenimport

Der SCRIPT-Befehl stellt dem EAGLE-Anwender eine universelle Schnittstelle für den Datenimport zur Verfügung.

Da sich jede EAGLE-Operation mit Hilfe von Textbefehlen ausführen läßt, können Sie mit Hilfe einer Script-Datei beliebige Daten importieren.

Voraussetzung für den Entwurf eigener Script-Dateien ist, daß Sie die EAGLE-Kommandosprache verstehen. Sehen Sie sich deshalb bitte den entsprechenden Abschnitt in diesem Handbuch an. Die genaue Funktionsweise und die Syntax der einzelnen Befehle finden Sie in den EAGLE-Help-Seiten.

Ein Beispiel für eine nützliche Script-Datei ist die mitgelieferte Datei DRCSET.SCR. Passen Sie sie Ihren Wünschen an, um bestimmte Design Rules per Mausklick einstellen zu können.

Ein weiteres Beispiel ist die Datei EURO.SCR, die die Umriss einer Europakarte mit Begrenzungswinkeln zeichnet.

Soll eine Netzliste in eine Platine importiert werden, die bereits die entsprechenden Bauelemente enthält, dann ist eine Script-Datei der folgenden Form erforderlich:

```
SIGNAL GND IC1 7 IC2 7 J4 22;  
SIGNAL VCC IC1 14 IC2 14 J4 1;
```

Einen Eindruck von der Leistungsfähigkeit dieses Import-Konzepts erhalten Sie, wenn Sie eine Bibliothek mit dem EXPORT-Befehl (siehe Seite 44) ausgeben und die entstehende Script-Datei anschließend in eine leere Bibliothek einlesen. Die erzeugte Script-Datei dient als lehrreiches Beispiel für die Syntax der Script-Sprache. Sie kann mit einem beliebigen Texteditor betrachtet werden.

Datenexport

EAGLE bietet zwei unterschiedliche Möglichkeiten, Daten zu exportieren:

- mit Hilfe des EXPORT-Befehls,
- mit Hilfe von User-Language-Programmen (ULP).

Die User Language ist flexibler, setzt aber die Erstellung eines geeigneten Programms voraus. Näheres dazu erfahren Sie im Abschnitt *Die EAGLE-User-Language*.

Der EXPORT-Befehl bietet folgende Betriebsarten:

EXPORT DIRECTORY

Gibt das Inhaltsverzeichnis der geladenen Bibliothek aus.

EXPORT NETLIST

Gibt eine Netzliste des geladenen Schaltplans oder der geladenen Platine in einem EAGLE-eigenen Format aus. Für andere Formate verwenden Sie ein ULP.

EXPORT NETSCRIPT

Gibt die Netzliste des geladenen Schaltplans in Form einer Script-Datei aus.

EXPORT PARTLIST

Gibt eine Bauteileliste des Schaltplans oder der Platine aus.

EXPORT PINLIST

Gibt eine Pin/Pad-Liste des Schaltplans oder der Platine aus, in der die angeschlossenen Netze aufgeführt sind..

EXPORT SCRIPT

Gibt die geladene Bibliothek in Form einer Script-Datei aus.

EAGLE individuell konfigurieren

Projektdateien

EAGLE merkt sich in einer Projektdatei (*.EPF) die eingestellten Optionen und die Fenster, die aktiv waren, als das Programm verlassen wurde, sofern unter *Options/Backup* des Control Panels die Option *Automatically save project file* aktiviert ist. Beim nächsten Programmstart wird dieser Zustand wieder hergestellt.

Mit *File/Save project* können Sie eine bestimmte Arbeitsumgebung unter einem bestimmten Namen speichern. Wenn Sie mit *Open/Project* diese Datei wieder laden, stellen Sie diese Arbeitsumgebung wieder her.

Konfigurations-Befehle

ASSIGN: Funktionstasten-Belegung anzeigen und ändern.
SET: Systemparameter verändern.
CHANGE: Objekt-Eigenschaften voreinstellen.
GRID: Raster und aktuelle Einheit einstellen.

EAGLE.SCR

Die Script-Datei EAGLE.SCR wird beim Start von EAGLE automatisch ausgeführt, sofern keine Projektdatei existiert. Sie wird zuerst in dem Verzeichnis gesucht, das an erster Stelle im Script-Feld des *Options/Directories*-Dialogs eingetragen ist. Existiert dort keine Datei dieses Namens, wird sie im Programmverzeichnis gesucht.

Sie können in diese Datei alle Befehle eintragen, die beim Öffnen eines Editor-Fensters (außer Texteditor) ausgeführt werden sollen.

Die Labels *SCH*, *BRD* und *LBR* bezeichnen die Abschnitte der Datei, die nur dann ausgeführt werden, wenn das Schaltplan-, Layout- oder Bibliotheks-Editor-Fensters geöffnet wird.

Die Labels *DEV*, *SYM* und *PAC* bezeichnen die Abschnitte, die nur ausgeführt werden, wenn der Device-, Symbol- oder Package-Editor-Modus aktiviert wird.

Sofern EAGLE beim Start aufgrund einer Projektdatei automatisch ein oder mehrere Editor-Fenster öffnet, ist es notwendig diese zu schließen und erneut zu öffnen, damit Änderungen in EAGLE.SCR übernommen werden. Alternativ kann man die Datei EAGLE.SCR einfach über den SCRIPT-Befehl einlesen.

Die EAGLE-User-Language

EAGLE enthält einen Interpreter für eine C-ähnliche Benutzersprache, die den Zugriff auf beliebige EAGLE-Daten zuläßt. User-Language-Programme werden mit einem Texteditor geschrieben, der keine Steuerzeichen hinzufügt, und mit dem RUN-Befehl ausgeführt. Eine genaue Beschreibung der Sprache finden Sie in den EAGLE-Help-Seiten.

Einen Eindruck von den Möglichkeiten der User Language geben die mitgelieferten Programmbeispiele (*.ULP).

Eine Hauptanwendung ist die Ausgabe von Daten in bestimmten Formaten (Netzlisten etc.).

Um Daten von EAGLE-Dateien zu manipulieren, erzeugt man oft eine Script-Datei, in der die entsprechenden Befehle zur Datenmanipulation stehen.

Das nachfolgende Beispiel wird ausgeführt, wenn eine Platine geladen ist. Es erzeugt die Script-Datei *SNAPSCR*. Sie enthält die erforderlichen Befehle, um alle Bauelemente der Platine auf den nächstgelegenen 50-Mil-Rasterpunkt zu ziehen. Die Platine darf zwischen der Ausführung des ULP und der Ausführung der Script-Datei nicht verändert werden.

```
/*
 * This EAGLE User Language Program produces a script
 * file that can be used to snap the elements of the
 * current board to a given grid.
 */

real GridDist = 50.0; // in Mil, can be changed to other values

real snap(int n) // returns next grid point
{
    return round(u2mil(n) / GridDist) * GridDist;
}

output ("SNAP.SCR") {
    board(B) {
        printf("GRID MIL %f;\n", GridDist);
        B.elements(E) {
            printf("MOVE %s (%f %f);\n",
                E.name, snap(E.x), snap(E.y));
        }
        printf("GRID LAST;\n");
    }
}
```

Forward&Back-Annotation

Eine Schaltplan-Datei und die zugehörigen Platinen-Datei sind durch automatische Forward&Back-Annotation logisch verknüpft. Dadurch ist sichergestellt, daß Schaltplan und Platine zu jeder Zeit konsistent sind. Eine genaue Beschreibung der technischen Zusammenhänge finden Sie in den EAGLE-Help-Seiten.

Als Benutzer müssen Sie sich nicht weiter um diesen Mechanismus kümmern. Sie dürfen lediglich nicht an einem Schaltplan arbeiten, wenn die zugehörige Platinen-Datei geschlossen wurde, und umgekehrt.

Sollten Sie dennoch zu Platine und Schaltplan getrennt voneinander bearbeitet haben, überprüft der Electrical Rule Check (ERC) die Dateien beim Laden auf Konsistenz.

Bestimmte Operationen, etwa das Verlegen neuer Netze, sind nur im Schaltplan erlaubt. Der Layout-Editor läßt diese Operationen nicht zu und gibt eine entsprechende Meldung aus.

Vom Schaltplan zur fertigen Platine

Schaltplan erstellen

Es wird vorausgesetzt, daß Bibliotheken mit den benötigten Bauelementen vorhanden sind. Die Erstellung von Bibliotheken wird an anderer Stelle beschrieben.

Siehe auch Abschnitte mit der Beschreibung des Schaltplan- und Layout-Editor-Fensters.

Schaltplan öffnen

Neuen oder bestehenden Schaltplan öffnen, z. B. über das *File*-Menü des Control Panels.

Bei Bedarf kann man weitere Schaltplanblätter (Sheets) anlegen. Dazu öffnen Sie die Combo-Box in der Action-Toolbar mit einem Mausklick und wählen den Punkt *New* aus. Es wird eine neue Seite erzeugt (siehe Seite 15). Alternativ kann man z. B. die zweite Seite mit dem Befehl

```
EDIT .S2
```

über die Kommandozeile anlegen.

Zeichnungsrahmen laden

Falls ein Rahmen gewünscht wird, Bibliothek *FRAMES.LBR* laden (*USE*) und Rahmen plazieren (*ADD*).

Schaltungssymbole (Gates) plazieren

Bibliothek wählen (*USE*) und "Gates" plazieren (*ADD*), mit Namen und Werten versehen (*NAME*, *VALUE*), eventuell verschieben (*MOVE*) oder löschen (*DELETE*).

Busse einzeichnen (BUS)

Busse erhalten Namen, aus denen hervorgeht, welche Signale sich herausführen lassen. Sie stellen keine elektrische Verbindung her.

Netze einzeichnen (NET)

Die Verbindungen zwischen den Pins der Elemente definiert man mit dem *NET*-Befehl. Dargestellt werden Netze im *Net-Layer*. Mit dem Befehl *JUNCTION* kennzeichnet man Verbindungen sich kreuzender Netze.

Schaltung überprüfen und korrigieren

Electrical Rule Check (*ERC*) durchführen und anhand der Meldungen Fehler korrigieren. Eventuell Netz- und Pin-Liste ausgeben (*EXPORT*). Mit dem *SHOW*-Befehl Netze am Bildschirm verfolgen.

Schaltplan eventuell mit *PRINT*-Befehl oder *CAM*-Prozessor ausdrucken.

Was im Schaltplan-Editor zu beachten ist

Raster

Das Raster sollte grundsätzlich 0.1 inch bzw. 100 Mil sein.

Netze

Netze müssen mit dem NET-Befehl und nicht mit dem WIRE-Befehl gezeichnet werden.

Netze mit gleichem Namen sind verbunden, auch wenn sie sich auf unterschiedlichen Blättern (Sheets) befinden.

Kopieren Sie Netze nicht mit dem COPY-Befehl. Bei dieser Aktion wird für das neue Netz kein eigener Name generiert. So könnten ungewollte Verbindungen entstehen.

Scheinverbindungen

Schiebt man mit MOVE ein Netz über ein anderes Netz oder über einen Pin, entsteht keine elektrische Verbindung.

Zur Überprüfung können Sie das Netz mit dem SHOW-Befehl anklicken. Alle verbundenen Pins und Netze müssen "leuchten". Wird ein Gate bewegt, müssen die angeschlossenen Netze mitwandern.

Übereinanderliegende Pins

Wird der Anschlußpunkt eines Pins, der noch nicht mit einer Netzlinie verbunden ist, auf den Anschlußpunkt eines anderen Pins plaziert, sind sie verbunden. Wird hingegen ein Pin, der schon mit einer Netzlinie verbunden ist auf einen anderen Pin plaziert, entsteht keine Verbindung.

Offene Pins bei MOVE

Wird ein Element bewegt, werden beim Absetzen offene Pins dieses Elements an eventuell vorhandene Netze bzw. andere Pins angeschlossen. Verwenden Sie UNDO, wenn das versehentlich passiert ist.

Gates desselben Bausteins auf mehreren Sheets

Will man Gates desselben Bausteins über mehrere Schaltplan-Blätter verteilen, aktiviert man den INVOKE-Befehl und tippt den Namen des Bauelements in die Kommandozeile ein (siehe Seite 13).

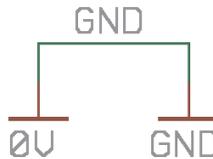
Stromversorgung

Pins, die mit Direction "Pwr" definiert sind, werden automatisch verdrahtet. Auch wenn das entsprechende Power-Gate nicht explizit in die Schaltung geholt wurde. Zu jedem Pwr-Pin muß mindestens ein gleichnamiger Pin mit Direction Sup (Supply-Pin) existieren, und zwar auf jedem Sheet. Solche Sup-Pins werden in Form von Versorgungssymbolen in die Schaltung geholt, die als Devices in einer Bi-

bibliothek definiert sind (siehe SUPPLY1.LBR und SUPPLY2.LBR). Diese Devices haben kein Gehäuse, da sie keine Bauelemente darstellen.

Werden an die Pwr-Pins eines Bauelements Netze angeschlossen, so werden diese Pins nicht automatisch verdrahtet, sondern mit den angeschlossenen Netzen verbunden.

Verschiedene Versorgungsspannungen, z.B. 0 V und GND, die am selben Potential liegen sollen (etwa GND), können verbunden werden, indem die entsprechenden Supply-Symbole plaziert und mit einem Netz verbunden werden. Diesem Netz gibt man den Namen des Potentials (z. B. GND).



Wird ein Supply-Pin (Pin-Direction *Sup*) auf ein Netz plaziert, (ADD, MOVE) erhält dieses Netz-Segment den Namen des Supply-Pins.

Wird ein Supply-Pin versehentlich auf ein Netz gesetzt, muß nach dem Löschen des Pins das Netz separat mit dem NAME-Befehl umbenannt werden.

Vorüberlegungen zur Platinenerstellung

Überprüfung der Bauteile-Bibliotheken

Die EAGLE-Bauteile-Bibliotheken wurden von Praktikern entwickelt und entsprechen überwiegend den gängigen Standards. Aber das Angebot an Bauelementen ist derart vielfältig, daß man unmöglich Bibliotheken liefern kann, die für jeden Anwender ohne Änderung geeignet sind.

So gibt es unterschiedliche Gehäuse, die unter identischen Bezeichnungen von verschiedenen Herstellern geliefert werden. Für die Größe von Smd-Pads gibt es die unterschiedlichsten Hersteller-Empfehlungen, die wiederum davon abhängen, welches Lötverfahren man verwendet.

Kurz: Der Layouter kann sich die Überprüfung der verwendeten Bauteile, insbesondere der Gehäuse-Definitionen, nicht ersparen.

Abstimmung mit dem Platinenhersteller

Falls Sie vorhaben, Ihre Platinenfilme mit einem Gerber-Fotoplotter erstellen zu lassen, sollten Sie sich spätestens jetzt bei Ihrem Platinen-Hersteller erkundigen, ob er für folgende Parameter bestimmte Werte vorschreibt:

- Leiterbahnstärke,
- Lötungenform,
- Lötaugendurchmesser,
- Abmessungen für SMD-Pads,
- Textgröße und -stärke,
- Bohrdurchmesser,
- Abstand zwischen unterschiedlichen Potentialen.

Sie sparen sich Zeit und Geld, wenn Sie die Vorgaben frühzeitig berücksichtigen.

Näheres dazu finden Sie auch im Abschnitt über die Ausgabe von Fertigungsdaten.

Platine erstellen

Nachdem Sie den Schaltplan angelegt haben, klicken Sie das Switch-to-board-Icon an.

Es entsteht eine Leerplatine, neben der die mit Luftlinien verbundenen Bauelemente platziert sind. Versorgungs-Pins werden mit den Signalen verbunden, die ihrem Namen entsprechen, falls nicht explizit ein anderes Netz mit ihnen verbunden wurde.

Die Platine ist über die Forward&Back-Annotation mit der Schaltung verbunden. Damit ist gewährleistet, daß beide übereinstimmen, solange nicht eine der beiden Dateien bearbeitet wird, während die andere nicht geladen ist.

Ohne Schaltplan-Editor

Falls Sie ohne Schaltplan-Editor arbeiten, müssen Sie eine neue Platinen-Datei anlegen, die Packages mit dem ADD-Befehl platzieren und mit dem SIGNAL-Befehl die Verbindungen definieren. Außerdem müssen Sie die Platinenumrisse mit dem WIRE-Befehl in den Dimension-Layer zeichnen.

Das weitere Vorgehen ist identisch für Benutzer mit oder ohne Schaltplan-Editor.

Platinenumrisse und Platzierung festlegen

Gegebenenfalls die Leerplatine in Größe und Form verändern (MOVE, SPLIT). Elemente an gewünschte Position verschieben (MOVE) und überprüfen, ob die Platzierung günstig oder ungünstig ist (RATSNEST).

Sperrflächen definieren

Falls gewünscht, zeichnet man Sperrflächen für den Autorouter als Rechtecke, Polygone oder Kreise in die Layer tRestrict, bRestrict und vRestrict (siehe RECT, POLYGON, CIRCLE).

Routen

Mit dem ROUTE-Befehl lassen sich jetzt die Luftlinien in Leitungen umwandeln. Diese Aufgabe kann man auch dem Autorouter überlassen. Falls für einzelne Signale kein Verdrahtungsweg mehr existiert, verschiebt man andere Leitungen (MOVE, SPLIT, CHANGE).

Layout überprüfen und korrigieren

Design Rule Check (DRC) durchführen und Fehler korrigieren. Eventuell Netz-, Bauteile- und Pin-Liste ausgeben (EXPORT).

Achtung: Der DRC prüft keine Polygone. Kurzschlüsse überlappender Polygone werden nicht erkannt (siehe Seite 54).

Fertigungsdaten erstellen

Die Fertigungsdaten erstellt man mit dem CAM-Prozessor.

Multilayer-Platinen

Sie können mit EAGLE Multilayer-Platinen entwickeln. Dazu verwenden Sie neben den Layern Top und Bottom auch einen oder mehrere Innen-Layer (Route2 bis Route15). Diese Layer blenden Sie beim Routen ein.

Signal-Layer

In den Innen-Layern, die für Signale vorgesehen sind, verlegen Sie mit dem ROUTE-Befehl wie gewohnt Ihre Leitungen. EAGLE sorgt selbständig dafür, daß die Leitungen über Durchkontaktierungen an die entsprechenden Signale auf den Außenlagen angeschlossen werden. Signal-Innenlagen werden mit dem CAM-Prozessor ausgegeben, indem man den entsprechenden Innen-Layer sowie die Layer *Pads* und *Vias* aktiviert.

Versorgungs-Layer mit einem Signal

Versorgungs-Layer mit einem Signal realisiert man, indem man einen der Layer Route2...15 so umbenennt, daß der neue Name aus dem entsprechenden Signalnamen und einem vorangestellten \$-Zeichen besteht. Soll beispielsweise das Signal namens GND als Versorgungs-Layer realisiert werden, legt man einen Layer mit dem Namen \$GND an. Der entsprechende Befehl lautet z. B.:

```
LAYER 2 $GND
```

Damit ist festgelegt, daß der Layer mit der Nummer 2 (bisher Route2) ab sofort \$GND heißen und als Versorgungs-Layer behandelt werden soll. Für Versorgungs-Layer ist die Vorzugsrichtung des Autorouters auf 0 zu setzen. Damit wird dieser Layer vom Autorouter nicht verwendet.

In Versorgungs-Layern werden Pads mit sogenannten Thermal-Symbolen angeschlossen bzw. mit Annulus-Symbolen isoliert. Thermal-Symbole haben meist nur vier dünne Stege als leitende Verbindung zur Durchkontaktierung. Man verwendet sie deshalb, weil eine durchgehende Kupferfläche dazu führen würde, daß wegen der großen Wärmeabfuhr das Pad nicht mehr lötbar wäre.

Versorgungs-Layer werden invertiert geplottet. Sie sollten darin um die Platine einen Wire einzeichnen, der den Platinenrand von Kupfer freihält. Damit vermeiden Sie eventuelle Kurzschlüsse zwischen benachbarten (Versorgungs-)Layern. Falls Sie den Autorouter verwenden, darf dieser Wire aber erst nach dem Routen eingezeichnet werden. Wie oben beschrieben, sind Versorgungs-Layer nämlich für den Autorouter auszublenden, das geht aber nur mit Layern, die keine Signale (Wires) enthalten.

Der Autorouter berücksichtigt Innenlagen und liefert somit die komplette Vorlage für Multilayer-Platinen. Smd-Pads schließt er mit Hilfe von Vias an Innenlagen an.

Masseflächen und Versorgungs-Layer mit mehreren Signalen

Mit dem POLYGON-Befehl können Sie Bereiche der Platine mit einem bestimmten Signal (z. B. Masse) auffüllen. Die zugehörigen Pads werden dabei automatisch mit Thermal-Symbolen angeschlossen. Zu allen anderen Potentialen wird ein einstellbarer Mindestabstand eingehalten.

Sie können auf diese Weise auch Layer erzeugen, auf denen mehrere Bereiche mit unterschiedlichen Signalen aufgefüllt sind. Denkbare Anwendung: Layer mit mehreren Versorgungssignalen.

Bitte beachten Sie, daß es sich in diesem Fall nicht um Versorgungs-Layer handelt, die mit "\$name.." definiert wurden. Deshalb wird ein solcher Layer nicht invertiert geplottet. Das kann zu enormen Plot-Zeiten bei Gerber-Fotoplottern führen, weil große Flächen zu füllen sind. Wählen Sie deshalb die Strichstärke des Polygons nicht zu klein! Bei der Ausgabe auf PostScript-Belichtern spielt das keine Rolle.

Sobald in einem Signal-Layer ein Polygon liegt, kann der Autorouter innerhalb der Polygon-Fläche keine Vias mehr setzen. Es ist deshalb sinnvoll, die Polygone erst dann zu definieren, wenn alle anderen Signale geroutet sind. Falls Sie den Autorouter nutzen wollen, obwohl bereits Versorgungs-Polygone definiert sind, verfahren Sie bitte, wie im Kapitel über den Autorouter unter *Polygone als Versorgungslagen* beschrieben.

Achtung:

Überlappende Polygone mit unterschiedlichen Potentialen führen zu Kurzschlüssen! Bitte achten Sie auf die Einhaltung der Mindestabstände zwischen den Polygonen. Der DRC (Design Rule Check) prüft keine Polygone und meldet bei Überlappungen keine Fehler!

Bauteilentwurf an Beispielen erklärt

Beim Entwurf von Schaltungen mit EAGLE holt man die Bauelemente aus Bibliotheken und plaziert sie im Schaltplan bzw. im Layout (falls kein Schaltplan-Editor verwendet wird). Die gesamte Bauteilinformation ist dann in der Schaltplan- bzw. Board-Datei gespeichert. Zur Weitergabe der Daten sind die Bibliotheken nicht erforderlich. Eine Bibliotheksänderung wirkt sich nicht auf Schaltung oder Board aus.

Die prinzipielle Vorgehensweise beim Entwurf von Bauteilen (Devices) ist ab Seite 29 erklärt. Hier werden nun praktische Beispiele vorgestellt, aus denen die sinnvolle Verwendung der einschlägigen Befehle und Parameter hervorgeht.

Zunächst soll der Entwurf eines einfachen Bauelements anhand eines Widerstands komplett durchgespielt werden. Danach werden die Besonderheiten besprochen, die es bei komplizierteren Bauelementen zu beachten gilt.

Sollten Sie bei Ihren ersten Versuchen Packages, Symbole oder Devices anlegen, die Sie später aus der Bibliothek wieder entfernen wollen, verwenden Sie den Befehl REMOVE. Beispiel:

Sie wollen das Package mit dem Namen DIL16 löschen. Gehen Sie in den Package-Editier-Modus und tippen Sie in der Kommandozeile ein:

```
REMOVE DIL16 ;
```

Das Bauteil wird entfernt. Packages und Symbole können nur gelöscht werden, wenn Sie nicht in einem Device der Bibliothek verwendet werden. Ansonsten gibt EAGLE die Meldung *Package is in use!* bzw. *Symbol is in use!* aus. Das entsprechende Device muß vorher gelöscht werden.

Wollen Sie ein Bibliothekselement umbenennen, verwenden Sie den Befehl RENAME. Dieser kann über die Kommandozeile eingetippt werden. Beispiel:

```
RENAME DIL16 DIL-16 ;
```

Das Element DIL16 erhält den neuen Namen DIL-16.

Widerstands-Package



Wählen Sie den Package-Editier-Modus, und tragen Sie in das Feld *New* den Package-Namen *R-10* ein. Die Frage "Create new Package 'R-10'?" beantworten Sie mit *Yes*. Später müssen Sie auch entsprechende Fragen beim Anlegen eines neuen Symbols und eines neuen Device mit *Yes* 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 Parameter-Toolbar Pad-Form und -Durchmesser sowie den Bohrdurchmesser ein. 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 Parameter-Toolbar 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.

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



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 Hochkommata müssen mit eingegeben werden), und setzen Sie die Pads der Reihe nach ab. Siehe dazu auch Seite 42.

Bestückungsplan und Dokumentationsdruck

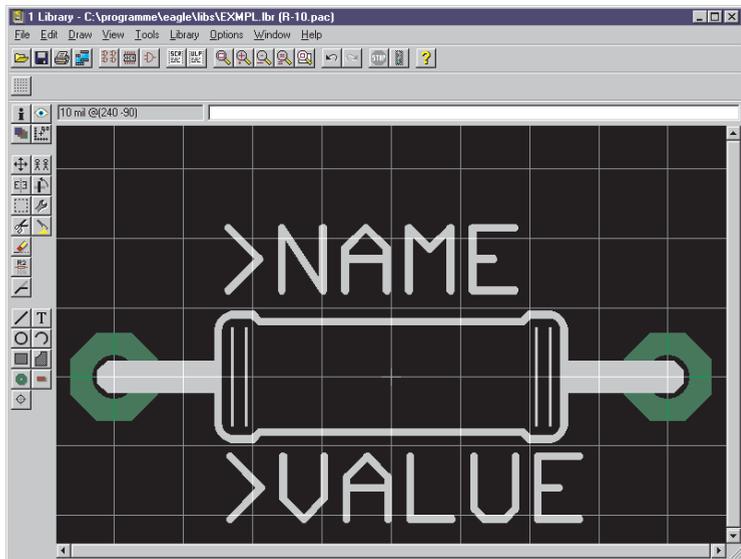


Zeichnen Sie nun mit dem WIRE-Befehl das Bestückungsplan-Symbol in den Layer tPlace. Dieser Layer enthält den Platinenaufdruck. Es bleibt Ihnen überlassen, wie detailliert Sie das Symbol ausführen. Stellen Sie ein feineres Raster ein, falls erforderlich.

Bitte orientieren Sie sich beim Entwurf von Bauteilen an den Angaben, die Sie in der Datei LIBRARY.TXT finden.

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

Der Layer 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 tPlace darauf achten muß, daß keine Lötflächen überdeckt werden, kann man in tDocu eine realistische Darstellung anstreben, für die diese Einschränkung nicht gilt. Im Beispiel des Widerstands kann man das gesamte Symbol im Layer tPlace zeichnen, nur die Wires, die die Pads überdecken, zeichnet man im tDocu-Layer.



Beschriftung

T

Mit dem TEXT-Befehl plazieren Sie die Texte >NAME (im Layer tNames) und >VALUE (im Layer tValues) dort, wo im Board der aktuelle Name und der aktuelle Wert des Bauteils erscheinen sollen. Als Texthöhe (size) empfiehlt sich 0.07 Zoll und als Ratio (Verhältnis von Strichbreite zur Texthöhe) 10 %.

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

Bei ICs ist der Wert die Bauteilbezeichnung (z. B. 7400).



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.

Widerstands-Symbol



Wählen Sie den Symbol-Editier-Modus, und tragen Sie in das Feld *New* 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.



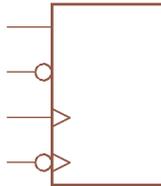
Selektieren Sie den PIN-Befehl. In der Parameter-Toolbar können Sie nun die Eigenschaften dieses Pins einstellen, bevor Sie ihn mit der linken Maustaste platzieren. Alle Eigenschaften können Sie nachträglich mit dem CHANGE-Befehl ändern. Dabei lassen sich auch Gruppen definieren (GROUP), deren Eigenschaften anschließend mit CHANGE und der rechten Maustaste geändert werden. Siehe auch Seite 58.

Orientation

Stellen Sie die Richtung des Pins (Parameter *Orientation*) über die linken vier Icons der Parameter-Toolbar oder, bequemer, durch Rotieren mit der rechten Maustaste ein.

Function

Mit den nächsten vier Icons der Parameter-Toolbar stellen Sie den Parameter Function ein. Er legt fest, ob der Pin mit Invertier-"Punkt" (Dot), mit einem Taktsymbol (Clk), mit beiden Symbolen (DotClk) oder lediglich als Strich (None) dargestellt werden soll. Das Bild zeigt die vier Darstellungen an einem Gehäuse.

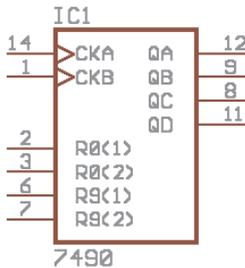


Length

Die nächsten vier Icons der Parameter-Toolbar lassen die Einstellung der Pin-Länge zu (0, 0.1 inch, 0.2 inch, 0.3 inch). Die Einstellung 0 verwendet man dann, wenn keine Pin-Linie sichtbar sein soll oder wenn man, wie im Widerstandssymbol, einen kürzeren Pin als 0.1 inch darstellen will. Der Pin ist dann mit dem WIRE-Befehl als Strich auf dem *Symbols*-Layer zu zeichnen.

Visible

Die nächsten vier Icons der Parameter-Toolbar legen fest, ob die Pins mit dem Pin-Namen, dem Pad-Namen, beidem oder keinem von beiden beschriftet werden sollen. Das Bild zeigt ein Beispiel, bei dem Pin- (innen) und Pad-Namen (außen) dargestellt werden. Die Platzierung der Beschriftung relativ zum Pin ist fest vorgegeben. Die Schrifthöhe ist ebenfalls fest eingestellt (60 mil).



Direction

Der Parameter Direction legt die logische Richtung des Signalflusses fest:

NC	nicht angeschlossen
In	Eingang
Out	Ausgang
I/O	Ein-/Ausgang
OC	Open Collector oder Open Drain
Hiz	High-Impedance-Ausgang
Pas	passiv (Widerstände etc.)
Pwr	Power-Pin (Stromversorgungseingang)
Sup	Versorgungsausgang für Masse- und Versorgungssymbole

Der Electrical Rule Check basiert auf diesen Parametern. Er meldet beispielsweise, wenn zwei Pins mit Direction *Out* miteinander verbunden sind. Bitte beachten Sie, daß der ERC nur Hinweise geben kann. Interpretieren müssen Sie die Meldungen selbst.

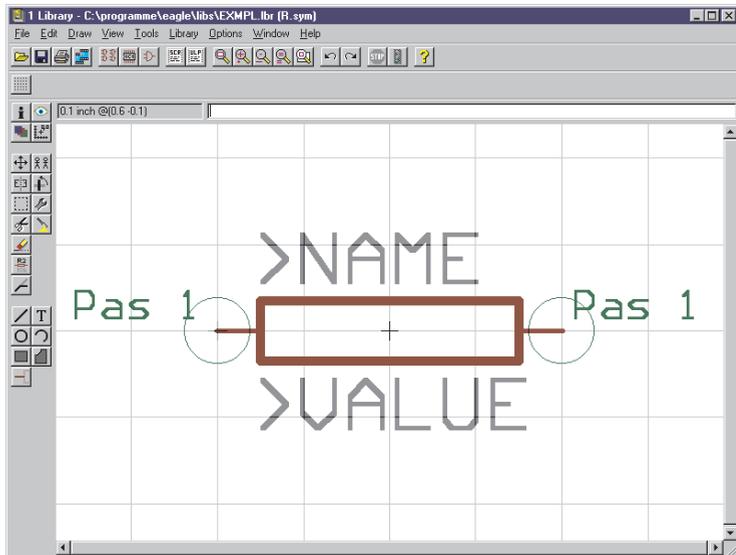
Die Directions Pwr und Sup sind für die automatische Verdrahtung der Versorgungsspannung von Bedeutung (siehe Seite 66).

Swaplevel

Der Swaplevel ist eine Zahl zwischen 0 und 255. Die Zahl 0 bedeutet, daß der Pin nicht gegen einen anderen desselben Gates ausgetauscht werden darf. Jede Zahl, die größer als 0 ist, bedeutet, daß der Pin mit solchen Pins ausgetauscht werden kann, die den gleichen Swaplevel

haben und im selben Symbol definiert sind. Zum Tauschen der Pins in der Schaltung oder im Board ist der Befehl PINSWAP erforderlich.

Die beiden Pins eines Widerstands können denselben Swaplevel (z. B. 1) bekommen, da sie austauschbar sind. Die Anschlüsse einer Diode dürfen nicht vertauscht werden und bekommen deshalb beide den Swaplevel 0.



Wenn der Pins-Layer eingeblendet ist, ist der Anknüpfungspunkt für Netze mit einem grünen Kreis dargestellt. Außerdem werden die Parameter Direction und Swaplevel (hier *Pas* und *1*) in diesem Layer dargestellt.

Pin-Namen

Mit dem NAME-Befehl können Sie die Pins benennen, nachdem Sie platziert wurden. Es funktioniert auch die automatische Namensgebung, wie auf den Seiten 42 und 56 beschrieben.

Schaltplansymbol

Mit WIRE und anderen Zeichenbefehlen zeichnen Sie das Schaltplansymbol in den Symbols-Layer. Platzieren Sie die Texte *>NAME* und *>VALUE* in den Layern *Names* und *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.



Mit dem PACKAGE-Befehl wählen Sie das (zuvor definierte) Gehäuse für das Device aus. Im Board können Sie dieses Gehäuse später durch ein anderes ersetzen (REPLACE). Im Fall des Widerstands wählen Sie R-10.



Mit dem PREFIX-Befehl legen Sie eine 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 dem VALUE-Befehl 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, etwa bei Versorgungsspannungs-Symbolen (siehe 66). Im allgemeinen empfiehlt sich aber der Wert *On* (Default).

Wird ein Device in die Schaltung geholt, erhält es als Value zunächst den Device-Namen.



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 plziert werden sollen (in EAGLE *Gates* genannt), dann ist jedes Gate einzeln mit dem ADD-Befehl dem Device hinzuzufügen.

Stellen Sie in der Parameter-Toolbar als Addlevel *Next* und als Swaplevel *0* ein, und plazieren Sie das Gate in der Nähe des Nullpunkts. Mehr zum Parameter Addlevel in den folgenden Abschnitten).

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.

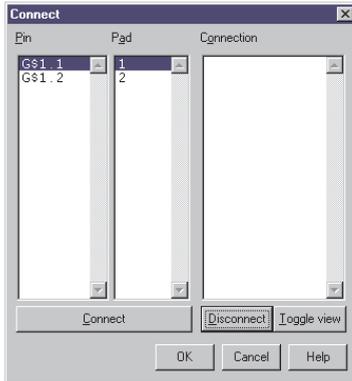


Mit dem NAME-Befehl können Sie den Namen des oder der Gates verändern. Bei einem Device mit nur einem Gate spielt der Name keine Rolle, da er nicht in der Schaltung erscheint. Bei Devices mit mehreren Gates wird in der Schaltung der jeweilige Gate-Name dem Namen des Bauteils angefügt.

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.



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. Der Button *Toggle view* ändert die Sortierreihenfolge der fertig definierten Verbindungen.

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

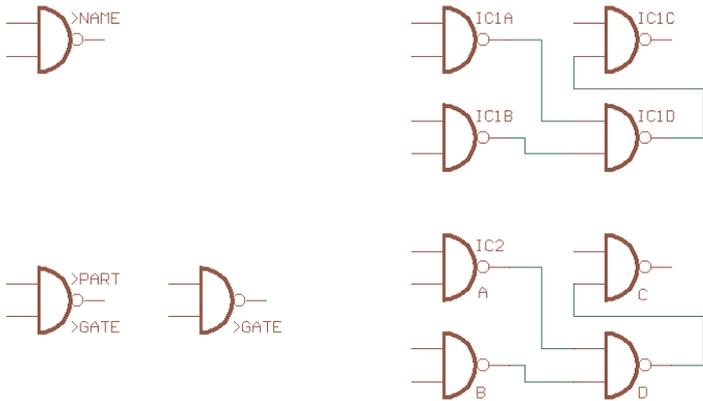


Mit dem CHANGE-Befehl können Sie die Parameter *Addlevel* und *Swaplevel* nachträglich ändern.

Beschriftung von Schaltplansymbolen

Für die Beschriftung von Packages und Schaltplansymbolen stehen die beiden Textvariablen `>NAME` und `>VALUE` zur Verfügung, deren Verwendung bereits gezeigt wurde. Im Schaltplan gibt es noch zwei weitere Möglichkeiten: `>PART` und `>GATE`.

Das folgende Bild zeigt ihre Verwendung im Unterschied zu `>NAME`. Links die Symbol-Definition, rechts die Darstellung im Schaltplan.



Im ersten Fall sind alle Symbole mit `>NAME` beschriftet. Im zweiten Fall ist das Symbol des ersten Gates mit `>PART` beschriftet, die restlichen drei mit `>GATE`.

`>PART` und `>GATE` lassen sich nicht mit SMASH vom Symbol lösen und getrennt verschieben.

Gespiegelte Layer

Smd-Bauelemente können auf der Ober- (Top) oder Unterseite (Bottom) einer Platine platziert werden. EAGLE stellt deshalb einen Satz von vordefinierten Layern zur Verfügung, die sich auf die Top-Seite beziehen (Top, tPlace, tOrigins, tNames, tValues etc.) und einen weiten Satz von Layern, die sich auf die Bottom-Seite beziehen (Bottom, bPlace etc.).

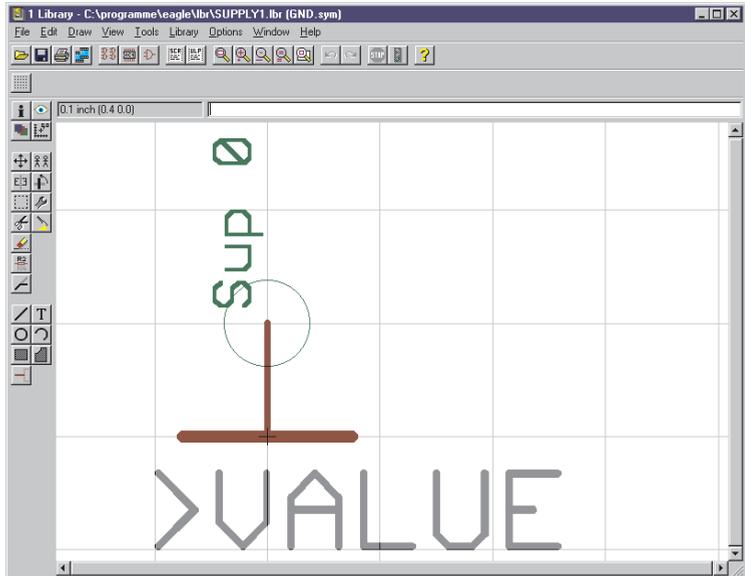
Definiert werden Smd-Bauteile grundsätzlich in den Layern für die Top-Seite. In der Platine bringt man ein solches Bauteil mit dem MIRROR-Befehl auf die jeweils andere Seite. Dabei werden die Objekte des Top-Layers in den Bottom-Layer gespiegelt, und alle Elemente in den t..-Layern werden in die entsprechenden b..-Layer gespiegelt.

Filme und Zeichnungen, die sich auf die Bottom-Seite beziehen sind gespiegelt auszugeben (Option *Mirror*).

Supply-Symbole

Supply-Symbole, wie sie in der Schaltung etwa für Masse oder VCC verwendet werden, sind als Devices ohne Package definiert. Sie sind für die automatische Verdrahtung der Versorgungsnetze erforderlich (siehe Seite 49).

Das Bild zeigt das GND-Symbol, wie es in einer der mitgelieferten EAGLE-Bibliotheken definiert ist.



Pin- und Device-Name sollen übereinstimmen

Der Pin ist mit Direction *Sup* definiert und hat den Namen *GND*. Damit ist festgelegt, daß das Device, das dieses Symbol enthält, für die automatische Verdrahtung des GND-Signals zuständig ist. Als Beschriftung ist die Textvariable für den Wert (>VALUE) gewählt.

Das Device erhält ebenfalls den Namen *GND*. Damit erscheint im Schaltplan die Beschriftung *GND*, weil EAGLE den Device-Namen defaultmäßig als Wert einsetzt.

Es ist sehr wichtig, daß die Beschriftung den Pin-Namen wiedergibt, da der Benutzer sonst nicht weiß, welches Signal automatisch verdrahtet wird.

Der Pin-Parameter *Visible* wurde hier deshalb auf *Off* gesetzt, weil sonst Platzierung, Ausrichtung und Größe des Pin-Namens nicht mehr frei wählbar sind.

Auch eine direkte Beschriftung mit dem Text *GND* wäre hier möglich gewesen. Allerdings kann das Symbol mit der gewählten Lösung in unterschiedlichen Devices verwendet werden (etwa für DGND etc.)

Device

Das entsprechende Device wird mit *Addlevel Next* definiert. Wenn Sie Value af *Off* setzen, sind Sie sicher, daß die Beschriftung nicht wesentlich geändert wird. Andererseits sind sie mit Value *On* flexibler. Sie können die Beschriftung ändern, falls Sie etwa ein zweites Massepotential haben. Allerdings müssen Sie für die zweite Masse dann die Netze explizit verlegen.

Versorgungs-Pins von Bauelementen

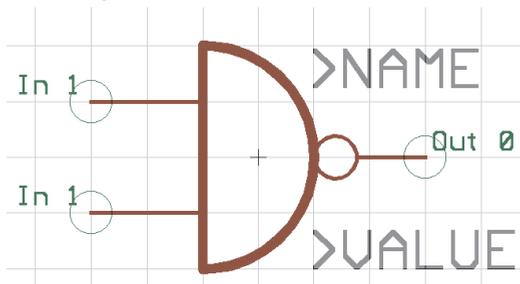
Die Versorgungs-Pins von Bauelementen sind bei der Symbol-Definition mit Direction *Pwr* zu definieren. Sie werden automatisch verdrahtet (auch ohne explizit dargestellte Netzlinie), wenn sich auf demselben Sheet ein Supply-Symbol befindet, das einen Pin mit demselben Namen hat.

In den EAGLE-Bibliotheken wurden die Versorgungs-Pins im allgemeinen mit GND und VCC bezeichnet (in einigen Fällen auch mit anderen Namen). Das heißt, die automatische Verdrahtung funktioniert nur mit den entsprechenden Supply-Symbolen. Wenn Sie etwa das Supply-Symbol mit der Bezeichnung *+5V* anstelle von *VCC* verwenden, müssen Sie die Versorgungs-Pins explizit mit dem Versorgungs-Netz verbinden (oder Devices mit *+5V* als Namen für die Versorgungs-Pins verwenden).

Unsichtbare Versorgungs-Pins

Bei Logikbausteinen oder Operationsverstärkern will man im allgemeinen die Versorgungsanschlüsse nicht in der Schaltung darstellen. In diesem Fall definiert man ein eigenes Symbol, das die Versorgungsanschlüsse enthält. Am Beispiel des TTL-Baueins 7400 soll das demonstriert werden.

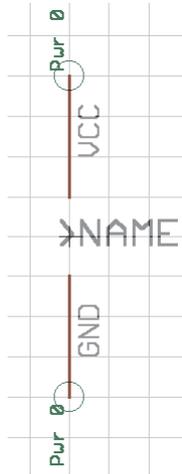
Definieren Sie zuerst ein NAND-Gatter mit dem Namen *7400* und folgenden Eigenschaften:



Die beiden Eingangs-Pins heißen *I0* und *I1* und sind mit Direction *In*, Swaplevel *1*, Visible *Pin* und Function *None* definiert.

Der Ausgangs-Pin heißt *O* und ist mit Direction *Out*, Swaplevel *0*, Visible *Pin* und Function *Dot* definiert.

Nun definieren Sie das Versorgungs-Gate mit dem Namen *PWRN* und folgenden Eigenschaften:



Die beiden Pins heißen *GND* und *VCC*. Sie sind mit Direction *Pwr*, Swaplevel *0*, Funktion *None* und Visible *Pad* definiert.

Nun legen Sie das Device *7400* an.

Legen Sie mit *PACKAGE* das Gehäuse fest (es muß bereits in der Bibliothek vorhanden sein) und mit *PREFIX* den Namens-Präfix *IC*.

Plazieren Sie mit dem *ADD*-Befehl das Symbol *7400* viermal, wobei als *Addlevel Next* und als *Swaplevel 1* eingestellt ist. Bezeichnen Sie dann mit dem *NAME*-Befehl die Gates mit *A*, *B*, *C* und *D*. *Addlevel Next* bedeutet, daß diese Gates beim Plazieren in die Schaltung der Reihe nach verwendet werden (in der Reihenfolge, in der sie in das Device geholt wurden).

Plazieren Sie dann das Symbol *PWRN* einmal, und zwar mit *Addlevel Request* und mit *Swaplevel 0*. Nennen Sie dieses Gate *P*.

Addlevel Request legt zweierlei fest:

- Das Versorgungs-Gate wird nur auf Anforderung, nämlich mit dem *INVOKE*-Befehl, in die Schaltung geholt. Mit dem *ADD*-Befehl lassen sich nur die *NAND*-Gatter plazieren.
- Das Versorgungs-Gate wird bei der Namensgebung in der Schaltung nicht berücksichtigt. Während ein IC mit zwei Next-Gates in der Schaltung etwa als *IC1A* und *IC1B* erscheint, wird ein IC mit einem Next-Gate und einem Request-Gate nur mit *IC1* bezeichnet.

Definieren Sie dann mit dem *CONNECT*-Befehl, an welchen Pads des Gehäuses die Versorgungs-Pins herausgeführt sind.

Pins mit gleichen Namen

Wenn Sie Bausteine definieren wollen, die mehrere Pins mit gleichem Namen haben, dann gehen Sie folgendermaßen vor: Drei Pins sollen z.B. GND heißen. Sie geben den Pins bei der Symbol-Definition die Namen GND@1, GND@2 und GND@3. Im Schaltplan sind nur die Zeichen vor dem „@“ sichtbar, und die Pins werden dort auch so behandelt, als hießen Sie alle GND. Diese Pins sind aber nicht notwendigerweise intern verbunden.

Mehr zum Parameter Addlevel

Der Addlevel der in das Device “geholt” Gates entscheidet darüber, auf welche Weise dieses Gate in die Schaltung geholt wird und unter welchen Bedingungen es wieder aus der Schaltung gelöscht werden kann.

Hier eine Zusammenfassung aller Möglichkeiten. Im nächsten Abschnitt werden verschiedene praktische Beispiele beschrieben.

Next: Für alle Gates, die der Reihe nach geholt werden sollen (z. B. die NAND-Gatter eines 7400). Auch für Devices mit einem einzigen Gate sinnvoll. Der ADD-Befehl nimmt zuerst unbenutzte Next-Gates von Bausteinen, die sich auf dem aktuellen Sheet befinden, bevor er einen neuen Baustein “öffnet”.

Must: Für Gates, die vorhanden sein müssen, wenn irgendein anderes Gate des Bausteins vorhanden ist. Typisches Beispiel: die Spule eines Relais. Must-Gates lassen sich nicht löschen, bevor alle anderen Gates dieses Bausteins gelöscht sind.

Can: Für Gates, die nur bei Bedarf plaziert werden. Bei einem Relais könnten die Kontakte mit Addlevel “Can” definiert werden. In diesem Fall läßt sich jeder einzelne Kontakt gezielt mit INVOKE holen und mit DELETE wieder löschen.

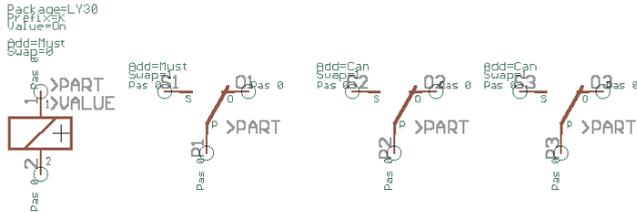
Always: Für Gates, die sich normalerweise auf jeden Fall in der Schaltung befinden, sobald der Baustein verwendet wird. Beispiel: Kontakte eines Relais mit vielen Kontakten, bei dem manchmal einige wenige nicht benutzt werden. Diese Kontakte lassen sich mit DELETE löschen, falls sie mit Addlevel “Always” definiert wurden.

Request: Nur für Versorgungs-Gates von Bausteinen. Unterschied zu “Can”: Sie zählen bei der Namensgebung nicht mit. Also nicht IC1A und IC1B bei einem Device mit Next-Gate plus Request-Gate.

Relais: Spule und erster Kontakt müssen plziert werden

Es soll eine Relais mit drei Konakten entworfen werden, bei dem ty-
pischerweise nur der erste Kontakt verwendet wird.

Definieren Sie die Spule und einen Kontakt als eigene Symbole. Im
Device geben Sie der Spule und dem ersten Kontakt den Addlevel
Must. Die beiden restlichen Kontakte erhalten den Addlevel *Can*.

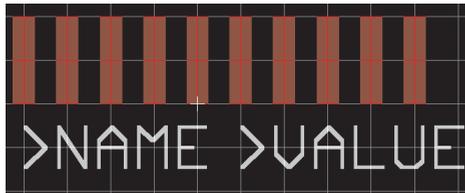


Wenn Sie das Relais mit ADD in die Schaltung holen, werden die
Spule und der erste Kontakt plziert. Falls einer der weiteren Kontak-
te plziert werden soll, kann das mit dem INVOKE-Befehl gesche-
hen. Die Spule kann nicht allein gelöscht werden. Sie verschwindet
dann, wenn alle Kontakte gelöscht sind (zuerst die mit *Can* definier-
ten).

Stecker: Einzelne Anschlußflächen sollen entfallen können

Es soll ein Leiterplattenstecker entworfen werden, bei dem normaler-
weise alle Kontaktflächen vorhanden sind. Im Einzelfall kann es er-
forderlich sein, daß bestimmte Kontaktflächen entfallen.

Definieren Sie ein Package mit zehn Smds als Kontaktflächen, und
geben Sie den Smds die Namen 1 bis 10..



Nun definieren Sie ein Symbol, das eine Kontaktfläche darstellt. Stel-
len Sie Visible *Pad* ein, damit im Schaltplan die im Package definierten
Namen 1 bis 10 dargestellt werden.

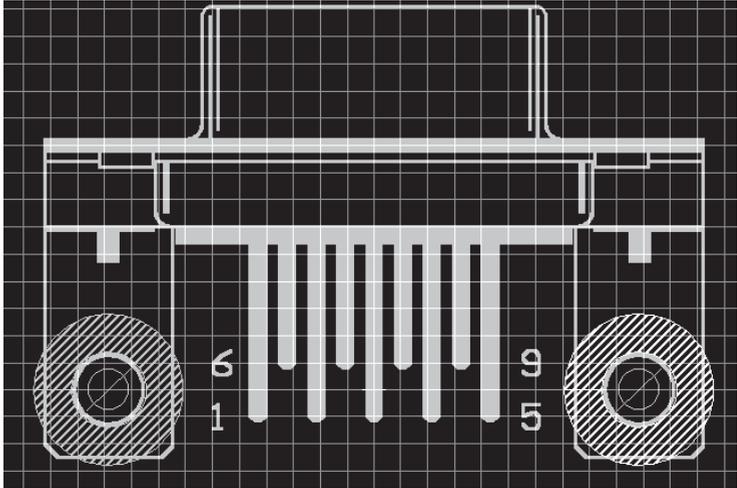


Holen Sie dann das Symbol zehnmal in ein neu angelegtes Device, stellen Sie als Addlevel jeweils *Always* ein, und stellen Sie mit dem CONNECT-Befehl die Verbindungen zwischen den Smds und den Pins her. Wenn Sie dieses Device in einen Schaltplan holen, erscheinen nach dem Plazieren alle Anschlüsse. Mit DELETE können einzelne Anschlüsse gelöscht werden.

```
Package=C-PAD
Prefix=
Value=0n
Add=Always
Swap=1 1 Ras 0
Add=Always
Swap=1 2 Ras 0
Add=Always
Swap=1 3 Ras 0
Add=Always
Swap=1 4 Ras 0
Add=Always
Swap=1 5 Ras 0
Add=Always
Swap=1 6 Ras 0
Add=Always
Swap=1 7 Ras 0
Add=Always
Swap=1 8 Ras 0
Add=Always
Swap=1 9 Ras 0
Add=Always
Swap=1 10 Ras 0
```

Stecker mit Befestigungsloch und Sperrfläche

Es soll ein Stecker mit Befestigungslöchern definiert werden, um die herum der Autorouter in einem bestimmten Abstand keine Leitungen auf der Lötseite (Bottom) verlegen darf.



Beim Package werden mit dem HOLE-Befehl die Bohrungen mit dem gewünschten Durchmesser plziert. Der Bohrdurchmesser lässt sich mit CHANGE DRILL nachträglich ändern.

Die Sperrfläche für den Autorouter wird durch einen Kreis (CIRCLE-Befehl) im Layer *bRestrict* definiert. Der Kreis ist hier aus Gründen der Übersichtlichkeit mit einer bestimmten Strichstärke (*Width*) ausgeführt. Kreise mit *Width* 0 werden gefüllt. Für den Autorouter spielt das an dieser Stelle keine Rolle, weil er in beiden Fällen nicht in das Kreisinnere routen kann.

Zeichnungsrahmen

Zeichnungsrahmen sind zwar keine Bauelemente, sie lassen sich aber als Devices ohne Package und ohne Pins definieren. In der EAGLE-Bibliothek FRAMES enthalten solche Devices ein Symbol, das lediglich einen Rahmen in der passenden Größe enthält, und einem Dokumentationsfeld, das ebenfalls als Symbol definiert wurde.

Der Aufhängepunkt liegt in beiden Fällen links unten, damit innerhalb der Zeichenfläche nicht versehentlich der Rahmen oder das Dokumentationsfeld selektiert wird.

TITLE: >DRAWING_NAME	
Document Number:	REV:
Date: >LAST_DATE_TIME	Sheet: >SHEET

Neben festen Texten sind im Dokumentationsfeld die Textvariablen `>DRAWING_NAME`, `>LAST_DATE_TIME` und `>SHEET` enthalten. Im Schaltplan erscheinen an diesen Stellen der Dateiname der Zeichnung, Datum und Uhrzeit der letzten Änderung sowie die Blattnummer (z. B. 2/3 = Blatt 2 von 3).

Zusätzlich steht noch die Variable `PLOT_DATE_TIME` zur Verfügung, die Datum und Uhrzeit des letzten Ausdrucks enthält.

All diese Textvariablen lassen sich auch direkt im Schaltplan und (mit Ausnahme von `>SHEET`) im Board einsetzen.

Im Device ist der Rahmen mit Addlevel *Next* definiert und das Dokumentationsfeld mit Addlevel *Must*. Damit kann das Dokumentationsfeld nicht gelöscht werden, solange der Rahmen vorhanden ist.

Erstellen der Fertigungsunterlagen

Da EAGLE in Deutschland öfter im Einsatz ist als jedes andere Layout-Programm, gibt es viele Unternehmen, die nur die Board-Datei benötigen, um Filme oder Prototypen anzufertigen. Auf unseren Internet-Seiten finden Sie Links zu solchen Firmen.

Wenn Ihr Platinenhersteller nicht darauf eingerichtet ist, EAGLE-Board-Dateien direkt zu verarbeiten, dann müssen Sie ihm einen Satz von Dateien schicken, den Sie mit Hilfe des CAM-Prozessors erstellen.

Eine Stückliste erhalten Sie, wenn Sie Ihre Platine in den Editor laden und das User-Language-Programm BOM.ULP mit RUN ausführen. Die erzeugte Textdatei *boardname.BOM* enthält die Stückliste.

Auf CadSofts Internet-Seiten und auf der aktuellen EAGLE-CD-ROM finden Sie weitere nützliche ULPs, etwa zur Erstellung von Klebemasken, zur Erzeugung von Fräskonturen oder zum Erstellen von Daten für Bestückungsautomaten.

Welche Dateien erhält der Platinenhersteller?

Die folgende Aufstellung enthält die Dateien, die man für eine vierlagige Platine mit dem Namen DEMO.BRD erzeugen sollte. Layer 2 ist eine normale Innenlage mit unterschiedlichen Signalen. Layer 3 ist eine Versorgungslage für das GND-Signal, die vom Benutzer gemäß EAGLEs Namenskonvention für Versorgungs-Layer in \$GND umbenannt wurde. Die Dateinamen sind Vorschläge. Sie dürfen auch eigene, für Sie eindeutige Namen verwenden.

Diese Dateien erzeugen Sie mit dem CAM-Prozessor. Näheres dazu finden Sie in den folgenden Abschnitten.

Die in der Aufstellung angegebenen Optionen sind Empfehlungen, die sich im Einzelfall ändern können.

Bohrdaten

Als Device für die Bohrdaten ist das Bohrformat (z. B. SM1000 oder Excellon) zu wählen.

Falls durchkontaktierte und nicht durchkontaktierte Bohrungen getrennt gebohrt werden sollen, müssen zwei Dateien angelegt werden, eine mit aktiviertem Drills-Layer und eine mit aktiviertem Holes-Layer.

Die in der Aufstellung angegebene Option *Rotate* ist dann sinnvoll, wenn die Platine im Layout-Editor im Querformat erscheint.

Dateien, die mit dem CAM-Prozessor erzeugt werden

Datei	Aktivierte Layer	Bemerkung/empfohlene Optionen
DEMO.CMP	Top Via Pad	Bauteilseite. Optionen: pos. Coord., Optimize, Fill pads.
DEMO.LY2	Route2 Via Pad	Multilayer-Innenlage. Optionen: pos. Coord., Optimize, Fill pads.
DEMO.LY3	\$GND	Multilayer-Versorgungslage. Wird automatisch invertiert ausgegeben. Optionen: pos. Coord., Optimize.
DEMO.SOL	Bottom Vias Pads	Lötseite. Optionen: Mirror, pos. Coord., Optimize, Fill pads.
DEMO.PLC	tPlace Dimension tName	Bestückungsplan Bauteilseite. Optionen: pos. Coord., Optimize.
DEMO.PLS	bPlace Dimension bName	Bestückungsplan Lötseite. Nur erforderlich, falls Bauteile auf der Unterseite. Optionen: Mirror, pos. Coord., Optimize.
DEMO.DCC	tPlace Dimension tName tValue tDocu	Dokumentationsdruck Bauteilseite. Optisch ansprechende Darstellung für die eigenen Unterlagen. Namen und Werte, je nach Geschmack.
DEMO.DCS	bPlace Dimension bName bValue bDocu	Dokumentationsdruck Lötseite. Siehe DEMO.DCC. Nur erforderlich, falls Bauteile auf der Unterseite. Optionen: Mirror.
DEMO.STC	tStop	Lötstopmaske Bauteilseite. Optionen: pos. Coord., Optimize.
DEMO.STS	bStop	Lötstopmaske Lötseite. Optionen: Mirror, pos. Coord., Optimize.
DEMO.DRP	Drills Holes Dimension	Ausdruck mit der Lage der Bohrungen.
DEMO.DRD	Drills Holes	Bohrdaten für NC-Bohrmaschinen. Optionen: Mirror, Rotate, pos. Coord., Optimize.

Zusätzliche Informationen für den Platinenhersteller

Zusätzlich müssen Sie dem Service-Unternehmen die Konfigurations-Dateien für Blenden (*name.whl*) und Bohrer (*name.drl*) schicken. Sie können auch die Platinendatei *name.brd* mitgeben. Damit vermeiden Sie bei Problemen unter Umständen zeitraubende Rückfragen. Generell können Passermarken (die z. B. im Layer Reference definiert sind) oder ein Informationsfeld (z. B. im Layer Documentation) mit eingblendet werden.

Eine Textdatei, etwa DEMO.TXT, sollte Hinweise für den Platinenhersteller enthalten.

Regeln, die Zeit und Geld sparen

- Jeder Layer sollte unbedingt eindeutig gekennzeichnet sein (z. B. BS für Bestückungsseite).
- Aus Kostengründen sollten Sie unbedingt Engstellen unter 0,2 mm vermeiden, sofern das möglich ist.
- Als Platinenbegrenzung sollten Sie nur Winkel an den Ecken einzeichnen. Geschlossene Umrandungen können zu Problemen bei der Herstellung führen.
- Grundsätzlich sollten Sie mindestens einen 2 mm breiten Rand der Platine von Kupfer freihalten. Bei Versorgungslagen von Multilayer-Platinen, die invertiert geplottet werden, erreichen Sie das, indem Sie einen Wire am Rand der Platine einzeichnen.

Ausgabe-Parameter einstellen

Dieser Abschnitt beschreibt die Einstellung der Parameter für die Ausgabe einer Zeichnung oder einer Datei, die anschließend mit dem *Process*-Button gestartet wird. Auf gleiche Weise werden die Parameter einer Section eingestellt, wie im nächsten Abschnitt beschrieben.

Laden Sie die Schaltplan- oder Board-Datei über das *File/Open*-Menü des CAM-Prozessors, und stellen Sie folgende Parameter ein:

- Treiber für das gewünschte Ausgabegerät aus *Combo Box Device* auswählen.
- Ausgabeschnittstelle oder -datei in Feld *Output* eintragen. Soll an einen Netzwerkdrucker ausgegeben werden, geben Sie den Netzwerkpfad in UNC-Schreibweise an, z.B. \\Servername\Druckername.
Wenn Sie bei *Output*, *Wheel* oder *Rack* nur den Punkt und die File-Extension angeben, wird der Eintrag mit dem Namen der geladenen Schaltplan- oder Layout-Datei ergänzt.
Beispiel: “.CMP” wird ergänzt zu “boardname.CMP”.
Siehe auch Abschnitt *Name der Ausgabedateien*.
- Auszugebende Layer durch Anklicken der entsprechenden Check Boxes auswählen.
Über das Menü *Layer/Deselect all* kann man zunächst alle Layer ausblenden. Mit *Layer/Show selected* erhalten Sie einen Überblick der aktuell ausgewählten Layer.
- Device-spezifische Parameter (Aperture Wheel, Rack File etc.) einstellen.
Bei der Auswahl des Gerber-Treibers (im Feld *Device*) erscheint zum Beispiel das Feld *Wheel*. Hier geben Sie den Pfad zur Blendentabelle an. Bei der Ausgabe von Bohrdaten (Excellon, SM1000, SM3000) wird im Feld *Rack* die Angabe der Bohrertabelle verlangt (siehe auch S. 93 *Bohrdaten*).
- Falls ein Board geladen ist, Board-Parameter (Annulus, Thermal, Mask Data) einstellen. Alle Werte werden in der Einheit Mil eingegeben.
Die Parameter *Annulus* und *Thermal* sind nur für Versorgungslayer mit einem Signal (siehe S. 53) relevant. Bei Änderungen dieser Parameter beachten Sie bitte Seite 91 und das Kapitel *Annulus- und Thermal-Symbole berechnen*.
Zu den Parametern *Mask data* gehören:
Stop frame:
Bestimmt das Übermaß der Lötstopmaske.
Stop limit:
Legt fest, bis zu welchem Bohrdurchmesser für Vias keine Lötstopmaske generiert werden soll. Vias mit kleinerem Bohrdurchmesser werden mit Lötstoplack bedeckt, größere bleiben frei.
Cream frame:
Übermaß (bzw. Untermaß bei negativem Wert) der Lotpastenmaske gegenüber SMD-Pads.

- Falls eine Schaltung mit mehreren Blättern geladen ist, Sheet auswählen.
- Flag-Optionen einstellen.
 - Mirror:*
Ausgabe spiegeln.
 - Rotate:*
Die Zeichnung wird um 90 Grad gedreht.
 - Upside down:*
Die Zeichnung wird um 180 Grad gedreht. Zusammen mit Rotate wird die Zeichnung um insgesamt 270 Grad gedreht.
 - Pos. Coord:*
Die Zeichnung wird so ausgegeben, daß keine negativen Koordinaten vorkommen. Sie wird an die Koordinatenachsen herangeschoben. Achtung: Negative Koordinaten führen bei vielen Peripheriegeräten zu Fehlern! Diese Option sollte standardmäßig immer eingeschaltet sein.
 - Quickplot:*
Beschleunigte Ausgabe, bei der nur die Umrisse von Objekten erscheinen. Diese Option ist nur bei bestimmten Treibern einstellbar.
 - Optimize:*
Mit dieser Option schalten Sie die Wegoptimierung für die Plotterausgabe ein oder aus.
 - Fill pads:*
Pads füllen. Bei der Ausgabe der Fertigungsdaten für eine Platine ist diese Option eingeschaltet. Wird diese Option deaktiviert, werden die Bohrlöcher sichtbar. Diese Funktion kann nur dann einwandfrei ausgeführt werden, wenn es von den gewählten Werten für Stiftdurchmesser, Pad-Durchmesser und Bohrloch her möglich ist.

Name der Ausgabedateien

Die in der Tabelle angegebenen Extensions für die Output-Files sind nur Vorschläge. Falls Sie einen Job für Gerberdaten definieren, der alle Dateien mit diesen Extensions erzeugt, wird die Info-Datei (**.gpi*) bei jeder nachfolgenden Section überschrieben. Falls Sie die Info-Dateien an Ihren Fotoplot-Service mitschicken wollen, gehen Sie folgendermaßen vor:

Tragen Sie für Output entweder "*name.xx#*" oder "*.xx#*" ein.

Dabei gilt: *name* steht für einen beliebigen Namen, *xx* steht für beliebige Zeichen, die in Dateinamen erlaubt sind).

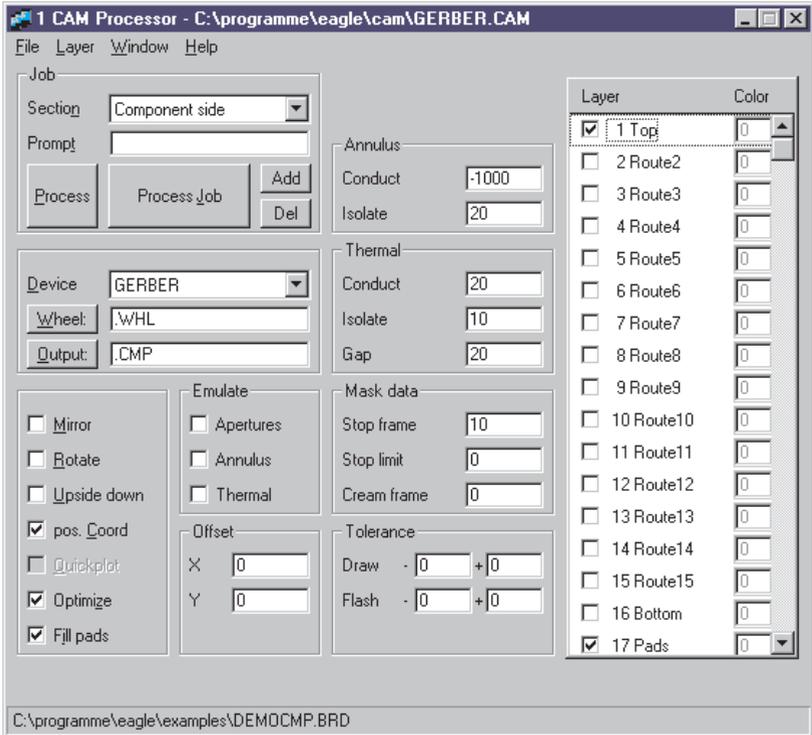
Als Output-File wird dann *name.xxX* bzw. *boardname.xxX* erzeugt.

Als Info-File wird *name.xxI* bzw. *boardname.xxI* erzeugt.

Konkretes Beispiel:

Es ist die Platine "MYBOARD.BRD" geladen. Im Output-Feld ist ".CP#" eingetragen. Das Output-File heißt "MYBOARD.CPX", und das Info-File heißt "MYBOARD.CPI".

Bitte achten Sie bei der Definition eines Jobs darauf, daß sich die Extensions für jede Section eindeutig voneinander unterscheiden.



In diesem Bild ist die Section *Component Side* des Jobs *GERBER.CAM* dargestellt. In der Zeile *Wheel* ist die Endung *.WHL* für die Blenden-tabelle angegeben. Die Ausgabedatei erhält den Namen *DE-MOCMP.CMP*. Die Flag-Optionen *pos. Coords.*, *Optimize* und *Fill Pads* sind aktiviert. Das Übermaß für die Lötstopmaske ist auf 10 Mil eingestellt.

Blenden-Konfigurations-Datei mit gleichen Einheiten

Die Blendentabelle wird bei der automatischen Erstellung mit dem Treiber GERBERAUTO einheitlich in Inch-Werten definiert.

Falls Ihr Leiterplattenhersteller die Einheiten in mm-Werten wünscht, können Sie das durch Ändern des Treibers GERBER bzw. GERBERAUTO erreichen.

Editieren Sie dazu mit einem Texteditor, der keine Steuerzeichen hinzufügt, die Datei EAGLE.DEF. Suchen Sie nach der Zeile

```
[GERBER]
```

bzw.

```
[GERBERAUTO]
```

und fügen Sie am Ende des jeweiligen Abschnittes die Zeilen

```
Units = bzw. Decimals = ein.
```

Beispiel:

```
Units = mm  
Decimals = 4
```

Um Probleme mit Rundungsfehlern bei der Umrechnung zu vermeiden, sollten Sie bei der Ausgabe der Gerber-Daten im CAM-Prozessor Toleranzen von +0.01 und -0.01 für Draw- und Flash-Blenden zulassen.

Automatisieren der Ausgabe mit CAM-Prozessor-Jobs

Der CAM-Prozessor stellt einen Job-Mechanismus zur Verfügung, mit dessen Hilfe die gesamte Erstellung der Ausgabedaten für eine Platine automatisiert werden kann.

Job definieren

Ein Job besteht aus einer oder mehreren Sections. Eine Section ist ein Satz von Einstellungen, wie im vorherigen Abschnitt *Ausgabe-Parameter einstellen* beschrieben, der die Ausgabe *einer* Zeichnung oder Datei definiert. Auf diese Weise können Sie mit einem Job sämtliche Zeichnungen und Dateien erzeugen, die für ein Projekt erforderlich sind.

So definieren Sie einen Job:

- Klicken Sie den *Add*-Button an, und tragen Sie einen Namen für die zu definierende *Section* ein.
- Stellen Sie einen kompletten Parametersatz ein, also den Ausgabetreiber (*Device*), die Layer die ausgegeben werden sollen, das Ausgabeziel (*Output*), ggf. einen Scale-Faktor, die Flag-Optionen (*Mirror, Rotate, Upside Down...*) und ggf. Werte für die Lötstopmaske bzw. Lotpastenmaske (*Mask data*). Die Parameter *Annulus* und *Thermal* für Versorgungslagen können in den meisten Fällen unverändert übernommen werden (siehe auch S. 79).
- Tragen Sie für die angezeigte Section im Feld *Prompt* eine Meldung ein, die vor der Ausführung auf dem Bildschirm erscheinen soll (etwa *Papier wechseln*), falls Sie das wünschen.
- Definieren Sie weitere Sections auf die gleiche Weise unter anderen Namen. Ganz wichtig: Zuerst mit *Add* neue Section anlegen, dann die Parameter einstellen. Falls im Feld *Section* ein Name erscheint, beziehen sich die Parameter-Einstellungen bzw. -Änderungen immer auf diese Section.
- Löschen Sie eine Section durch Anklicken des *Del*-Buttons, falls erforderlich.
- Speichern Sie alle Sections als Job unter einem von Ihnen gewählten Namen (mit *File/Save job as*).

Laden können Sie einen Job über das *File*-Menü des Control Panels oder des CAM-Prozessors oder durch Anklicken des entsprechenden Icons im Control Panel.

Um die Ausgabe für eine bestimmte Schaltung oder Platine zu erzeugen, muß die Datei über das *File*-Menü des CAM-Prozessors geladen werden (*File/Open/Board* oder *Schematic*).

Alle Sections eines Jobs werden ausgeführt, wenn Sie den *Process Job*-Button anklicken. Eine bestimmte Section wird ausgeführt, wenn Sie den "Process"-Button anklicken.

Erstellen eines eigenen Device-Treibers

Die Treiber für die Ausgabegeräte sind in der Textdatei EAGLE.DEF definiert. Dort finden Sie alle Angaben, die zur Erstellung eines eigenen Treibers erforderlich sind. Am besten, Sie kopieren den Block für ein Ausgabegerät der gleichen Kategorie und ändern dann die Parameter, wo es erforderlich ist.

Verwenden Sie bitte einen Texteditor, der keine Steuerzeichen in die Datei einfügt.

Beispiel für einen Gerber(auto)-Treiber, der die Daten im mm-Format erzeugt:

```
[GERBER_MM33]

Type      = PhotoPlotter
Long      = "Gerber photoplotter"
Init      = "G01*\nX000000Y000000D02*\n"
Reset     = "X000000Y000000D02*\nM02*\n"
ResX      = 25400
ResY      = 25400
Wheel     = ""
Move      = "X%06dY%06dD02*\n"      ; (x, y)
Draw      = "X%06dY%06dD01*\n"      ; (x, y)
Flash     = "X%06dY%06dD03*\n"      ; (x, y)
Units     = mm
Decimals  = 4
Aperture  = "%s*\n"                  ; (Aperture code)
Info      = "Plotfile Info:\n" \
            "\n" \
            " Coordinate Format : 3.3\n" \
            " Coordinate Units  : 1/1000mm\n" \
            " Data Mode       : Absolute\n" \
            " Zero Suppression  : None\n" \
            " End Of Block    : *\n" \
            "\n"

[GERBERAUTO_MM33]

@GERBER_MM33
Long      = "With automatic wheel file generation"
Wheel     = "" ; avoids message!
AutoAperture = "D%d" ; (Aperture number)
FirstAperture = 10
```

Filmerstellung über PostScript-Dateien

Während noch vor wenigen Jahren für die Herstellung professioneller Platinenfilme fast ausschließlich Gerber-Daten erzeugt werden mußten, gibt es heute mit PostScript-fähigen Raster-Fotoplottern eine qualitativ hochwertige Alternative, die einfach zu handhaben und sehr preiswert ist.

Der CAM-Prozessor erzeugt mit dem Treiber "PS" Dateien im PostScript-Format, die direkt von einschlägigen Service-Unternehmen (die meist im Druckbereich angesiedelt sind) verarbeitet werden können.

Für PostScript-Belichter sind die Werte *Width* und *Height* sehr groß (z. B. 100 x 100) zu wählen, damit die Zeichnung nicht auf mehrere Seiten aufgeteilt wird.

Der Treiber *EPS* erzeugt Encapsulated-PostScript-Files, die Sie in DTP-Programmen weiterverwenden können.

Gerber-Dateien für Fotoplotter mit variablem Blendenteller

Die meisten Platinenhersteller verwenden heute Gerber-Fotoplotter mit variablem Blendenteller. Im Gegensatz zu Fotoplottern mit festem Blendenteller ist dabei keine Abstimmung zwischen Ihnen und dem Service-Unternehmen bezüglich der Blendentabelle erforderlich.

Bitte erkundigen sich, welches Format gewünscht wird. Am einfachsten ist es mit dem neueren Format RS274-X, bei dem die Blendentabelle in die Ausgabedatei integriert ist. Die Erstellung der Daten ist damit genauso einfach wie für PostScript oder einen beliebigen Drucker. Verwenden Sie dazu bitte den Treiber GERBER_RS274X. Zur einfachen Ausgabe mit dem CAM-Prozessor gibt es einen CAM-Job *GERB274X.CAM*. Diesen können Sie nach Ihren Wünschen anpassen. Lesen Sie hierzu die folgenden Abschnitte, die das Ändern bzw. Erweitern am Beispiel des Jobs *GERBER.CAM* beschreiben.

Das verbreitetste Format ist RS-274D, bzw. Subsets davon. Dabei muß eine Datei mit der passenden Blendentabelle zusätzlich zu den Dateien mit den Plotdaten mitgeliefert werden. Alle weiteren Ausführungen in diesem Kapitel beziehen sich auf dieses Format.

Job GERBER.CAM für zweilagige Platinen

Der CAM-Job *GERBER.CAM* verwendet die Treiber GERBERAUTO und GERBER, die Daten im Format RS-274D erzeugen. Er ist für eine zweilagige Platine angelegt, die mit Lötstoplack auf Bestückungs- und Lötseite und mit einem Bestückungsdruck versehen werden soll.

Laden Sie den Job etwa durch Anklicken des Icons GERBER im Control Panel.

Im ersten Schritt wird automatisch eine Blendentabelle *name.WHL* erzeugt.

Anschließend werden Dateien für folgende Lagen automatisch ausgegeben:

name.CMP	Bestückungsseite
name.SOL	Lötseite
name.PLC	Bestückungsdruck
name.STC	Lötstoplack Bestückungsseite
name.STS	Lötstoplack Lötseite

Falls noch weitere Lagen erzeugt werden sollen, z.B. Bestückungsdruck für die Unterseite oder eine Maske für die Lötpaste, kann der Gerber-Job beliebig erweitert werden.

Sie müssen dem Job einfach weitere Sections anfügen und die entsprechenden Lagen erzeugen lassen. Wichtig ist, daß Sie in der ersten

Section (*Generating a wheel file*), die eine gemeinsame Blendentabelle für alle Gerber-Dateien erzeugt, neu hinzukommende Layer aktivieren. In der ersten Section müssen also alle Lagen gleichzeitig eingeblendet sein, die anschließend zur Erstellung der einzelnen Gerber-Dateien benötigt werden.

GERBER.CAM für Multilayer-Platinen erweitern

Für Multilayer-Platinen kann man als Grundlage den Job *GERBER.CAM* verwenden. Man erweitert ihn einfach um die zusätzlichen Innenlagen.

Beispiel: Sie wollen eine Platine mit Smd-Bestückung auf der Top- und Bottom-Seite, einer Versorgungslage \$GND in Layer2 und einer weiteren Innenlage mit einem Polygon VCC in Layer 15 (der in VCC umbenannt wurde) ausgeben.

Sie brauchen Bestückungsdrucke für Ober- und Unterseite, Lötstopmaske und eine Maske für die Lötpaste für beide Seiten.

Der CAM-Job enthält dann folgende Sections:

1. Erzeugung der Blendentabelle mit Treiber GERBERAUTO.

Hier müssen Sie jetzt alle Layer aktivieren, die Sie in den anderen Sections brauchen.

2. Section für die Bestückungsseite (in GERBER.CAM schon enthalten). Sie erzeugen die Output-Datei:

name.CMP Layer: Top, Pads, Vias

3. Lötseite (in GERBER.CAM schon enthalten):

name.SOL Layer: Bottom, Pads, Vias

4. Bestückungsdruck Bauteilseite (in GERBER.CAM schon enthalten):

name.PLC Layer: tPlace, Dimension, tNames

5. Bestückungsdruck Lötseite (neu in GERBER.CAM):

name.PLS Layer: bPlace, Dimension, bNames

6. Versorgungslage \$GND (neu in GERBER.CAM):

name.ly2 Layer: \$GND

7. Innenlage VCC (neu in GERBER.CAM):

name.l15 Layer: VCC, Pads, Vias

8. Lötstopplack Bauteilseite (in GERBER.CAM schon enthalten):

name.STC Layer: tStop

9. Lötstopplack Lötseite (in GERBER.CAM schon enthalten):

name.STS Layer: bStop

10. Lötpaste Bauteilseite (neu in GERBER.CAM):

name.CRC tCream

11. Lötpaste Lötseite (neu in GERBER.CAM):

name.CRS

Layer: bCream

Speichern Sie dann den neu erzeugten Job im CAM-Prozessor über *File/Save job* unter einem neuen Namen ab. Prüfen Sie jetzt nochmal, ob alle benötigten Layer zur Erzeugung der Blendentabelle in der ersten Section aktiv sind.

Wollen Sie die Voreinstellungen für das Übermaß der Lötstopmaske oder der Lötpaste verändern, müssen Sie dies in der ersten Section zur Blendentabellenerzeugung und auch in den entsprechenden Sections für Lötstopmaske und Lötpaste tun!

In den vordefinierten Jobs werden alle Lagen, die sich auf die Platinenunterseite beziehen, gespiegelt ausgegeben. Sollte Ihr Leiterplatten-Hersteller nicht gespiegelte Ausgaben bevorzugen, deaktivieren Sie die Flag-Option *Mirror* in allen Sections Ihres Jobs.

Bei der Ausgabe der Versorgungslage (hier \$GND) darf nur der Signal-Layer eingeblendet werden! Keine Pads, keine Vias! Bei anderen Innenlagen, die z. B. Polygone enthalten können, müssen die Layer Pads und Vias aktiviert sein (wie auch bei der Ober- bzw. Unterseite).

Die Output-Datei, die in der ersten Section erzeugt wird, kann nicht genutzt werden. Darum sollte die Datei

name.\$\$\$

gelöscht werden.

Bei den Namen der Output-Dateien können Sie sich nach der Aufstellung auf Seite 77 richten.

Hinweis:

Auf der aktuellen EAGLE-CD-ROM finden Sie eine Anleitung im HTML-Format (*CAMTIPS.HTM*) zum Thema *Erstellen von Fertigungsdaten mit dem CAM-Prozessor*. Diese mit Bildern versehene Anleitung können Sie mit Hilfe eines Internet-Browser aufrufen.

Gerber-Dateien für Fotoplotter mit festem Blendenteller

Dateien für Gerber-Fotoplotter mit individuellem Blendenteller werden mit dem Treiber GERBER erstellt. Die vorherige Abstimmung mit dem Belichtungs-Service ist dabei unerlässlich, da nur bestimmte Größen für Pads und Leiterbahnen sinnvoll sind. Außerdem muß die für den Plotter passende Blendentabelle von Hand erstellt werden.

Es gibt verschiedene Arten von Blenden. Sie unterscheiden sich in Größe und Form. Allgemein üblich sind Kreise (Round), Achtecke (Octagon), Quadrate (Square) sowie Spezialsymbole für Passermarken und Versorgungs-Layer-Lötaugen (Thermal- bzw. Annulus-Symbole).

Zum Zeichnen von Leiterbahnen werden üblicherweise runde Fahrblenden (Draw) verwendet.

Wenn Sie mit dem CAM-Prozessor Dateien für einen Fotoplotter mit festem Blendenteller erzeugen wollen, müssen Sie zuerst eine Blendenkonfiguration vorgeben.

Dazu erstellen Sie die Konfigurations-Datei `name.WHL` gemäß den Angaben Ihres Service-Unternehmens mit dem EAGLE-Texteditor und laden dann diese Datei im CAM-Prozessor nach der Auswahl des GERBER-Treibers über das Eingabefeld *Wheel* (siehe auch Abschnitt *Ausgabe-Parameter einstellen*, Seite 79).

Der CAM-Prozessor sucht sich normalerweise für jedes zu zeichnende Objekt die passende Blende aus der Konfigurations-Datei. Dabei muß für jeden Strich eine Draw-Blende mit dem passenden Durchmesser und für jedes Symbol (z. B. Pad) eine Blitzblende mit den richtigen Maßen und der richtigen Form vorhanden sein. Ist das nicht der Fall, wird keine Ausgabedatei erzeugt.

Info-Dateien

In der Datei

`name.gpi`

sind dann die Blenden aufgelistet, die in der Konfigurations-Datei nicht gefunden wurden. Dabei ist *name* der für die Ausgabedatei gewählte Name.

Sie können dann Ihre Platine so abändern, daß Sie mit den vorhandenen Blenden auskommen oder, eventuell nach Rücksprache mit Ihrem Fotoplot-Service, die Konfigurations-Dateien ändern bzw. ergänzen. Nach dem Erzeugen einer Plot- oder Bohrdatei sollten Sie sich auf jeden Fall die zugehörige Info-Datei ansehen.

D010	annulus	0.004 x 0.000
D011	annulus	0.005 x 0.000
D015	annulus	0.055 x 0.000
D016	annulus	0.059 x 0.000
D017	annulus	0.063 x 0.000
D020	round	0.004
D021	round	0.005
D032	round	0.055
D033	round	0.059
D040	square	0.004
D041	square	0.006
D067	square	0.055
D052	square	0.059
D054	thermal	0.090 x 0.060
D055	thermal	0.100 x 0.063
D056	thermal	0.115 x 0.075
D057	thermal	0.120 x 0.080
D104	oval	0.030 x 0.090
D105	oval	0.090 x 0.030
D100	rectangle	0.060 x 0.075
D101	rectangle	0.075 x 0.060
D102	rectangle	0.050 x 0.030
D103	rectangle	0.030 x 0.050
D110	draw	0.004
D111	draw	0.005

Beispiel einer Blenden-Konfigurations-Datei: Alle Maße in Zoll (Default) oder mit Einheit, z. B. 0.010in oder 0.8mm. Kommentare in Blenden-Konfigurations-Dateien sind mit einem Strichpunkt gekennzeichnet, der entweder am Zeilenanfang steht oder dem ein Leerzeichen vorangeht.

Blenden-Emulation

Ist die Option *Emulate Apertures* gewählt, dann nimmt das Programm kleinere Blenden, um nicht vorhandene Blenden zu emulieren. Damit steigen natürlich die Plot-Zeiten und -Kosten. Deshalb sollte man die *Blenden-Emulation vermeiden*, wenn es geht.

Auskunft darüber, ob und welche Blenden emuliert wurden, gibt die Info-Datei *name.gpi*.

Blendentoleranzen

Eine weitere Möglichkeit, eine Gerber-Datei zu erzeugen, obwohl nicht die exakten Blenden vorhanden sind, ist das Zulassen von Blendentoleranzen für Draw- oder Blitz(Flash)-Blenden. Bitte beachten Sie, daß dabei die Platine u. U. nicht mehr genau der mit EAGLE ent-

worfenen Vorlage entspricht, da einzelne Objekte Über- bzw. Untermaß innerhalb des gewählten Toleranzbereichs haben können.

Auskunft über die verwendeten Blenden und Toleranzen gibt die Info-Datei *name.gpi*.

Thermal- und Annulus-Blenden

Unabhängig davon werden Thermal- bzw. Annulus-Blenden nur dann emuliert, wenn die Optionen *Emulate Thermal* bzw. *Emulate Annulus* gewählt sind. Ist die Emulation von Thermal- bzw. Annulus-Blenden ausgeschaltet, wird immer die nächstgrößere Blende verwendet. Die Datei *name.gpi* gibt darüber Auskunft, welche Blende verwendet wurde.

Definieren einer Blenden-Konfiguration

Der CAM-Prozessor unterscheidet zwischen Fahrblenden (DRAW), mit denen z. B. Leitungen gezeichnet werden, und Blitzblenden (Flash), mit denen z. B. Lötaugen belichtet werden. Es müssen auf alle Fälle Fahrblenden definiert sein, damit Leitungen gezeichnet werden können. Wenn der Fotoplotter nicht zwischen Fahr- und Blitzblenden unterscheidet, müssen Sie die runden oder achteckigen Blenden zusätzlich als DRAW-Blende definieren. Folgende Blenden sind möglich:

Name	Dimension
Draw	Durchmesser
Round	Durchmesser
Square	Seitenlänge
Octagon	Durchmesser
Rectangle	Länge-X x Länge-Y
Oval	Durchmesser-X x Durchmesser-Y
Annulus	Außendurchm. x Innendurchm.
Thermal	Außendurchm. x Innendurchm.

Diese Blendenformen werden im CAM-Prozessor so verwendet:

Draw	zum Zeichnen von Wires und für Blenden-Emulation
Round	für runde Lötaugen
Square	für quadratische Lötaugen und Smds
Octagon	für achteckige Lötaugen mit gleicher X- und Y-Abmessung
Rectangle	für Rechtecke und Smds
Oval	für längliche achteckige Lötaugen
Annulus	für Isolationsringe in Versorgungslayern
Thermal	für Anschlüsse in Versorgungslayern

Annulus- und Thermal-Symbole berechnen

Die Maße für die passenden Annulus- und Thermal-Blenden leitet EAGLE vom Bohrdurchmesser des Pads und den im CAM-Prozessor eingestellten Annulus- und Thermal-Parametern ab. Dabei wird folgendermaßen vorgegangen:

Annulus:

$$\begin{aligned} \text{Innendurchmesser} &= \text{Pad-Bohrdurchmesser} + 2 * \text{Conduct} \\ \text{Außendurchmesser} &= \max(\text{Pad-Bohrdurchm.}, \text{Innendurchm.}) \\ &\quad + 2 * \text{Isolate} \end{aligned}$$

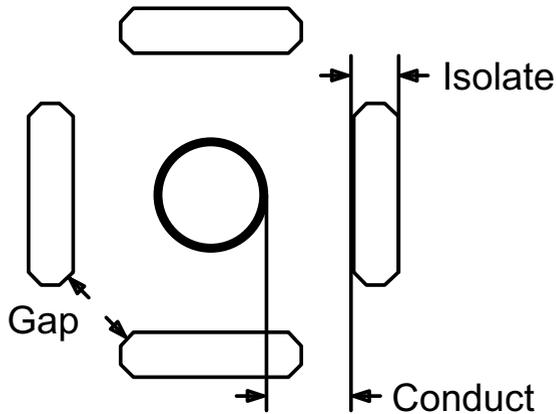
Default: Conduct = -1000 (voll ausgefüllt), Isolate = 20 (Mil).

Thermal:

$$\begin{aligned} \text{Innendurchmesser} &= \text{Pad-Bohrdurchmesser} + 2 * \text{Conduct} \\ \text{Außendurchmesser} &= \text{Innendurchmesser} + 2 * \text{Isolate} \end{aligned}$$

Gap: Breite des Steges zwischen zwei Isolationslinien des Thermal-Symbols (nur relevant bei Emulation!).

Default: Conduct = 20 (Mil), Isolate = 10 (Mil), Gap = 20 (Mil).



Bedeutung der Parameter Gap, Isolate und Conduct beim Thermal-Symbol.

Bohrdaten und Bohrplan

Die Erstellung von Bohrdaten entspricht in vielem der Ausgabe von Fotoplot-Daten. Auch dabei erzeugt man Dateien, die man an den Platinenhersteller schickt. Als Ausgabetreiber (Device) kommen SM1000, SM3000 und EXCELLON in Frage. Vor der Erzeugung der Ausgabedatei muß man eine Bohrer-Konfiguration definieren. Damit die Platine korrekt gebohrt werden kann, muß der Fertigungsbetrieb diese Konfiguration kennen. Schicken Sie ihm deshalb die Konfigurations-Datei mit.

EAGLE erzeugt Bohrungen für Pads, Vias und Holes. Die Bohrungen für Pads und Vias (also durchkontaktierte Bohrungen) entstehen, wenn bei der Ausgabe der Layer Drills eingeblendet ist. Holes (also Löcher ohne Durchkontaktierung) entstehen, wenn der Layer Holes eingeblendet ist. Wenn alle Löcher gemeinsam gebohrt werden sollen, müssen deshalb beide Layer eingeblendet sein. Sollen sie getrennt gebohrt werden, sind zwei Bohrdateien auszugeben, die mit jeweils einem der beiden Layer erzeugt wurden. Erforderlich kann dies zum Beispiel dann sein, wenn die Holes einen wesentlich größeren Durchmesser haben als die Bohrungen für Pads und Vias.

Für Bohrer kann auch eine Toleranz spezifiziert werden. Bitte achten Sie aber darauf, daß die Platine dann noch Ihren "Design Rules" entspricht.

Bohrdaten

Um die Bohrdaten für eine Platine zu erstellen, gehen Sie folgendermaßen vor:

- Laden Sie die Platine in ein Layout-Editor-Fenster.
- Führen Sie das mitgelieferte User-Language-Programm DRILLCFG.ULP mit Hilfe des RUN-Befehls aus. Damit wird die Bohrer-Konfigurations-Datei *boardname.DRL* erzeugt.
- Starten Sie jetzt den CAM-Prozessor (z.B. *File/CAM Processor*).
- Laden Sie die Platine im CAM-Prozessor mit *File/Open/Board*, sofern sie beim Start nicht schon automatisch geladen wurde.
- Laden Sie den mitgelieferten Job EXCELLON.CAM, z. B. mit *File/Open/Job*.
- Überprüfen sie die Parameter, und ändern Sie sie gegebenenfalls nach Ihren Bedürfnissen ab (z. B. Ausgabetreiber ändern in SM1000 oder SM3000). Eine Toleranz von ± 0.025 ist sinnvoll, damit keine Probleme aufgrund der internen Einheitenrechnung entstehen. Es dürfen nur die Layer *Drills* und *Holes* aktiv sein! Keine anderen Layer! Eine Übersicht der aktiven Layer erhalten Sie mit *Layer/Show selected*.
- Speichern Sie den Job mit *File/Save job*, sofern Sie Veränderungen vorgenommen haben.
- Führen Sie den Job mit "Process Job" aus.

- Der Leiterplattenhersteller bekommt die Dateien *name.drl* und *name.drd* sowie eventuell auch die Info-Datei *name.dri*.

```
T01  0.010
T02  0.016
T03  0.032
T04  0.040
T05  0.050
T06  0.070
```

Beispiel für eine Bohrer-Konfigurations-Datei: Alle Maße in Zoll (Default) oder mit Einheit, z. B. 0.010in oder 0.8mm. Kommentare in Bohrer-Konfigurations-Dateien sind mit einem Strichpunkt gekennzeichnet, der entweder am Zeilenanfang steht oder dem ein Leerzeichen vorangeht.

Info-Datei

Die Datei *name.dri* enthält eine Liste der fehlenden bzw. verwendeten Bohrer und weitere wichtige Informationen. Sie wird in dasselbe Verzeichnis wie die Output-Datei geschrieben.

Bohrplan

Zur optischen Kontrolle der Bohrungen kann man einen Bohrplan ausgeben, der für unterschiedliche Bohrdurchmesser unterschiedliche Symbole enthält. EAGLE kennt 19 solche Symbole. Davon sind 18 bestimmten Durchmessern zugeordnet. Eines, das Durchmesserzeichen (\emptyset), erscheint bei Durchmessern, für die kein eigenes Symbol definiert ist. Die Symbole erscheinen in den Layern Drills und Holes an den Stellen, an denen sich Pads oder Vias bzw. Holes befinden. Bei der Ausgabe des Bohrplans sind deshalb die Layer Drills und Holes einzublenden.

Die Zuordnung der Symbole zu den Bohrdurchmessern definiert man im *Options/Set/Drill*-Dialog des Layout-Editors.

Hier die Symbolnummern mit den zugehörigen Symbolen:

1	+	10	✕
2	×	11	▽
3	□	12	△
4	◇	13	◁
5	⊗	14	▷
6	⊠	15	⊕
7	⊞	16	⊗
8	⊣	17	⊞
9	✖	18	⊞

Der Autorouter

Prinzipielle Möglichkeiten

- Beliebiges Routing-Raster (min. 4 Mil)
- Beliebiges Plazierungsraster (min. 0,1 micron)
- SMD-Bauelemente auf beiden Seiten werden geroutet
- Routing-Fläche kann die gesamte Zeichenfläche sein (vorausgesetzt, es ist genügend Speicher vorhanden)
- Wahl der Strategie durch Steuerparameter
- Multilayerfähig (bis zu 16 Signallagen, die gleichzeitig geroutet werden, nicht nur paarweise)
- Vorzugsrichtung für jeden Layer getrennt einstellbar: horizontal und vertikal, echte 45/135 Grad (interessant für Zwischen-Layer!)
- Ripup und Retry für 100-%-Entflechtungs-Strategie
- Optimierungsläufe zur Minimierung der Vias und Glättung der Leiterbahnverläufe
- Vorverlegte Leiterbahnen werden nicht verändert

Was man vom Autorouter erwarten kann

Der EAGLE-Autorouter ist ein sogenannter 100%-Router. Dieser Begriff besagt, daß Platinen, die theoretisch komplett entflochten werden können, vom Autorouter zu 100 % entflochten werden, vorausgesetzt — und das ist eine entscheidende Einschränkung — der Autorouter hat unendlich viel Zeit. Diese Einschränkung gilt für alle 100%-Router. Da man in der Praxis aber nicht unendlich viel Zeit hat, kann es sein, daß auch ein 100%-Router eine Platine nicht vollständig entflieht.

Der EAGLE-Autorouter arbeitet nach dem Ripup/Retry-Verfahren. Das bedeutet: Sobald er eine Leitung nicht mehr verlegen kann, nimmt er schon verlegte Leitungen wieder weg (Ripup) und versucht es erneut (Retry). Die Zahl der Leitungen, die er wieder wegnehmen darf, nennt man Ripup-Tiefe. Sie spielt eine entscheidende Rolle für die Geschwindigkeit und das Entflechtungsergebnis. Im Prinzip trifft man damit die Einschränkung, von der oben die Rede war.

Wer von einem Autorouter erwartet, daß er die perfekte Platine ohne eigenes Zutun liefert, wird enttäuscht werden: Der Layouter muß nach wie vor seine Vorstellungen von der Platine selbst einbringen und auch einiges an Überlegung investieren. Tut er das, dann ist ein Autorouter eine wertvolle Hilfe, die ihm sehr viel Routinearbeit abnehmen kann.

Steuerung des Autorouters

Der Autorouter wird über eine Reihe von Parametern gesteuert, die in der Datei DEFAULT.CTL bzw. boardname.CTL gespeichert sind. Diese Datei wird zunächst im Design-Directory und dann im Current Directory gesucht (Current Directory ist unter Windows das Verzeichnis, das Sie unter "Eigenschaften/Verknüpfung/Arbeitsverzeichnis" finden, wenn Sie das EAGLE-Icon mit der rechten Maustaste anklicken). Falls keine solche Datei gefunden wird, werden Default-Werte eingestellt. Die Steuerdatei läßt sich über das Menü des AUTO-Befehls verändern.

Prinzipiell läuft ein Routing-Vorgang in mehreren Schritten ab:

Bus-Router

Zuerst läßt man im allgemeinen einen Bus-Router laufen, dessen Parameter so eingestellt werden, daß er Busse optimal verdrahtet. Dieser Schritt kann entfallen. Busse im Sinne des Autorouters sind Verbindungen, die mit einer geringen Abweichung in x- oder y-Richtung "geradlinig" verlegt werden können.

Routing-Lauf

Dann folgt der eigentliche Routing-Lauf mit Parametern, die möglichst eine 100%ige Entflechtung erlauben. Hier läßt man bewußt zu, daß viele Durchkontaktierungen gesetzt werden, um keine Wege zu verbauen.

Optimierung

Im Anschluß daran können beliebig viele Optimierungsläufe folgen, deren Parameter so eingestellt sind, daß überflüssige Durchkontaktierungen wegoptimiert und Leiterbahnverläufe geglättet werden. Bei den Optimierungsläufen wird jeweils nur noch eine Leitung weggenommen und neu verlegt. Allerdings kann sich noch ein höherer Entflechtungsgrad ergeben, da durch den geänderten Verlauf dieser Leitung unter Umständen neue Wege frei werden.

Beispiele routen

Zu den mitgelieferten Platinenbeispielen existieren zum Teil Steuerdateien (*.ctl), die für die jeweilige Platine schon optimiert sind. Diese Parametersätze werden automatisch verwendet, wenn der Name der Steuerdatei mit dem Namen der Platinendatei übereinstimmt.

Steuerparameter und ihre Bedeutung

Parameter	Default	Bedeutung
RoutingGrid	= 50	Das Raster, in dem der Autorouter seine Leiterbahnen und Durchkontaktierungen verlegt
		Mindestabstände zwischen vom Autorouter 1) verlegten Leiterbahnen und...
mdWireWire	= 8	...Leiterbahnen
mdWirePad	= 8	...Pads
mdWireDimension	= 40	...Platinenrand
mdWireVia	= 8	...Durchkontaktierungen
mdWireRestrict	= 8	...Sperrflächen
		Mindestabstände zwischen vom Autorouter 1) verlegten Vias und...
mdViaPad	= 8	...Pads
mdViaDimension	= 40	...Platinenrand
mdViaVia	= 8	...Durchkontaktierungen
mdViaRestrict	= 8	...Sperrflächen
		Kostenfaktoren für...
cfVia	= 8	...Vias
cfNonPref	= 5	...Verletzung der Vorzugsrichtung
cfChangeDir	= 2	...Richtungsänderung
cfOrthStep	= 2	...Schritt in 0 oder 90 Grad
cfDiagStep	= 3	...Schritt in 45 oder 135 Grad
cfExtdStep	= 0	...Schritt in 45 Grad gegen Vorzugsrichtung
cfBonusStep	= 1	...Schritt im Bonus-Gebiet
cfMalusStep	= 1	...Schritt im Malus-Gebiet
cfPadImpact	= 4	...Einfluß eines Pads auf seine Umgebung
cfSmdImpact	= 4	...Einfluß eines Smds auf seine Umgebung
cfBusImpact	= 4	...Einhaltung der Bus-Struktur
cfHugging	= 3	...Aneinanderschmiegen von Leiterbahnen
cfAvoid	= 4	...Vermeidung bereits benutzter Gebiete bei Ripup
cfBase.1	= 0	Basiskosten für einen Schritt im jeweiligen Layer
cfBase.2	= 1	
...		
cfBase.15	= 1	
cfBase.16	= 0	
		Maximale Anzahl von...
mnVias	= 20	...Vias pro Leiterbahnzug
mnSegments	= 9999	...Wire-Stücken pro Leiterbahnzug
mnExtdSteps	= 9999	...Schritten 45 Grad gegen Vorzugsrichtung
mnRipupLevel	= 10	...herausnehm. LB-Zügen pro nicht verlegb. Verb.
mnRipupSteps	= 100	...Ripup-Sequenzen für eine nicht verlegb. Leitung
mnRipupTotal	= 20	...insg. gleichzeitig herausgenommenen LB-Zügen
		Track-Parameter für...
tpWireWidth	= 16	...Breite der Leiterbahnen
tpViaDiameter	= 40	...Durchmesser der Vias
tpViaDrill	= 24	...Bohrdurchmesser der Vias
tpViaShape	= Round	...Form der Vias (Round oder Octagon)
PrefDir.1	=	Vorzugsrichtung im jeweiligen Layer
PrefDir.2	= 0	Symbole: 0 - / \ *
...		0 : Layer steht nicht zum Routen zur Verfügung
PrefDir.15	= 0	* : routen ohne Vorzugsrichtung
PrefDir.16	= -	- : routen mit X als Vorzugsrichtung
		: routen mit Y als Vorzugsrichtung
		/ : routen mit 45 Grad Vorzugsrichtung
		\ : routen mit 135 Grad Vorzugsrichtung

Alle Maße in Mil

1) Folgende Bedingungen müssen eingehalten werden:

```

tpViaDiameter + 2 * mdWireVia > tpWireWidth + 2 * mdWireWire
tpViaDiameter + 2 * mdViaVia > tpWireWidth + 2 * mdWireVia
tpViaDiameter + 2 * mdViaPad > tpWireWidth + 2 * mdWirePad
tpViaDiameter ≥ 2 * (mdWireDim - mdViaDim) + tpWireWidth

```

Was ist vor dem Routen in der Steuerdatei festzulegen

Design Rules

Abhängig von der Komplexität der Platine und den zur Verfügung stehenden Fertigungsmöglichkeiten sind die Design Rules festzulegen. Ändern Sie bitte die entsprechenden Parameter (mdXXX bzw. tpXXX) im Menü des AUTO-Befehls.

Die Grundeinstellungen liest der Autorouter aus der Autorouter-Steuerdatei DEFAULT.CTL. Wollen Sie eine Steuerdatei für ein bestimmtes Layout, z.B. MYBOARD.BRD, erstellen, kopieren Sie DEFAULT.CTL nach MYBOARD.CTL.

Denken Sie auch daran, die Parameter des DRC-Befehls entsprechend einzustellen, am besten, indem Sie eine Script-Datei mit denselben Werten vorbereiten.

Raster

Die richtige Wahl des Routing- und Plazierungsrasters ergibt sich aus den Design Rules und den verwendeten Bauelementen. Siehe Seite 100. Das minimale Routing-Raster liegt bei 4 Mil bzw. 0.1016 mm.

Layer

Layer, in denen der Autorouter keine Leitungen verlegen darf, werden mit PrefDir.X = 0 definiert (X = Layer-Nummer).

Im Autorouter-Menü entspricht dieser Parameter der linken Spalte des Bereichs "Layer". Klicken Sie mit der Maus so lange in das Feld, bis 0 erscheint.

Bei Versorgungs-Layern ist beispielsweise PrefDir.X=0 einzustellen.

Wollen Sie eine doppelseitige Platine entwickeln, dann wählen Sie Top und Bottom als Route-Layer. Für eine einseitige Platine sollten Sie nur den Bottom-Layer verwenden. Bei Innenlagen ist es sinnvoll, die Layer von außen nach innen zu verwenden, also zunächst 2 und 15 und so weiter. Innenlagen werden zu Versorgungs-Layern, wenn sie zu \$name umbenannt sind, wobei *name* ein gültiger Signalname ist.

Bei Platinen, die so komplex sind, daß es zweifelhaft ist, ob sie zweiseitig zu verdrahten sind, empfiehlt es sich, sie als Multilayer-Boards anzulegen und die "Kosten" für Innen-Layer sehr hoch zu machen. So versucht der Autorouter die Innenlagen zu meiden und möglichst viele Verbindungen in den Außenlagen zu verlegen. Im Notfall kann er aber auf eine Innenlage ausweichen.

Vorzugsrichtungen

Die Vorzugsrichtungen stellt man im allgemeinen so ein, daß sie auf den beiden Außenseiten der Platine um 90 Grad versetzt sind. In Innenlagen ist es oft von Vorteil, 45 und 135 Grad zu wählen, da damit Diagonalverbindungen abgedeckt werden. Siehe auch Seite 102. Prinzipiell sollte man vor der Wahl der Vorzugsrichtungen die Platine

(anhand der Luftlinien) daraufhin untersuchen, ob für eine bestimmte Seite eine Richtung Vorteile bietet. Das kann insbesondere bei Smd-Platinen der Fall sein.

Bitte achten Sie auch beim Vorverlegen von Leiterbahnen auf die Vorzugsrichtungen. Default: Top (rot): vertikal, Bottom (blau): horizontal.

Bus-Router

Den Bus-Router sollte man aktivieren, wenn auf der Platine Bus-Strukturen vorhanden sind. Busse werden nur geroutet, wenn es einen Layer mit entsprechender Vorzugsrichtung gibt.

Kostenfaktoren

Die Default-Werte für die Kostenfaktoren sind so gewählt, daß Sie unserer Erfahrung nach die besten Ergebnisse liefern. **Wir empfehlen, sie nicht zu ändern.** Ausnahme: die Via-Kosten. Bei allen anderen Parametern können schon kleine Änderungen große Auswirkungen haben.

Weitere Steuerparameter

Auch die restlichen Steuerparameter, zum Beispiel mnRipupLevel, mnRipupSteps usw. sind so eingestellt, daß Sie unserer Erfahrung nach die besten Ergebnisse liefern.

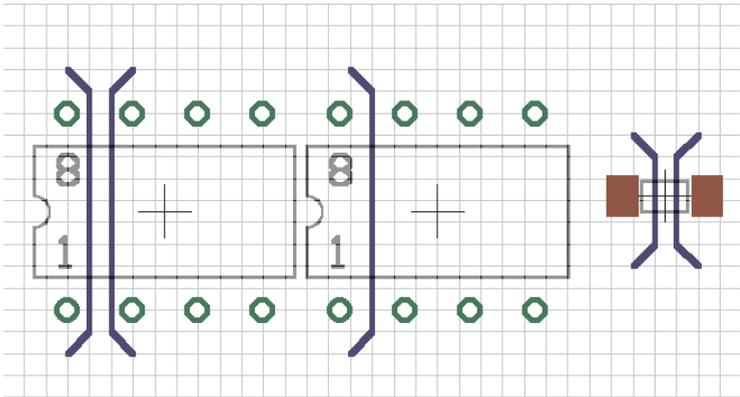
Überlegungen zum Raster

Plazierungs-Raster

Der Autorouter läßt zwar ein beliebiges Platzierungs-Raster (einzustellen mit dem GRID-Befehl) zu. Allerdings ist es nicht besonders sinnvoll, die Bauteile in einem derart feinen Raster zu platzieren. Generell gilt:

- Das Platzierungs raster sollte nicht feiner als das Routing-Raster sein.
- Falls das Platzierungs raster größer als das Routing-Raster ist, sollte es ein ganzzahliges Vielfaches davon sein.

Diese Regeln leuchten ein, wenn man sich überlegt, daß es gemäß den Design Rules z. B. möglich wäre, zwei Leitungen zwischen zwei Anschlüssen eines Bausteins zu verlegen, dies aber an der Wahl der beiden Raster scheitern kann (siehe Bild).



Routing-Raster

Bitte beachten Sie, daß das Routing-Raster im Menü des AUTO-Befehls (Grid) eingestellt wird. Es ist nicht identisch mit dem aktuellen Raster des Layout-Editors, das mit dem GRID-Befehl eingestellt wird.

Für das Routing-Raster gilt: Der Zeitbedarf steigt exponentiell mit der Auflösung. Deshalb sollte man es so groß wie möglich wählen. Die Hauptüberlegung für die meisten Platinen richtet sich darauf, wie viele Leitungen maximal zwischen den Anschlüssen eines ICs verlegt werden sollen. Natürlich müssen in diese Überlegung die gewählten Design Rules, also Mindestabstände der Leitungen zu Pads und anderen Leitungen, mit einbezogen werden.

Die Konsequenz aus obigen Überlegungen lautet:

Die beiden Raster sind so zu wählen, daß die Pads der Bauelemente möglichst auf dem Routing-Raster liegen.

Natürlich gibt es Ausnahmen, etwa bei Smd-Bauelementen, bei denen der umgekehrte Fall auftreten kann, daß nämlich eine Platzierung außerhalb des Routing-Rasters die besten Ergebnisse liefert. Auf jeden Fall sollte man sich die Wahl des Rasters anhand der Design Rules und der Pad-Abstände genau überlegen.

Beim linken Bauelement liegen die Pads auf dem Routing-Raster. Es können zwei Leitungen zwischen zwei Pads verlegt werden. Die Pads des mittleren Bauelements liegen nicht auf dem Routing-Raster, deshalb hat nur eine Leitung Platz.

Rechts: Ausnahme von der Regel, dargestellt an Smd-Pads, die zwischen den Routing-Rasterlinien platziert wurden, damit eine Leitung dazwischen Platz hat.

Bei der Wahl des Rasters ist auch zu beachten, daß möglichst keine Pads für den Router "unsichtbar" werden. Das heißt, jedes Pad soll mindestens einen Routing-Rasterpunkt belegen. Sonst kann es passieren, daß der Autorouter eine Verbindung nicht legen kann, die ansonsten ohne Probleme zu verlegen wäre - einfach weil er das entsprechende Pad nicht auf seinem Raster darstellen kann. In diesem Fall gibt der Autorouter beim Start die Meldung *Unreachable SMD at x y* aus. $x y$ gibt die Position der Smd-Fläche an.

Der Default-Wert für das Routing-Raster ist 50 Mil. Dieser Wert ist für einfache Platinen mit bedrahteten Bauteilen ausreichend. Arbeiten Sie mit Smd-Bauteilen, benötigen Sie ein feineres Routing-Raster. Übliche Werte sind 25, 12,5, 10 oder 5 Mil.

Überlegungen zu den Vorzugsrichtungen

Bei kleinen Platinen, die größtenteils mit Smd-Bauteilen bestückt sind, kann es erfahrungsgemäß von Vorteil sein, ganz ohne Vorzugsrichtungen zu routen (cfNonPref = 0 sowie PrefDir.xx = *). Der Router kommt dann wesentlich schneller zu einem brauchbaren Ergebnis. Auch bei einseitig zu routenden Boards sollte ohne Vorzugsrichtung gearbeitet werden.

Einstellung im Autorouter-Menü siehe S. 107.

Sperrflächen für den Autorouter definieren

Falls der Autorouter in bestimmten Gebieten keine Leitungen oder Durchkontaktierungen verlegen soll, können Sie Sperrflächen mit den Befehlen RECT, CIRCLE und POLYGON in die Layer tRestrict, bRestrict und vRestrict einzeichnen.

tRestrict: Sperrflächen für Leitungen im Top-Layer.

bRestrict: Sperrflächen für Leitungen im Bottom-Layer.

vRestrict: Sperrflächen für Durchkontaktierungen.

Solche Sperrflächen können auch schon im Package eines Bauteils definiert sein (etwa um die Befestigungslöcher eines Steckers herum oder für einen liegend montierten Transistor, unter dem sich keine Leitungen befinden sollen).

Einfluß der Kostenfaktoren auf den Routing-Prozeß

Grundsätzlich sind bei jedem Kostenfaktor (cfXXX) Werte von 0..99 möglich, aber nicht bei jedem ist der ganze Bereich sinnvoll. Deshalb sind die sinnvollen Werte jeweils unter dem Parameter angegeben. Es soll aber noch einmal betont werden, daß wir empfehlen, nur mit den Werten zu arbeiten, die in der Datei DEFAULT.CTL definiert sind (ausgenommen cfVia).

cfVia: 0..99

Steuert die Verwendung von Durchkontaktierungen. Ein niedriger Wert führt zu vielen Durchkontaktierungen, erlaubt aber andererseits die weitestgehende Einhaltung der Vorzugsrichtungen. Ein hoher Wert bewirkt nach Möglichkeit eine Vermeidung von Durchkontaktierungen, was allerdings zwangsläufig zu einer vermehrten Verletzung der Vorzugsrichtungen führt. Empfehlung: niedriger Wert beim Routing-Durchgang, hoher Wert beim Optimieren.

cfNonPref: 0..10

Steuert die Einhaltung der Vorzugsrichtungen. Ein niedriger Wert erlaubt auch das Routen gegen die Vorzugsrichtung, während ein hoher Wert die Leiterbahnen in Vorzugsrichtung zwingt.

cfChangeDir: 0..10

Steuert die Häufigkeit von Richtungsänderungen. Ein niedriger Wert bedeutet, daß eine Leiterbahn viele Knicke haben darf. Ein hoher Wert führt zu weitestgehend geraden Leiterbahnen.

cfOrthStep, cfDiagStep

Bewirken die Einhaltung der Bedingung, daß die Hypothenuse in einem rechtwinkligen Dreieck kürzer ist als der Weg über die beiden Katheten. Die Default-Werte sind 2 und 3. Daraus ergibt sich, daß der Weg über die Katheten Kosten von $2+2=4$ verursacht, gegenüber 3 über die Hypothenuse. **Diese Parameter sollten unter keinen Umständen verändert werden!**

cfExtdStep: 0..30

Steuert die Vermeidung von Leiterbahnstücken, die 45 Grad gegen die Vorzugsrichtung verlaufen und dadurch die Platine in zwei Hälften teilen würden. Ein niedriger Wert bedeutet, daß solche Leiterbahnstücke erlaubt sind, während ein hoher Wert sie möglichst vermeidet. Mit dem Parameter *mnExtdStep* steuert man die Länge dieser Leiterbahnstücke. Setzt man *mnExtdStep* = 0, wird jeder Raster-schritt des 45-Grad-Stücks mit dem Wert von *cfExtdStep* beaufschlagt. Gibt man beispielsweise einen Wert *mnExtdStep* = 5 vor, sind die ersten fünf Schritte des 45-Grad-Stücks erlaubt, jeder weitere Schritt wird mit dem Wert von *cfExtdStep* beaufschlagt. So kann man erreichen, daß 90-Grad-Leiterbahn-Knicke durch ein

kurzes 45-Grad-Stück abgeschrägt werden. Die Einstellung $cfExtStep = 99$ und $mnExtStep = 0$ sollte keine Leiterbahnen mit 45-Grad-Winkeln erlauben. Nur relevant in Layern mit Vorzugsrichtung. Empfehlung: niedriger Wert beim Routing-Durchgang, höherer Wert beim Optimieren.

cfPadImpact, cfSmdImpact: 0..10

Pads und Smds erzeugen um sich herum *gute* bzw. *schlechte* Gebiete, also Zonen, in denen der Autorouter seine Leiterbahnen lieber oder weniger gern legt. Die *guten* Gebiete verlaufen in Vorzugsrichtung (falls definiert), die *schlechten* verlaufen senkrecht dazu. Das führt dazu, daß Leitungen in Vorzugsrichtung vom Pad/Smd weg verlegt werden. Hohe Werte sorgen dafür, daß die Leitung relativ weit in Vorzugsrichtung verläuft, bei niedrigen Werten kann schon nach kurzer Distanz die Vorzugsrichtung verlassen werden.

cfBonusStep, cfMalusStep: 1..3

Wirkt als Verstärkungsfaktor bei der Unterscheidung von *bevorzugten* (*Bonus*) bzw. *schlechten* (*Malus*) Gebieten auf der Platine. Hohe Werte führen zu einer starken Unterscheidung zwischen *guten* und *schlechten* Gebieten, niedrige Werte vermindern diesen Einfluß. Siehe auch *cfPadImpact*, *cfSmdImpact*.

cfBusImpact: 0..10

Steuert die Einhaltung der idealen Linie bei Busverdrahtungen (siehe auch *cfPadImpact*). Ein hoher Wert sorgt dafür, daß die direkte Linie zwischen Start- und Zielpunkt möglichst eingehalten wird. Nur beim Bus-Routen relevant.

cfHugging: 0..5

Steuert die Bündelung parallel verlaufender Leiterbahnen. Ein hoher Wert führt zu einer starken Bündelung (eng aneinandergeschmiegte Leiterbahnen), ein niedriger Wert erlaubt eine großzügigere Verteilung. Empfehlung: höherer Wert beim Routen, niedrigerer Wert beim Optimieren.

cfAvoid 0..10

Steuert beim Ripup die Vermeidung der Gebiete in denen herausgenommene Leiterbahnen lagen. Ein hoher Wert führt zu einer starken Vermeidung.

cfBase.xx: 0..5

Basiskosten für einen Schritt im jeweiligen Layer. Empfehlung: außen (Top, Bottom) immer 0, innen größer als 0.

Zahl der Ripup/Retry-Versuche

Aufgrund der Struktur des Autorouters gibt es mehrere Parameter, die den Ripup/Retry-Mechanismus beeinflussen. Sie sind so eingestellt, daß ein möglichst guter Kompromiß aus Zeitbedarf und Routing-Ergebnis erreicht wird. Der Benutzer sollte deshalb die Werte für *mnRipupLevel*, *mnRipupSteps* und *mnRipupTotal* nicht ändern.

Generell gilt: Hohe Werte für diese Parameter lassen viele Ripups zu, führen aber zu erhöhten Rechenzeiten.

Um die Bedeutung der Parameter verstehen zu können, muß man wissen, wie der Router prinzipiell vorgeht:

Zunächst wird Leitung für Leitung verlegt, bis für eine kein Weg mehr gefunden wird. Sobald das der Fall ist, nimmt der Router maximal die mit *mnRipupLevel* definierte Zahl von schon verlegten Leitungen heraus, um die neue verlegen zu können. Sind also z. B. acht Leitungen im Weg, dann kann er die neue nur verlegen, wenn *mnRipupLevel* mindestens 8 ist.

Ist die neue Leitung geroutet, versucht er, alle herausgenommenen Leitungen wieder zu verlegen. Dabei kann es vorkommen, daß er erneut eine Ripup-Sequenz starten muß, um eine dieser Leitungen wieder verlegen zu können. Der Router ist dann gewissermaßen zwei Ripup-Sequenzen von der Stelle entfernt, an der er den ganzen Vorgang wegen einer nicht zu verlegenden Leitung gestartet hat. Jede weitere herausgenommene Leitung, die nicht mehr verlegt werden kann, startet eine weitere Ripup-Sequenz. Die maximale Anzahl solcher Sequenzen ist mit dem Parameter *mnRipupSteps* definiert.

Der Parameter *mnRipupTotal* schließlich legt fest, wie viele Leitungen insgesamt zu einem Zeitpunkt herausgenommen sein dürfen. In bestimmten Fällen wird dieser Wert überschritten.

Wird einer dieser Werte überschritten, bricht der Router den gesamten Ripup-Vorgang ab und rekonstruiert den Zustand, als die ursprünglich nicht verlegbare Leitung geroutet werden sollte. Diese Leitung wird als nicht verlegbar betrachtet, und der Router macht mit der nächsten Verbindung weiter.

Backup und Unterbrechen des Routens

Da bei umfangreichen Layouts der Routing-Prozeß unter Umständen mehrere Stunden dauern kann, werden zwischendurch (ca. alle 10 Minuten) Backups des Routing-Jobs gemacht. Die Datei `name.JOB` enthält immer den letzten Stand des Jobs. Falls aus irgendwelchen Gründen (Stromausfall etc.) der Job unterbrochen werden sollte, ist die bis dahin investierte Rechenzeit nicht verloren, denn man kann auf dem in `name.JOB` abgelegten Stand "wieder aufsetzen". Hierzu lädt man das Board, gibt unmittelbar danach "AUTO;" ein und beantwortet die Frage des Autorouters, ob er wieder aufsetzen soll (*Continue existing job?*) mit *yes*. Es wird dann an der Stelle weitergemacht, an der die letzte Sicherung erfolgte (maximal können so ca. 10 Minuten verloren gehen).

Wird der Autorouter mit Ctrl-Break oder über das Stop-Icon abgebrochen, so bleibt ebenfalls die Datei `name.JOB` stehen, und man kann auf dieser wieder aufsetzen. Das kann zum Beispiel dann interessant sein, wenn man einen umfangreicheren Job zunächst auf einem langsameren Rechner gestartet hat und ihn dann, sobald ein schnellerer Rechner frei wird, dort weiterlaufen lassen will.

Beachten Sie bitte, daß eine Änderung der Parameter vor dem Wiederaufsetzen keinen Einfluß auf den Job hat, da dieser mit dem zum Zeitpunkt des ursprünglichen Autorouter-Starts geltenden Parametern abgespeichert wurde!

Sobald der Autorouter fertig ist, wird das so entstandene Board automatisch unter `name.B$$` abgespeichert. Falls das Board versehentlich oder wegen Stromausfall nicht abgespeichert worden ist, kann die Datei in `name.BRD` umbenannt und wieder geladen werden.

Das Autorouter-Menü

Wenn Sie den Autorouter nicht mit den Default-Werten starten wollen, können Sie die Steuerparameter auch direkt in einem Menü verändern. Ist die Platine *name.BRD* geladen, dann erzeugen Sie damit die Steuerdatei *name.CTL* (im Verzeichnis, in dem das Board ist), die vorrangig vor der Datei *DEFAULT.CTL* verwendet wird. Natürlich sind die Einstellungen nur für diese Platine gültig.

Bitte beachten Sie, daß EAGLE zunächst nach der Datei *name.CTL* sucht. Ist keine solche Datei vorhanden, sucht das Programm nach *DEFAULT.CTL*. Ist auch sie nicht vorhanden, werden die internen Default-Einstellungen verwendet.

Das Menü erscheint, wenn Sie den AUTO-Befehl aktivieren. Sie haben dann die Möglichkeit, der Reihe nach die Parameter für die einzelnen Durchgänge einzustellen. Selektieren Sie dazu mit der Maus die Einträge "Busses", "Route", "Optimize1...Optimize3", und geben Sie die Werte für den jeweils selektierten Durchgang ein. Das Häkchen in der Check-Box neben "Busses"... bedeutet, daß dieser Durchgang ausgeführt wird.

Layer	Costs	Maximum	Minimum Distance
1 Top	Via: 8	Vias: 20	Wire: 0.00800
2 Route2	NonPref: 5	Segments: 9999	Pad: 0.00800
3 Route3	ChangeDir: 2	ExtdSteps: 9999	Via: 0.00800
4 Route4	OrthStep: 2	RipupLevel: 10	Dim: 0.04000
5 Route5	DiagStep: 3	RipupSteps: 100	Restr: 0.00800
6 Route6	ExtdStep: 0	RipupTotal: 100	
7 Route7	BonusStep: 1		
8 Route8	MalusStep: 1		
9 Route9	PadImpact: 4	Pass	Track
10 Route10	SmdlImpact: 4	<input type="radio"/> Busses	Grid: 0.05000
11 Route11	BusImpact: 0	<input checked="" type="radio"/> Route	Wire Width: 0.01600
12 Route12	Hugging: 3	<input type="radio"/> Optimize1	Via Diameter: 0.04000
13 Route13	Avoid: 4	<input type="radio"/> Optimize2	Via Drill: 0.02400
14 Route14		<input type="radio"/> Optimize3	Via Shape: Round
15 Route15			
16 Bottom			

In der linken Spalte des Bereichs *Layer* kann die Vorzugsrichtung eingestellt werden. Der Eintrag 0 bedeutet, daß dieser Layer vom Autorouter nicht verwendet wird. Die Spalte rechts daneben enthält die Kostenfaktoren für die einzelnen Layer. Ein hoher Wert bedeutet, dieser Layer wird möglichst vermieden.

Alle Parameter wirken global für alle Durchgänge, außer die Gruppen *Costs* und *Maximum*, die für jeden Durchgang unterschiedlich sein können.

Werte im Autorouter-Menü beziehen sich auf die aktuelle GRID-Einheit.

Mit *Create Job* erzeugen Sie einen Autorouter-Job und eine Steuerdatei mit den gegenwärtig eingestellten Parametern.

Nach *Select* können Sie gemäß der Syntax des AUTO-Befehls bestimmte Signale autorouten lassen.

Mit *Start* starten Sie den Autorouter für alle nicht verlegten Signale.

Der Menüpunkt *Cancel* bricht den AUTO-Befehl ab, ohne die Änderungen zu speichern.

Mit der Check Box *Continue existing job* entscheiden Sie, ob Sie mit einem existierenden Job weitermachen wollen oder für die noch verbliebenen ungerouteten Signale neue Einstellungen wählen wollen.

End Job beendet den Autorouting-Job und lädt das bisherige Routing-Ergebnis. Dieser Button erscheint sobald ein Job definiert ist.

Polygone als Versorgungslagen

Zum Thema “Multilayer-Platinen, Masseflächen und Versorgungslayer” finden Sie mehr auf Seite 53. Bitte beachten Sie folgende Anmerkungen, wenn Sie den Autorouter in Versorgungslagen einsetzen, die mit Polygonen realisiert wurden.

Mit Polygonen ist es möglich, Versorgungslagen zu erzeugen, die mehr als eine Versorgungsspannung enthalten und/oder daneben auch noch einzelne Wires. Hierbei handelt es sich dann nicht um die bisher bekannten “Supply-Layer”, die mit “\$” im Namen gekennzeichnet werden, sondern um ganz normale Layer (im Bereich 2 bis 15).

Sobald in einem Signal-Layer ein Polygon liegt, kann der Autorouter innerhalb der Polygon-Fläche keine Vias mehr setzen. Es ist deshalb sinnvoll, die Polygone erst dann zu definieren, wenn alle anderen Signale geroutet sind.

Um trotzdem bei bereits definierten Versorgungs-Polygonen den Autorouter nutzen zu können, bietet sich folgende Vorgehensweise an:

Annahme: Versorgungspolygon für GND im Layer 2

- Datei laden (Polygone sind nicht freigerechnet!)
- Autorouter konfigurieren, so daß Layer 2 NICHT zur Verfügung steht
- Alles außer GND routen (“Auto ! GND;” bzw. im AUTO-Menü Select anklicken und “! GND;” eingeben)
- Layer 2 für Autorouter aktivieren und GND routen lassen.

Auf diese Weise kann der Autorouter zwar die Ebene wechseln (und das GND- Polygon “durchdringen”), er verlegt aber keine Leitungen innerhalb des GND-Polygons (das würde sehr schnell zu einem “Zerfallen” des GND-Polygons führen).

Informationen für den Anwender

Statusanzeige

Während des Routens gibt der Autorouter Auskunft über das gegenwärtige Routing-Ergebnis. Die angezeigten Werte haben folgende Bedeutung:

Routing: Auflösung % [bisheriges Maximum]
Vias: Zahl der Vias
Conn: Verbindungen gesamt/gefunden/nicht verlegbar
Ripup: Zahl d. Ripups/akt. RipupLevel/akt. RipupTotal
Signals: Signale ges./Sig. bearbeitet/Sig. vorbereitet

Mit Verbindungen sind 2-Punkt-Verbindungen gemeint.

Protokolldatei

Bei jedem Routing-Lauf erzeugt der Autorouter die Datei name.PRO, die nützliche Informationen enthält.

Hier ein Beispiel:

EAGLE AutoRouter Statistics:

```
Job           : C:\EAGLE\DEMO2.BRD
Strategy      : C:\EAGLE\DEMO2.CTL

Start at     : 12:12:51 ( 1/1/1997)
End at       : 12:16:49 ( 1/1/1997)
Elapsed time  : 00:03:56

Signals      : 48  RoutingGrid: 50 mil  Layers: 2
Connections  : 95  predefined: 11 ( 0 Vias )

Router memory : 20164

Passname     : Busses  Route Optimize1 Optimize2 Optimize3
Time per pass : 00:00:11 00:00:45 00:01:05 00:00:58 00:00:57
Number of Ripups : 0 0 0 0 0
max. Level : 0 0 0 0 0
max. Total : 0 0 0 0 0

Routed      : 30 84 84 84 84
Vias        : 0 87 23 19 19
Resolution  : 43.2 % 100.0 % 100.0 % 100.0 % 100.0 %
```

STICHWORTVERZEICHNIS

A

Abbrechen	
Befehl	15
Action-Toolbar	13, 15
ADD	17, 24, 32, 48, 62
Addlevel	62, 69, 71, 72, 73, 75
Airwire	6
Aktuelle Einheit	41
Aktuelles Verzeichnis	10
Alt-X	10
Always	71, 73
Ändern	
Objekt-Eigenschaften	17, 24, 58
Annulus	
Abmessungen	92
Annulus-Blende	91
Annulus-Symbol	91
Arbeitsumgebung	45
ARC	18, 25
ASSIGN	20, 37, 45
Auffrischen	
Bildschirm	15
Aufhängepunkt	
Eines Bauteils	56
Ausgabe	
SIEHE AUCH Zeichnungsausgabe	
Ausgabedatei	77
Automatische Benennung	80
Ausgabegerät	84
Ausgabetreiber	84
AUTO	26
Autorouter	95
Backup	106
Beispiele	96
Einseitig Routen	98
Kostenfaktoren	103, 107
Layer	98
Menü	107
Protokoll-Datei	110
Raster	98, 100

Ripup/Retry	105
Sperrflächen	74, 102
Starten	26
Steuerdatei	98
Steuerparameter	97
Unreachable SMD	101
Unterbrechen	106
Versorgungs-Layer	53, 109
Vorzugsrichtungen	98, 107
Wiederaufsetzen	106
Zeitbedarf	100
Autorouter-Modul	7

B

Back-Annotation	47
Backup	11
Bauteilbeschriftung	57
Bauteileliste	44
Bauteilentwurf	55
Bauteilseite	
Ausgeben	77
Beenden	
EAGLE b.	10, 20
Befehl	
Eingeben	36
Befehle	
ADD	17, 24, 32
ARC	18, 25
ASSIGN	20
AUTO	26
BOARD	15
BUS	18
CHANGE	17, 24, 32
CIRCLE	18, 25
CLOSE	19
CONNECT	32
COPY	16, 23
CUT	17, 24
DELETE	17, 24
DIR	20
DISPLAY	16, 23

DRC	26	SHOW	16, 23
EDIT	19, 28	SIGNAL	26
ERC	19, 26	SMASH	17, 24
ERRORS	26	SMD	29
EXPORT	20	SPLIT	18, 25
GATESWAP	17	TEXT	18, 25
GRID	14	UNDO	15
GROUP	16, 23	USE	15
HOLE	26	VALUE	17, 24, 32
INFO	16, 23	VIA	26
INVOKE	18	WINDOW	15
JUNCTION	19	WIRE	18, 25
LABEL	19	WRITE	19
LAYER	20	Befehlsdatei	
MARK	16, 23	SIEHE AUCH Script-Datei	
MENU	20	Befehlseingabe	36
MIRROR	16, 23	History-Funktion	36
MOVE	16, 23	Koordinaten	40
NAME	17, 24, 32	Script-Dateien	52
NET	19	Befehls-Makro	15
OPEN	19	Befehls-Parameter	14
OPTIMIZE	25	Befestigungsloch	74
PACKAGE	32	Begriffe	6
PAD	29	Belichtungs-Service	89
PASTE	17, 24	Benutzeroberfläche	
PIN	30	SIEHE User Interface	
PINSWAP	17, 24	Benutzersprache	46
POLYGON	18, 25	Beschriftung	
PREFIX	32	Schaltplansymbol	64
PRINT	20	Bestückungsplan	56
QUIT	20	Ausgeben	77
RATSNEST	26	Bestückungsplan-Symbol	57
RECT	18, 25	Bewegen	23
REDO	15	Gruppe	16
REMOVE	20, 28	Objekte	16
RENAME	28	Bibliothek	46
REPLACE	25	Laden	15
RIPUP	25	Öffnen	19
ROTATE	16, 23	Schließen	19
ROUTE	25	Bibliotheks-Editor	27
RUN	15	EAGLE-Professional	7
SCRIPT	15	Bibliotheksentwurf	55
SET	20	Blatt	7

Blattnummer	6	Clk	59
Blenden		CLOSE	19
Konfiguration	89, 91	CONNECT	32, 63
Blenden-Emulation	90	Control Panel	8
Blendenformen	91	COPY	16, 23
Blenden-Konfiguration	89, 90	Cream Frame	79
Blenden-Konfigurations-Datei	82, 90	Current Directory	10
Blendentabelle	82	CUT	17, 24
Blendenteller	89		
Blendentoleranz	90	D	
Blitzblende	89, 91	Datei	
Board	6	Drucken	9, 15
BOARD	15	Kopieren	9
Bohrdatei	89	Laden	19
Bohrdaten	76	Löschen	9, 20
Ausgeben	77	Neue D. anlegen	9
Bohrdaten-Ausgabe	93	Öffnen	9, 15
Info-Datei	94	Speichern	9, 15, 19
Bohrdaten-Job	93	Umbenennen	9
Bohrdurchmesser	51	Datenausgabe	34
Bohrer-Konfiguration	93, 94	Default	6
Bohrertabelle	79	DEFAULT.CTL	98
Bohrertoleranz	93	Default-Verzeichnisse	10
Bohrplan	94	DELETE	17, 24, 48
Ausgeben	77	Design Rule Check	26
Bohrsymbole	94	Desktop Publishing	
Bohrung	6, 26, 74	EPS-Datei ausgeben	85
bRestrict	102	Device	
Bubble Help	14	Entwerfen	31, 62
BUS	18, 48	Device-Treiber	84
C		Direction	60
Cam-Prozessor		Pwr	49
Flag-Optionen	83	Sup	49
CAM-Prozessor	7, 10, 15, 33, 76	Directories	10
Dateinamen	79, 94	DISPLAY	16, 23
Flag-Optionen	80	Dokumentationsdruck	56
Gerber	86, 89	Ausgeben	77
Job	83	Dot	59
Section	83	DotClk	59
CAMTIPS.HTM	88	>DRAWING_NAME	75
Can	71	DRC	6, 26
CHANGE	17, 24, 32, 45, 58, 63	DRC-Fehler	
CIRCLE	18, 25, 52, 74, 102	Anzeigen	26
		Drehen	16, 23

DRILLCFG.ULP	93	Function	59
Drucken	20, 76	Funktionstasten	20, 36, 45
Durchkontaktierung	26		
E		G	
EAGLE.DEF	82, 84	Gate	6, 64
EAGLE.SCR		Holen	18, 49
Voreinstellen	45	GATESWAP	17, 62
EDIT	19, 28	Gehäuse	
Edition	7	Austauschen	25
Eingabe		GERB274X.CAM	86
Parameter	14	GERBER	86, 89
ELC	7	GERBER.CAM	86
Enter-Taste		GERBER_RS274X	86
Kommandosprache	38	Gerber-Ausgabe	
EPF-Datei	45	Feste Blenden	89
EPS-Format	85	Variable Blenden	86
ERC	6, 19, 26, 47, 48, 60	GERBERAUTO	82, 86
ERRORS	26	Gerber-Datei	90
Excellon	76	Gerber-Job	86
EXCELLON	93	GND-Symbol	66
EXCELLON.CAM	93	Grid	6
Exit	10	GRID	14, 45, 56
EXPORT	20, 37, 48	GROUP	16, 23
Exportieren	44	Objekt-Eigenschaften	58
		Gruppe	
F		Bewegen	16, 23
Fahrblende	89, 91	Definieren	16, 23
Fensternummer	11		
Fertigungsdaten	52	H	
Fertigungsunterlagen	76	HELP	14
Filmerstellung	85	Help-Funktion	12, 14
Forward&Back-Annotation	47, 52	Hinzufügen	
Fotoplot-Datei	89	Bauelement	24
Fotoplotter	51, 54, 85, 89	Bauelemente	17
Annulus-Blende	91	History-Funktion	36
Blenden-Emulation	90, 91	Hiz	60
Blendenformen	91	Hochkomma	42
Blenden-Konfiguration	89, 90	HOLE	26, 74
Blendenteller	89		
Blendentoleranz	90	I	
Blitzblende	89, 91	I/O	60
Fahrblende	89, 91	Icon	
Thermal-Blende	92	EAGLE-Icons	8
		Selektieren	9

Import		Laden	
OrCAD-Netzliste	7	Datei	19
Importieren	43	>LAST_DATE_TIME	75
In	60	Layer	6
INFO	16, 23	Ein-/Ausblenden	16, 23
Info-Dateien	89	Für Sperrflächen	102
Inhaltsverzeichnis		Gespiegelte L.	65
Bibliothek	44	Wählen/definieren	20
Innenlage		LAYER	20
Ausgeben	77	Layout-Editor	7, 22
Innen-Layer	53	Leerzeichen	39
INVOKE	18	Leiterbahnstärke	51
J		Length	59
Job	34, 83, 86	Light	
JUNCTION	19, 48	EAGLE-Light	7
K		Linie	6
Knick		Zeichnen	18, 25
Einfügen	18, 25	Lizenz	
Kommandosprache	38	Information	12
Kommando-Toolbar	13	Neu installieren	12
Kommandozeile	13, 36	Loch	6
Konfigurieren		Löschen	17, 24
EAGLE k.	20, 45	Bibliothekselement	28, 55
Voreinstellungen	45	Datei	20
Konsistenz	47	Sheet	20
Konsistenzprüfung	26	Lötaugendurchmesser	51
Kontext-Menü	9	Lötaugenform	51
Koordinatenangaben		Lotpastenmaske	79
Kommandozeile	36	Lötseite	
Textuell	40	Ausgeben	77
Koordinatenanzeige	13, 16, 23	Bauteil auf L.	56
Kopieren	16, 23	Lötstopmaske	77, 79
Mit Cut/Paste	17	Ausgeben	77
Kostenfaktoren	103	Luftlinie	6, 26
Kreis	18, 25	M	
Kreisbogen	18, 25	Makro	
Kupferfläche	53	Befehls-M. ausführen	15
L		MARK	16, 23
LABEL	19	Masseflächen	54
Labels		Maßeinheit	41
In EAGLE.SCR	45	Masse-Symbol	66
		Mausklick	40
		Maustasten	21

MENU	20	Options	10
Menü		OrCAD-Bibliotheken	
Definieren	20	Import	7
Menüleiste	13	Orientation	59
MIRROR	16, 23, 65	Out	60
Modul	7		
Montagebohrung	74	P	
MOVE	16, 23, 48, 49	Package	6
Multilayer-Platine	53, 87, 98	Definieren	56
Multilayer-Versorgungslage	77	Entwerfen	29
Must	71, 72, 75	PACKAGE	32, 62
		Pad	6
N		Name	56
Name	61, 64	PAD	29, 56
Bauteil-N.	57	Pad/Pin-Zuordnung	
NAME	17, 24, 32, 48, 56, 62	Fest/änderbar	32
Namen		Pad-Form	58
Automatisch vergeben	42	Parameter	
Länge	42	Eingeben	14
Verbotene Zeichen	42	Parameter-Toolbar	13, 14
NC	60	>PART	64
Net	6	Pas	60
NET	19, 48	PASTE	17, 24
Netz	6	Pin	6
Anknüpfungspunkt	61	Gleichnamige P.	70
Zeichnen	49	Übereinanderliegende P.	49
Netzliste	44	PIN	30, 59
Exportieren	20	Pin/Pad-Liste	44
Netzwerkdrucker	79	Pin/Pad-Zuordnung	63
Next	71, 75	Pin-Liste	48
		Name	70
O		Pin-Name	61
Objekt		Pin-Parameter	59
Bewegen	16	PINSWAP	17, 24
Objekt-Eigenschaften	16, 23	Platine	
Ändern	17	Entwerfen	51
Voreinstellen	45	Platinenaufdruck	57
OC	60	Platinenumrisse	52
OPEN	19	Plazierung	52
Optimierungslauf	95, 96	>PLOT_DATE_TIME	75
OPTIMIZE	25	Plotten	76
Optionen		Polygon	
CAM-Prozessor	80	Als Versorgungs-Layer	109
Projektdateien	45	POLYGON	18, 25, 52, 54, 102

PostScript	54, 85
Präfix	
Für Bauteilnamen	32
PREFIX	32, 62
PRINT	20
Product information	12
Product registration	12
Professional	
EAGLE-Professional	7
Projektdatei	45
Protokoll-Datei	
Autorouter	110
Prüfen	
Konsistenz	19
Layout	26, 52
Schaltplan	19, 48
Punkt	
Netzverbindung	19
Pwr	60

Q

QUIT	20
------	----

R

Rack	79
Rahmen	75
Raster	41, 49, 56
Autorouter	100
RATSNEST	6, 26, 52
Rechteck	18, 25
RECT	18, 25, 52, 102
REDO	15
Relais	71
REMOVE	20, 55
RENAME	28, 55
REPLACE	25, 62
Request	69, 71
RIPUP	25
ROTATE	16, 23
ROUTE	25, 52
Routen	52
RS-274D	86
RS274-X	86
RUN	15

S

Schaltplan	
Entwerfen	48
Schaltplanblatt	
Anlegen	48
Laden	15
Löschen	20
Schaltplan-Editor	13
Schaltplan-Modul	7
Einzelblätter	7
Generelle Regeln	49
Grundsätzliche Anwendung	48
Schaltplansymbol	61
Scheinverbindungen	49
SCRIPT	15
Script-Datei	52
Script-Dateien	37, 43
Section	83
Selektieren	
Icon	9
Objekte	21
Seriennummer	12
SET	20, 45
Sheet	6, 7, 15, 48, 75
SHOW	16, 48
Sicherungskopie	11
Signal	6
SIGNAL	26
Signal-Layer	53
SM1000	76, 93
SM3000	93
SMASH	17, 24, 57, 64
SMD	29, 56
SMD-Abmessungen	51
Speichern	
Datei	19
Sperrfläche	26, 52, 74, 102
Spiegeln	16, 23
SPLIT	18, 25, 52
Standard	
EAGLE-Standard	7
Starten	
Befehl	15

Wiederholungspunkte	39
Window	11
WINDOW	15
Wire	6
WIRE	18, 25
WRITE	19

X

XCONVERT	7
XPAD	7

Z

Zeichnungsausgabe	
Bohrplan	94
Info-Dateien	89
Tips	78
Zeichnungsrahmen	27, 48, 75
Zoomen	15
Zurücknehmen	
Befehl	15
Zusammenfassen	
Wires	25