



طراحی بردهای مدار چاپی با نرم افزار

OrCAD

گردآوری و تألیف

مهندس محمد هانی خانبانها

مهندس محمد محمدی

انتشارات برگ زیتون

موسسه فرهنگی هنری نقش سیمرغ

سرشناسه : خانبانه‌ها، محمد هانی، ۱۳۵۹
 عنوان و نام پدیدآور : طراحی بردهای مدار چاپی با نرم افزار OrCAD / نویسندگان محمد هانی خانبانه‌ها،
 محمد محمدی، ویراستار : وحید پیله‌ور
 مشخصات نشر: تهران: برگ زیتون، ۱۳۹۰
 مشخصات ظاهری : ۴۸۸ ص. : مصور، جدول.
 شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۵۴۲۵-۰۲-۴
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا
 موضوع : نرم افزار اورکد
 موضوع : مدارهای الکترونیکی - شبیه سازی کامپیوتری - نرم افزار
 شناسه افزوده : محمدی، محمد، ۱۳۶۰.
 شناسه افزوده: پیله‌ور، وحید، ۱۳۶۴ - ویراستار
 رده بندی کنگره : ۱۳۹۰ ط ۴ خ / TK۷۸۶۶
 رده بندی دیویی : ۶۲۱/۳۸۱۵۰۲۸۵
 شماره کتابشناسی ملی : ۲۲۷۴۶۸۱



طراحی بردهای مدار چاپی با نرم افزار

OrCAD

ناشر : برگ زیتون

ناشر همکار : مؤسسه فرهنگی هنری نقش سیمرغ

تألیف و ترجمه : مهندس محمد هانی خانبانه‌ها

مهندس محمد محمدی

ویراستار : مهندس وحید پیله‌ور

طراح جلد : امید باوی

تایپ و صفحه‌آرایی : سید ربابه صیاد

چاپ اول : ۱۳۹۰ - شمارگان ۲۰۰۰ نسخه

لیتوگرافی، چاپ و صحافی : سپهرنوبین

قیمت با CD همراه: ۱۰۰۰۰ تومان

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۵۴۲۵-۰۲-۴

مرکز پخش : تهران - خیابان انقلاب - خیابان ۱۲ فروردین - کوچه نوروز - پلاک ۵

تلفن : ۶۶۴۰۹۵۵۸ - ۶۶۴۰۹۸۸۵



مقدمه

ضرورت حرکت پرشتاب کشور در مسیر توسعه همه جانبه و ارتقاء شاخص‌های علمی و پژوهشی جامعه باعث گردیده در سال‌های اخیر گرایش رو به رشدی در حوزه فعالیت‌های علمی کشور ایجاد شود. فن‌آوری اطلاعات، تحلیل سیستم‌ها، برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه، اتوماسیون صنعتی و ... از جمله این حوزه‌ها هستند که با وجود رواج نسبی در ادبیات نخبگان و دانشگاهیان هنوز تا رسیدن به وضعیت مطلوب که برطرف کننده نیازهای واقعی کشور باشد فاصله زیادی دارند.

«مجموعه مهندسی-پژوهشی طلوع» که مجموعه‌ای متشکل از دانش‌آموختگان جوان دانشگاه‌های معتبر کشور می‌باشد، با درک این نیاز حرکت جدیدی را در زمینه‌های فوق آغاز نموده و امیدوار است با کسب تجربیات سودمند در این عرصه‌ها و مستند کردن آن‌ها بتواند گامی هر چند کوچک در مسیر رساندن کشور به جایگاه شایسته علمی بردارد.

کتاب پیش رو که به همت بخش الکترونیک و در ادامه فعالیت‌های مربوط به حوزه نشر آماده گردیده، گردآوری و تألیفی جامع از مجموعه گسترده منابع موجود در زمینه طراحی مدارچاپی (PCB) با استفاده از نرم‌افزار OrCAD می‌باشد. هرچند نویسندگان کتاب تمام تلاش خود را برای ارائه اثری کامل به کار بسته‌اند، با این حال از شما خواننده گرامی تقاضا داریم نظرات، پیشنهادات و انتقادات خود را به منظور تصحیح در ویرایش‌های بعدی به نشانی Tolu_Group@yahoo.com ارسال یا با مراجعه به وبسایت مجموعه به نشانی www.ToluGroup.com در بخش «نظرات و پرسش‌ها» درج نمایید.

در پایان از زحمات مؤلفین کتاب و نیز همکاری صمیمانه مدیریت محترم انتشارات نقش سیمرغ جناب آقای مهندس رحمان‌پور کمال تشکر و قدردانی را داریم.

مجموعه مهندسی-پژوهشی طلوع

بهار ۹۰

◀ فصل اول. راه حل نرم افزاری

برای پروژه های الکترونیکی

۱۵	 مقدمه
۱۶	 پروژه طراحی و ساخت
۱۸	 OrCAD
۱۹	 Capture
۲۰	 PSpice A/D
۲۱	 مدل ها
۲۱	 PCB Editor
۲۱	 مراحل انجام کار

◀ فصل دوم. طراحی PCB و CAD

طراحی بر پایه کامپیوتر و

۲۳	 مجموعه طراحی OrCAD
۲۵	 ساخت برد مدار چاپی
۲۶	 هسته های برد مدار چاپی و لایه بندی
۲۹	 فرایند ساخت برد مدار چاپی
۲۹	 لیتوگرافی نوری و حکاکی شیمیایی
۳۳	 سایش مکانیکی
۳۴	 ثبت لایه ها
	 کارکرد ویرایشگر برد مدار چاپی OrCAD در
۳۷	 فرایند طراحی برد
	 فایل های طراحی ایجاد شده توسط
۴۰	 ویرایشگر
۴۰	 فایل های قالب بندی ویرایشگر
۴۰	 فایل های Artwork (Gerber)

فایل ها و لایه های مجموعه برد

۴۱	 مدار چاپی
----	-----------------

◀ فصل سوم. معرفی روند طراحی برد

۴۳	 مقدمه
۴۴	 ایجاد یک طرح نمونه در Capture
۴۴	 ایجاد یک پروژه
۴۵	 استفاده از قالب طرح
۴۶	 ایجاد یک طرح یکنواخت
۴۶	 اضافه کردن قطعات
۴۷	 اتصال قطعات
۴۷	 اضافه کردن پورت ها
۴۸	 ایجاد یک طرح سلسله مراتبی
۴۸	 روش پایین به بالا
۴۹	 ایجاد طرح full adder
۵۲	 اضافه کردن ولتاژ کلکتور
۵۳	 اضافه کردن زمین
۵۳	 روش بالا به پایین
۵۵	 تولید قطعات برای شماتیک
۵۶	 هدایت در یک طرح سلسله مراتبی
۵۷	 پردازش یک طرح
۵۷	 افزودن ارجاع های قطعه
۵۹	 ایجاد گزارش ارجاع متقابل
۶۰	 تولید صورت اجناس
۶۲	 آماده کردن طرح برای شبیه سازی
۶۳	 پیش تنظیمات شبیه سازی

[illegible]

۱۲۹ اضافه کردن	۱۰۸ مسیریابی دستی نقاط اتصال باقی مانده
۱۲۹ پانل کنترل با قاب‌های پنجره‌ای	۱۰۹ مسیریابی خودکار
قابلیت دیده شدن	مسیریابی خودکار با SPECCTRA
۱۳۰ (Visibility Pane)	۱۱۰ برای مسیریاب OrCAD
۱۳۰ فیلتر جستجو	۱۱۰ پردازش پس از مسیریابی
۱۳۱ قاب Options	۱۱۱ تغییر نام خودکار اجزا
۱۳۱ پنجره دستورات	۱۱۲ علامت‌دهی برعکس
۱۳۲ پنجره Worldview	Crossprobing و
۱۳۳ نوار حالت	۱۱۴ Cross highlighting
۱۳۴ کادر رنگ و قابلیت دیده شدن	۱۱۶ تولید خروجی‌ها
پنجره مقطع عرضی جانمایی و	۱۱۶ فایل‌های خروجی
۱۳۵ لایه‌بندی (Layer stack-up)	۱۱۷ مشاهده artwork
۱۳۵ مدیر قیدها	۱۱۷ گزارش‌ها
۱۳۶ طراح padstack	۱۱۷ خلاصه
خروجی‌های ساخت و فایل‌های	◀ فصل ششم. ابزارهای ویرایشگر
۱۳۷ سوراخ‌کاری	PCB
۱۳۹ فایل‌های مستندسازی	۱۱۹ آشنایی با ویرایشگر برد مدار چاپی
◀ فصل هفتم. استانداردهای صنعتی	۱۲۱ ابزارها و پنجره‌ها
۱۴۱ مقدمه	۱۲۱ پنجره طراحی
۱۴۲ آشنایی با سازمان‌های استاندارد	۱۲۱ گروه‌های نوار ابزار
۱۴۳ موسسه مدارهای چاپی	۱۲۲ مدهای کاری برنامه
۱۴۳ پیمان صنایع الکترونیک (EIA)	۱۲۳ ویرایش
۱۴۴ مجمع مهندسی ادوات الکترونی	۱۲۴ نمای برنامه
۱۴۴ کنسرسیوم مهندسی بین‌المللی (IEC)	۱۲۴ SETUP
۱۴۵ استانداردهای نظامی	۱۲۵ شکل‌ها
انستیتو استانداردهای ملی آمریکا	۱۲۶ ساخت
۱۴۵ (ANSI)	۱۲۷ نمایش
انستیتو مهندسين الکترونیک و	۱۲۷ گروه متفرقه
۱۴۵ برق (IEEE)	۱۲۸ جاگذاری
	۱۲۸ مسیریابی

Small Outline	۱۴۶	کلاس ها و انواع برد مدار چاپی	۱۴۶
۱۶۴ (SOIC/SOP/SO)	۱۴۶	کلاس های عملکرد	۱۴۶
۱۶۶ بسته های معمول با سوراخ سراسری	۱۴۷	سطوح تولیدپذیری	۱۴۷
۱۶۷ آرایه های شبکه ای توپی استاندارد	۱۴۷	انواع ساخت و زیر کلاس های مونتاژ	۱۴۷
لیست استانداردهای		سطوح تراکم الگوی زمینه IPC	
۱۶۸ Quad Flat Pack	۱۴۸	(IPC Land Pattern)	۱۴۸
لیست استانداردهای (QFN)	۱۴۹	محدوده های مجاز ساخت استاندارد	۱۴۹
۱۶۹ Quad Flat Pack No-Lead	۱۴۹	تولرانس های ثابت	۱۴۹
لیست استانداردهای	۱۴۹	کنترل بیرون زدگی و حلقه	۱۴۹
۱۷۰ Leadless Chip Carrier	۱۵۱	ابعاد و تولرانس های برد مدار چاپی	۱۵۱
لیست استانداردهای طراحی	۱۵۱	اندازه پانل استاندارد	۱۵۱
۱۷۱ ANSI استانداردهای		محدودیت های ماشین کاری و	
۱۷۱ ASME استانداردهای	۱۵۲	استفاده موثر از پانل	۱۵۲
۱۷۱ IEEE استانداردهای	۱۵۲	ضخامت برد تکمیل شده استاندارد	۱۵۲
۱۷۱ IPC استانداردهای	۱۵۳	ضخامت هسته	۱۵۳
۱۷۲ JEDEC استانداردهای	۱۵۳	ضخامت prepreg	۱۵۳
۱۷۲ استانداردهای نظامی (MILITARY)	۱۵۴	ضخامت مس	۱۵۴
	۱۵۵	ضخامت های اندود و فویل	۱۵۵
		تولرانس های رد مسی و	
	۱۵۵	حکاکی با روش خوردگی (etching)	۱۵۵
	۱۵۷	ابعاد چاه های استاندارد	۱۵۷
	۱۵۸	تولرانس ماسک لحیم کاری	۱۵۸
	۱۵۹	مشخصات بسته ها و جای پایه ها	۱۵۹
		حروف مخفف استفاده شده در	
	۱۵۹	نام گذاری بسته ها	۱۵۹
		لیست بسته های قطعات گسسته	
	۱۶۱	معمول	۱۶۱
	۱۶۲	بسته های گسسته (DPAK)	۱۶۲
		بسته های ترانزیستورهای Small Outline	
	۱۶۳	(SOT/SSOT/SC)	۱۶۳

فصل هشتم. مونتاژ برد و

فرایندهای لحیم کاری

۱۷۳	مقدمه
۱۷۴	فرایندهای مونتاژ
۱۷۴	فرایندهای مونتاژ دستی
۱۷۵	فرایندهای خودکار مونتاژ
۱۷۷	فرایندهای لحیم کاری
۱۷۷	لحیم کاری دستی
۱۷۸	لحیم کاری موجی
۱۸۱	لحیم کاری جریان مجدد
۱۸۲	راهنمای جاگذاری و جهت دهی قطعات
	فاصله گذاری قطعه ها برای ادوات با

۲۱۱	مسائل جانمایی برد	۱۸۴	سوراخ سراسری
۲۱۱	تداخل الکترومغناطیسی و cross talk	۱۸۴	فاصله‌گذاری قطعه‌ها بر روی سطح
۲۱۲	میدان‌های مغناطیسی و پیوند سلفی		ملزومات فاصله‌گذاری برای مخلوط
۲۱۶	اندوکتانس حلقه	۱۸۹	SMD و THD
۲۱۸	میدان‌های الکتریکی و پیوند خازنی		طراحی جای پایه و padstack برای
۲۲۰	صفحات زمین و پرش	۱۸۹	ساخت
۲۲۰	زمین، چه هست و چه نیست		الگوی زمینه ادوات نصب شونده
۲۲۴	صفحه‌های زمین (برگشت)	۱۹۰	روی سطح
۲۲۶	پرش زمین و فروریختن ریل		طراحی padstack نصب شونده
۲۲۹	صفحه‌های دو نیم‌شده زمین و توان	۱۹۲	روی سطح
۲۳۱	مشخصات الکتریکی برد مدار چاپی	۱۹۶	طراحی جای پایه SMD
۲۳۱	امپدانس مشخصه	۱۹۹	الگوهای زمینه برای سوراخ سراسری
۲۳۷	انعکاس‌ها		طراحی جای پایه برای ادوات با
۲۴۳	زنگ‌زدن	۱۹۹	سوراخ سراسری
۲۴۵	ردهای با طول زیاد از نظر الکتریکی		طراحی padstack برای
۲۴۹	طول بحرانی	۲۰۱	ادوات با سوراخ سراسری
۲۵۰	بستن انتهای خطوط انتقال	۲۰۱	نسبت سوراخ به پایه
۲۵۲	میزبانی برد مدار چاپی		ابعاد زمینه PHT
۲۵۲	جاگذاری قطعه با ملاحظات الکتریکی	۲۰۳	(پهنای رینگ حلقوی)
۲۵۴	لایه‌بندی برد مدار چاپی	۲۰۴	فاصله بین لایه‌های صفحه‌ای و PTH ها
۲۶۰	خازن‌های کنارگذر و انشعاب‌گیری	۲۰۶	ابعاد خمیر و ماسک لحیم‌کاری
۲۶۱	پهنای رد برای ظرفیت عبور جریان		
۲۶۲	پهنای رد برای امپدانس کنترل شده		
	معادلات طراحی مکان‌شناسی، Z_0 ، d_{PD}		
	پهنای رد و فاصله‌گذاری ردها برای		
۲۶۳	خطوط انتقال مختلف		
۲۶۵	فاصله‌گذاری بین ردها برای تحمل ولتاژ		
	فاصله‌گذاری ردها برای		
۲۶۹	کمینه کردن cross talk		
۲۶۹	قانون 3w		

ردهای نوک تیز و دارای زاویه ۹۰ درجه.....	۲۷۳
استفاده از PSpice برای	
شبیه‌سازی خطوط انتقال.....	۲۷۵
شبیه‌سازی خطوط انتقال دیجیتال.....	۲۷۷
شبیه‌سازی سیگنال‌های آنالوگ.....	۲۸۰
زمان‌های صعود و نزول	
خانواده‌های منطقی مختلف.....	۲۸۱
مراجع فصل.....	۲۸۲

ک فصل دهم. ساخت و ویرایش

قطعات Capture

مقدمه.....	۲۸۳
کتابخانه قطعه‌های Capture.....	۲۸۴
انواع بسته بندی مدار مجتمع.....	۲۸۵
قطعه‌های همگن.....	۲۸۵
قطعه‌های ناهمگن.....	۲۸۶
پایه‌ها.....	۲۸۶
ابزارهای ویرایش قطعه.....	۲۸۷
ابزارهای انتخاب و تنظیمات.....	۲۸۷
ابزارهای پایه‌ها.....	۲۸۸
ابزارهای گرافیکی.....	۲۸۹
ابزارهای بزرگ‌نمایی.....	۲۹۰
روش‌های ساخت قطعه‌های Capture.....	۲۹۰
روش ۱. ساخت قطعه با استفاده از گزینه	
قطعه جدید (منوی Design).....	۲۹۱
طرح نمونه برای یک قطعه همگن پسو.....	۲۹۱
طرح نمونه یک جزء اکتیو.....	۳۰۰
نسبت قابلیت دیدن شدن به	
پایه‌های توان.....	۳۰۳
طراحی یک قطعه ناهمگن و پسو.....	۳۰۴

ساخت قطعه با Capture و

صفحات گسترده طراحی.....	۳۰۹
ساختن قطعه با Generate Part از	
منوی ابزار.....	۳۱۱
تولید قطعه با ویرایشگر مدل PSpice.....	۳۱۲
تولید کتابخانه قطعه از	
یک کتابخانه مدل PSpice.....	۳۱۴
ساختن یا به دست آوردن	
کتابخانه‌های PSpice.....	۳۱۶
دانلود کتابخانه‌ها و مدل‌ها از اینترنت.....	۳۱۷
ساختن مدل PSpice از	
پروژه Capture.....	۳۱۸
افزودن الگوهای PSpice موجود به	
قطعه‌های Capture.....	۳۲۱
ساختن سمبل‌های Capture.....	۳۲۲

ک فصل یازدهم. ساختن و ویرایش

جای پایه

مقدمه.....	۳۲۵
کتابخانه سمبل‌های ویرایشگر	
برد مدار چاپی.....	۳۲۶
انواع سمبل.....	۳۲۷
ترکیب‌بندی یک جای پایه	
Padstack.....	۳۲۸
اشیاء گرافیکی.....	۳۴۰
متن.....	۳۴۲
کمترین نیازمندی‌های جای پایه‌ها.....	۳۴۲
اشیاء اختیاری جای پایه‌ها.....	۳۴۳
مقدمه‌ای بر	
PADSTACK DESIGNER.....	۳۴۳

فصل دوازدهم. مثال طراحی

۳۹۳	 مقدمه
۳۹۴	 خلاصه‌ای از روند طراحی
۳۹۷	 طرح آنالوگ با دو منبع تغذیه
۳۹۷	 مفهوم طرح اولیه و آماده‌سازی
۳۹۹	 Capture پروژه در
	ترسیم شماتیک با استفاده از
۴۰۰	 Capture
۴۰۱	 جانمایی قطعه‌ها
	اتصال قطعات با
۴۰۳	 سیم (شبکه‌های سیگنال)
۴۰۳	 اتصالات منبع تغذیه و زمین
	آماده‌سازی طرح برای ویرایشگر برد
۴۰۸	 مدار چاپی
۴۱۳	 گروه‌بندی قطعه‌های مرتبط (اتاق‌ها)
۴۱۴	 علامت‌دهی
۴۱۴	 پاک کردن Cache
۴۱۵	 اجرای کنترل قیود طراحی شماتیک
۴۱۶	 ایجاد لیست نقاط اتصال برای ویرایشگر
۴۱۷	 مشکلات ساخت لیست
۴۱۸	 آماده‌سازی برد
۴۱۹	 تنظیمات حدود و مرزها
۴۱۹	 کنترل شبکه‌بندی
۴۲۰	 تهیه مرز بیرونی برد
۴۲۱	 افزودن اندازه‌گیری‌های ابعاد
۴۲۳	 افزودن سوراخ نصب‌ها
۴۲۶	 جاگذاری قطعات
۴۳۱	 ارتباط میان‌ابزاری
۴۳۱	 کاوش متقابل برای جاگذاری قطعات
۴۳۳	 چرخاندن قطعات

۳۴۵	 Padstack Designer parameters
۳۴۶	 Padstack Designer لایه‌های
۳۴۷	 مثال‌های طراحی جای پایه‌ها
	مثال ۱. طراحی یک قطعه با
۳۴۸	 سوراخ سراسری
	طراحی PADSTACK با
۳۴۸	 سوراخ سراسری
۳۵۲	 طراحی یک سمبل با سوراخ سراسری
۳۵۹	 کنترل اندازه متی
	مثال ۲. طراحی قطعه نصب شونده روی سطح
۳۶۱	 از سمبل موجود
۳۶۱	 اصلاح سمبل موجود
۳۶۲	 padstack تعریف یک
	مثال ۳. طراحی PGA از
۳۶۵	 پنجره کمکی سمبل
	سمبل‌های Flash برای
۳۷۲	 پراکنده‌سازهای حرارتی
۳۷۷	 سمبل‌های مکانیکی
۳۷۸	 سوراخ‌های نصب
۳۸۰	 ایجاد نقشه‌های مکانیکی
	قرار دادن سمبل‌های مکانیکی
۳۸۲	 بر روی طرح برد
	میان‌راه‌های کور، دفن شده و
۳۸۳	 Microviaها
	نمایشگر الگوی زمینه استاندارد
۳۸۹	 IPC-7351
۳۹۲	 ابعاد مته و پیچ
۳۹۲	 ابعاد متریک (mm)

۴۷۰	مسیریابی ردها به صورت دستی	۴۳۳	معکوس نمودن قطعه
۴۷۱	قفل یا تثبیت خطوط اثر	۴۳۴	تغییر قطعه در Capture
۴۷۱	اجرای مسیریاب خودکار		اجرای دستورالعمل
۴۷۴	نهایی کردن طرح	۴۳۶	تغییر مهندسی (ECO)
۴۷۴	بازرسی پس از مسیریابی	۴۳۸	کنترل قابلیت دیده شدن لایه‌ها
۴۷۵	بررسی آماری مسیریابی	۴۴۱	کنترل قابلیت دیده شدن نقاط اتصال
۴۷۶	پاک کردن طرح با جلا (Glossing)		برجسته سازی بین Capture و
	همزمان کردن طرح با Capture (علامت‌دهی	۴۴۳	ویرایشگر
۴۷۷	معکوس)	۴۴۵	جستجوی قطعات از فیلتر جستجو
۴۸۱	نکات پایانی	۴۴۶	قوانین و وضعیت طراحی
		۴۴۷	استفاده از کادر مجاورهای وضعیت
		۴۴۸	ایجاد گزارشات DRC
		۴۴۹	نشان‌گذارهای خطای DRC
		۴۵۰	تعریف لایه‌بندی
			آماده‌سازی و تنظیم
		۴۵۱	سطح مقطع جانمایی
		۴۵۳	جاری کردن سطوح مسی
			جریان یافتن سطح مسی با استفاده از
		۴۵۷	افزودن شکل
			تأیید صحت اتصال بین پین‌ها و
		۴۵۹	سطوح
			افزودن پراکنده‌سازهای حرارتی و فاصله به
		۴۶۰	padstacks
		۴۶۳	تعیین پهنای اثر و قوانین فاصله‌گذاری
		۴۶۳	تعیین پهنای اثر
		۴۶۴	نسبت دادن میان‌راه‌ها
		۴۶۵	ملزومات فاصله‌گذاری ردها
		۴۶۶	پیش مسیریابی برد (prerouting)
		۴۶۶	مسیریابی انشعاب‌ها برای توان و زمین
		۴۶۹	جابجایی و پاک کردن انشعاب

ضمیمه

۴۸۳	واژه‌نامه
-----	-----------