

مرجع کاربردی نرم افزار PSPICE برای مهندسان
الکترونیک و الکترونیک قدرت

پروفسور محمد ه. رشید

ترجمه و تکمیل :

حمید زمانیان

حامد زمانیان

نیکو دارستانی

به همراه DVD شامل مجموعه شبیه ساز



سرشناسه

رشید، محمد، ۱۹۴۵ - م.
Rashid, Muhammad H

عنوان و نام پدیدآور

مرجع کاربردی نرم افزار pspice برای مهندسين الكترونيك و الكترونيك قدرت / محمد ه.
رشید؛ ترجمه و تکمیل حمید زمانیان، نیکو دارستانی، حامد زمانیان؛ ویرایش شورای
بررسی موسسه انتشاراتی اسدزاده.
تهران: انتشارات اسدزاده، ۱۳۹۸.

مشخصات نشر

مشخصات ظاهري

شابک

وضعیت فهرست

نویسی

یادداشت

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

شناسه افزوده

شناسه افزوده

شناسه افزوده

شناسه افزوده

رده بندی کنگره

رده بندی دیویی

شماره کتابشناسی

ملی

۵۳۳ ص.

۹۷۸-۶۲۲-۹۶۳۲۵-۳-۶

فیفا

عنوان اصلی: Spice for power electronics and electric power, ed ۲۰۱۳.

اسپایس (فایل کامپیوتر)

SPICE (Computer file)

الکترونیک نیرو -- داده پردازی

Data processingPower electronics --

مدارهای الکترونیکی -- طراحی -- داده پردازی

Electronic circuit design -- Data processing

مدارهای برقی -- تجزیه و تحلیل -- داده پردازی

Electric circuit analysis -- Data processing

زمانیان، حمید- مترجم

زمانیان، حامد- مترجم

دارستانی، نیکو- مترجم

انتشارات اسدزاده

۱۵/۷/۸۱۲

۳۱۷۳۸۵۵

۹۹۵۲۸۲



موسسه فرهنگی انتشاراتی اسدزاده

عنوان: مرجع کاربردی نرم افزار pspice برای مهندسين الكترونيك و الكترونيك قدرت

مترجمان: حمید زمانیان، حامد زمانیان، نیکو دارستانی فراهانی

صفحه آرایي و تنظيم: حمید زمانیان

ویرایش: شورای بررسی موسسه انتشاراتی اسدزاده

نشر و پخش: موسسه انتشاراتی اسدزاده

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۸

شمارگان: ۱۰۰۰

چاپ: پاسارگاد

طراح جلد: حمید زمانیان

قیمت: ۸۵۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۶۳۲۵-۳-۶

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است

مقدمه

بدون شک؛ بکارگیری و گسترش الکترونیک در صنعت یکی از مهمترین دستاوردهای انسان بحساب می‌آید. کمتر مراکز علمی تحقیقات می‌توان یافت که به نوعی از کاربرد الکترونیک و یا الکترونیک قدرت بی‌نیاز باشند. به عنوان نمونه، پیشرفت‌های صورت پذیرفته در ساخت تجهیزات الکترونیک با جریان و توان بالا در جهت بهبود مولفه‌های کیفی و کمی توان و انرژی؛ جوامع عملی و دانشگاهی به بیش از هر زمان دیگری به بهره‌گیری از دستاوردهای صنایع الکترونیکی جهت بهبود اوضاع صنایع و نقش‌آفرینی در دنیایی مدرن‌تر بیش از پیش ترغیب نموده است.

لزوم بکارگیری نرم‌افزارهای تخصصی و شبیه‌سازی نتایج مورد انتظار از دستاوردها توسط نرم‌افزارهای کامپیوتری و دستیابی به یک مدل جامع و دقیق پیش از آغاز فرآیند ساخت غیرقابل نکار می‌باشد. نرم‌افزار ¹PSpICE بخاطر انعطاف‌پذیری و قابلیت‌های گسترده این امکان را در اختیار محققان و پژوهشگران قرار می‌دهد تا با بررسی جنبه مختلف یک محصول الکترونیکی نظیر شبیه‌سازی ادوات اکتیو و راکتیو، تنظیم نقطه کار، تجزیه الکترونیکی نظیر دیودها، ترانزیستورها، IGBT و غیره، آنالیز پاسخ فرکانسی و زمانی، میزان دامنیک و THD بپردازد و در نتیجه یکی از نرم‌افزارهای کاربردی در محیط‌های دانشگاهی و صنعتی دنیا تبدیل شده است.

کتاب پیشرو ترجمه کتاب "SPICE for Power Electronics and Electric Power" به تالیف پروفیسور محمد هاشم رشید می‌باشد. در این کتاب سعی شده است تا ضمن آشنایی محققان، پژوهشگران دانشجویان با قابلیت‌های نرم‌افزار PSpICE (و SPICE) به شبیه‌سازی مدارات الکترونیک و الکترونیک قدرت پرداخته شود تا از این رهگذر به فهم واقعی و ملموس‌تر از اصول عملکرد تجهیزات الکترونیک و الکترونیک قدرت و همچنین، آنالیز دقیق از رفتار مدارات دست یابند. این کتاب به همراه یک نسخه DVD شامل نرم‌افزار به همراه کلیه شبیه‌سازی‌ها کتاب و موسوعه کاملی از دیگر مدارات شبیه‌سازی شده تهیه و تنظیم شده است. با توجه به ساختار کتاب، مطالب ارائه شده؛ این کتاب برای تدریس دروس الکترونیک، الکترونیک قدرت و همچنین دورس آزمایشگاه‌های مرتبط می‌تواند به عنوان مرجع جهت کلیه دانشجویان مقاطع مختلف دانشگاهی و همچنین پژوهشگران مورد استفاده قرار گیرد. تهیه این کتاب بدون همکاری انتشارات امکان‌پذیر نبود که به نوبه خود از ایشان کمال تشکر و قدرانی را دارم. علی‌رغم دقت و تصحیح مکرر، این کتاب از اشتباه‌ها مبرا نیست. خوانندگان عزیز می‌توانند نظرات و پیشنهادات خود را به آدرس الکترونیک Zamanianhamid@gmail.com ارسال فرمایید.

حمید زمانیان

دانش آموخته کارشناس ارشد برق

دانشگاه صنعتی اصفهان

¹ Personal Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis

فهرست مطالب

۱	فصل ۱
۱	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ معرفی نرم افزار SPICE
۳	۳-۱ انواع نسخه های نرم افزار SPICE
۴	۴-۱ انواع آنالیزها در PSpice
۶	۵-۱ محدودیت های نرم افزار PSpice
۷	۶-۱ محیط های اجرایی در PSpice
۷	۶-۱-۱ PSpice A/L
۷	۶-۱-۲ PSpice سماتیک
۸	۶-۱-۳ OrCAD Capture
۹	۷-۱ تفاوت های PSpice Schematics و OrCAD Capture
۹	۸-۱ منابع پروژه Spice
۹	۸-۱-۱ وب سایت مدل های Spice بگن
۱۰	۸-۱-۲ وب سایت مدل های Spice
۱۱	۸-۱-۳ Spicer و وب های اطلاعات، شبیه سازی و ابزار
۱۲	۸-۱-۴ مجلات مهندسی همراه مقاله های Spice

۱۲	۹-۱ منابع تکمیلی
۱۴	فصل ۲
۱۴	۱-۲ مقدمه
۱۵	۲-۲ فایل های ورودی
۱۷	۳-۲ گره ۱
۱۷	۴-۲ مقادیر امان ها
۱۹	۵-۲ امان های مداری
۲۱	۶-۲ مدل سازی الکترونیک
۲۳	۷-۲ منابع
۲۴	۸-۲ متغیرهای خروجی
۲۴	۹-۲ انواع آنالیز
۲۶	۱۰-۲ دستورات تولید نتایج خروجی PSice
۲۶	۱۱-۲ فرمت فایل های مداری
۲۹	۱۲-۲ فرمت فایل های خروجی
۳۰	۱۳-۲ چند مثال شبیه سازی در محیط Spice
۴۰	۱۴-۲ منابع تکمیلی
۴۰	۱۵-۲ مسائل طراحی
۴۳	فصل ۳
۴۳	۱-۳ مقدمه
۴۳	۲-۳ جاروب DC و تحلیل گذرا
۴۵	۲-۳-۲ توصیف متغیر خروجی از نوع ولتاژ
۴۶	۳-۳-۲ توصیف متغیر خروجی از نوع جریان
۴۷	۴-۳-۲ توصیف متغیر خروجی از نوع توان
۵۰	۳-۳ تحلیل AC
۵۱	۱-۳-۳ توصیف خروجی از نوع ولتاژ
۵۲	۲-۳-۳ توصیف خروجی از نوع جریان

۵۴	۴-۳ ماركرهاى خروجى
۵۵	۵-۳ تحليل اثر نويز
۵۶	۶-۳ خلاصه
۵۷	فصل ۴
۵۷	۱-۴ مقدمه
۵۷	۲-۴ مدل ساز منابع
۵۸	۱-۲-۴ منبع پالى
۵۹	۲-۴-۲ عبارت توصيفى نمونه
۶۰	۲-۴-۱ منبع نكهه اعطى
۶۱	۲-۴-۴ منبع سوسى
۶۳	۲-۴-۵ منبع نمايى
۶۵	۲-۴-۶ منبع مدولاسيون و سازى تك ناسى
۶۶	۳-۴ منابع مستقل
۶۷	۲-۳-۴ منبع ولتاژ مستقل
۶۸	۳-۳-۴ منبع جريان مستقل
۶۹	۴-۳-۴ شماتيك منابع مستقل
۶۹	۴-۴ منابع وابسته
۷۰	۱-۴-۴ منبع چند جمله اى
۷۲	۲-۴-۴ منبع ولتاژ كنترل شده با ولتاژ
۷۳	۳-۴-۴ منبع جريان كنترل شده با جريان
۷۴	۴-۴-۴ منبع جريان كنترل شده با ولتاژ
۷۵	۵-۴-۴ منبع ولتاژ كنترل شده با جريان
۷۶	۶-۴-۴ شماتيك منابع وابسته
۷۷	۵-۴ مدل سازى رفتار وسايل
۷۸	۱-۵-۴ توصيف رابطه ورودى و خروجى به صورت تابعى رياضياتى با استفاده از كلمه كليدى VALUE
۸۰	۲-۵-۴ توصيف رابطه ورودى و خروجى به صورت جدول با استفاده از كليدواژه TABLE
۸۱	۳-۵-۴ توصيف رابطه ورودى و خروجى به صورت تبديل لاپلاس با استفاده از كليدواژه LAPLACE
۸۲	۴-۵-۴ توصيف رابطه ورودى و خروجى به صورت پاسخ فرکانسى با استفاده از كليدواژه FREQ

۸۲	۴-۶ خلاصه
۸۴	۴-۷ منابع تکمیلی
۸۴	۴-۸ مسائل
۸۷	فصل ۵
۸۷	۵-۱ مقدمه
۸۷	۵-۲ مدل دایری المان‌ها
۹۰	۵-۲-۱ چند بارت دستور مدل‌سازی نمونه
۹۰	۵-۳ دمای کار
۹۱	۵-۳-۱ چند عبارت دستور TEMP، نمونه
۹۲	۵-۴ المان‌های RC
۹۲	۵-۴-۲ مقاومت
۹۵	۵-۴-۳ خازن
۹۷	۵-۴-۴ سلف
۱۰۲	۵-۵ المان‌های مغناطیسی و ترانسفورمورها
۱۰۲	۵-۵-۱ مدارهای مغناطیسی خطی
۱۰۷	۵-۵-۲ مدارهای مغناطیسی غیرخطی
۱۱۳	۵-۶ خطوط انتقال بدون تلفات
۱۱۵	۵-۷ مدل‌سازی کلیدها (سوئیچ)
۱۱۵	۵-۷-۲ کلید (رله) کنترل‌شونده با ولتاژ
۱۱۸	۵-۷-۳ رله کنترل‌شونده با جریان
۱۲۱	۵-۷-۴ کلیدهای وابسته به زمان
۱۲۲	۵-۴-۱-۲ کلید وابسته به زمان بسته
۱۲۳	۵-۴-۱-۳ کلید وابسته به زمان باز
۱۲۴	۵-۸ خلاصه
۱۲۵	۵-۹ منابع تکمیلی
۱۲۵	۵-۱۰ مسائل
۱۳۰	فصل ۶
۱۳۰	۶-۱ مقدمه
۱۳۱	۶-۲ مدل‌ها
۱۳۲	۶-۲-۱ دستور مدل‌سازی (MODEL)

مرجع کاربردی نرم افزار PSPICE برای مهندسين الكترونيك و الكترونيك قدرت

۱۳۲	۶-۲-۲ دستور ايجاد زیربرنامه (.SUBCKT)
۱۳۳	۶-۲-۳ دستور پايان زیربرنامه (.ENDS)
۱۳۴	۶-۲-۴ دستور ايجاد تابع (.FUNC)
۱۳۵	۶-۲-۵ دستور ايجاد گره سراسري (.GLOBAL)
۱۳۶	۶-۲-۶ دستور ايجاد کتابخانه (.LIB)
۱۳۷	۶-۲-۷ دستور .INC (پوست نمودن فايل)
۱۳۷	۶-۲-۸ دستور تعريف متغير پارامتريک (.PARAM)
۱۳۹	۶-۲-۹ دستور آناليز پارامتری (.STEP)
۱۴۱	۶-۳ انواع خروجی
۱۴۲	۶-۳-۱ دستور PRINT
۱۴۲	۶-۳-۲ دستور PLOT
۱۴۳	۶-۳-۳ دستور PROBE
۱۴۴	۶-۴ دمای کار
۱۴۴	۶-۵ پايان برنامه
۱۴۵	۶-۶ امکانات
۱۴۹	۶-۷ آناليز DC
۱۵۰	۶-۷-۲ دستور OP (نقطه کار)
۱۵۰	۶-۷-۳ دستور NODESET
۱۵۱	۶-۷-۴ دستور SENS (آناليز حساسيت)
۱۵۳	۶-۷-۵ دستور TF (تابع انتقال سيگنال کوچک)
۱۵۶	۶-۷-۶ دستور DC (جاري و DC)
۱۶۱	۶-۸ آناليز AC
۱۶۵	۶-۹ آناليز نويز
۱۶۸	۶-۱۰ آناليز گذرا
۱۶۸	۶-۱۰-۱ دستور IC (شرایط گذرای اوليه)
۱۶۹	۶-۱۰-۲ دستور TRAN (آناليز گذرا)

۱۷۳	۱۱-۶ آنالیز فوریه
۱۷۶	۱۲-۶ MONTE CARLO آنالیز
۱۸۱	۱۳-۶ آنالیز حساسیت و بدترین رخداد
۱۸۳	۱۴-۶ خلاصه
۱۸۴	۱۵-۶ منابع تکمیلی
۱۸۵	۱۶-۶ مساندا
۱۸۸	فصل ۷
۱۸۸	۱-۷ مقدمه
۱۸۹	۲-۷ مدل دیود
۱۹۲	۳-۷ دستور توصیفی دیود
۱۹۳	۴-۷ مشخصه‌های دیود
۱۹۵	۵-۷ تعیین پارامترهای دیود
۲۰۱	۶-۵-۷ مدل‌سازی دیودهای زبر
۲۰۱	۷-۵-۳ جدول داده
۲۰۳	۶-۷ یکسوکننده‌های دیودی
۲۲۳	۷-۷ آزمایشگاه الکترونیک صنعتی
۲۲۳	۷-۷-۱ آزمایش شماره ۱: یکسوکننده تمام موج تک‌فاز با استفاده از اسفوماتور با تپ مرکزی
۲۲۴	۷-۷-۲ آزمایش شماره ۲: یکسوکننده پل دیودی تک‌فاز
۲۲۵	۷-۷-۳ آزمایش شماره ۳: یکسوکننده پل دیودی سه‌فاز

۲۲۶	۸-۷ خلاصه
۲۲۶	۹-۷ منابع تکمیلی
۲۲۶	۱۰-۷ مسائل طراحی
۲۳۱	فصل ۸
۲۳۱	۱-۸ مقدمه
۲۳۲	۲-۸ چاپرهای DC
۲۳۶	۳-۸ مدل PSpice ترانزیستور BJT
۲۴۰	۴-۸ تعیین پارامترهای BJT
۲۴۵	۵-۸ چند مثال از چاپر به همراه سوئیچ BJT
۲۵۶	۶-۸ مدل PSpice ترانزیستور MOSFET
۲۶۰	۷-۸ تعیین پارامترهای MOSFET
۲۶۷	۸-۸ چند مثال از چاپر به همراه سوئیچ MOSFET
۲۷۰	۹-۸ مدل PSpice نیمه رسانای IGBT
۲۷۵	۱۰-۸ آزمایشگاه الكترونیک صنعتی
۲۷۵	۱-۱۰-۸ آزمایش شماره ۱: چاپر باک
۲۷۶	۲-۱۰-۸ آزمایش شماره ۲: چاپر بوست
۲۷۷	۱۱-۸ منابع تکمیلی
۲۷۸	۱۲-۸ مسائل طراحی
۲۸۲	فصل ۹
۲۸۲	۱-۹ مقدمه
۲۸۳	۲-۹ اینورترهای تغذیه شونده با ولتاژ
۳۰۵	۳-۹ اینورتر تغذیه شونده با جریان
۳۰۹	۴-۹ آزمایشگاه الكترونیک صنعتی
۳۰۹	۱-۴-۹ آزمایش شماره ۱: اینورتر نیم پل تک فاز
۳۱۱	۲-۴-۹ آزمایش شماره ۲: اینورتر تمام پل تک فاز
۳۱۱	۳-۴-۹ آزمایش شماره ۳: اینورتر تمام پل تک فاز به همراه مدولاسیون PWM
۳۱۲	۴-۴-۹ آزمایش شماره ۴: اینورتر تمام پل تک فاز به همراه مدولاسیون SPWM
۳۱۲	۵-۴-۹ آزمایش شماره ۵: اینورتر پل سه فاز
۳۱۳	۶-۴-۹ آزمایش شماره ۶: اینورتر تغذیه شونده با جریان تک فاز
۳۱۴	۷-۴-۹ آزمایش شماره ۷: اینورتر تغذیه شونده با جریان سه فاز

۳۱۶	۹-۵ خلاصه
۳۱۶	۹-۶ منابع تکمیلی
۳۱۶	۹-۷ مسائل طراحی
۳۲۰	فصل ۱۰
۳۲۰	۱۰-۱ مقدمه
۳۲۱	۱۰-۲ اینوهای با پالس تشدید
۳۲۹	۱۰-۳ مدل تشدید کلیدزنی در جریان صفر (ZCSC)
۳۳۵	۱۰-۴ مدل تشدید کلیدزنی در ولتاژ صفر (ZVCS)
۳۳۸	۱۰-۵ آزمایشگاه الکترونیک صنعتی
۳۳۸	۱۰-۵-۱ آزمایش شماره ۱: تشدید نیم پل تک فاز
۳۳۹	۱۰-۵-۲ آزمایش شماره ۲: تشدید تمام پل تک فاز
۳۴۰	۱۰-۵-۳ آزمایش شماره ۳: اینورتر پل-پول
۳۴۱	۱۰-۵-۴ آزمایش شماره ۴: اینوتر تشدید مولتی
۳۴۱	۱۰-۵-۵ آزمایش شماره ۵: ZCSC
۳۴۲	۱۰-۵-۶ آزمایش شماره ۶: ZVSC
۳۴۳	۱۰-۶ خلاصه
۳۴۳	۱۰-۷ منابع تکمیلی
۳۴۴	۱۰-۸ مسائل طراحی
۳۴۷	فصل ۱۱
۳۴۷	۱۱-۱ مقدمه
۳۴۷	۱۱-۲ مدل AC تریتور
۳۵۷	۱۱-۳ یکسوکننده های کنترل شده
۳۵۷	۱۱-۴ بررسی چند یکسوکننده کنترل شده
۳۷۹	۱۱-۵ مدل DC تریتور در PSpice
۳۸۰	۱۱-۶ مدل تریتور GTO در PSpice
۳۸۱	۱۱-۷ بررسی چند یکسوکننده با کموتاسیون اجباری
۳۹۶	۱۱-۸ آزمایشگاه الکترونیک صنعتی
۳۹۶	۱۱-۸-۱ آزمایش شماره ۱: یکسوکننده نیم موج کنترل شده تک فاز
۳۹۷	۱۱-۸-۲ آزمایش شماره ۲: یکسوکننده تمام موج کنترل شده تک فاز
۳۹۸	۱۱-۸-۳ آزمایش شماره ۳: یکسوکننده تمام موج کنترل شده سه فاز

مرجع کاربردی نرم افزار PSPICE برای مهندسين الكترونيك و الكترونيك قدرت

۳۹۹	۹-۱۱ خلاصه
۳۹۹	۱۰-۱۱ منابع تکمیلی
۴۰۰	۱۱-۱۱ مسائل طراحی
۴۰۳	فصل ۱۲
۴۰۳	۱-۱۲ مقدمه
۴۰۴	۲-۱۲ مدل AC تریستور
۴۰۵	۳-۱۲ کنترل کننده های ولتاژ متناوب
۴۰۵	۴-۱۲ کنترل از کنترل کننده های ولتاژ متناوب
۴۲۷	۵-۱۲ آزمایشگاه الكترونيك صنعتی
۴۲۷	۱-۵-۱۲ آزمایش شماره ۱ کنترل کننده ولتاژ متناوب تک فاز
۴۲۹	۲-۵-۱۲ آزمایش شماره ۲ کنترل کننده ولتاژ متناوب سه فاز
۴۳۰	۶-۱۲ خلاصه
۴۳۰	۷-۱۲ منابع تکمیلی
۴۳۱	۸-۱۲ مسائل طراحی
۴۳۳	فصل ۱۳
۴۳۳	۱-۱۳ مقدمه
۴۳۳	۲-۱۳ مدارهای آپ-امپ
۴۳۴	۱-۲-۱۳ مدل خطی DC آپ-امپ
۴۳۵	۲-۲-۱۳ مدل خطی AC آپ-امپ
۴۳۶	۳-۲-۱۳ ماکرومدل غیرخطی آپ-امپ

۴۴۷	۳-۱۳ سیستم‌های کنترلی
۴۵۴	۴-۱۳ کاربردهای سیگنالی
۴۶۳	۵-۱۳ کنترل جریان حلقه بسته
۴۶۹	۶-۱۳ منابع تکمیلی
۴۷۰	۷-۱۳ مسائل طراحی
۴۷۳	فصل ۱۴
۴۷۳	۱-۱۴ مقدمه
۴۷۳	۲-۱۴ مشخصه عملکردی موتور DC
۴۸۰	۳-۱۴ مشخصه‌های عملکردی موتور القایی
۴۸۴	۴-۱۴ منابع تکمیلی
۴۸۵	۵-۱۴ مسائل طراحی
۴۸۷	فصل ۱۵
۴۸۷	۱-۱۵ مقدمه
۴۸۸	۲-۱۵ مدارهای بزرگ
۴۸۸	۳-۱۵ بزرگی زمان اجرای آنالیز گذرا
۴۸۹	۴-۱۵ مسائل همگرایی
۴۸۹	۱-۴-۱۵ جاروب DC
۴۹۳	۲-۴-۱۵ محاسبه نقطه کار
۴۹۵	۳-۴-۱۵ آنالیز گذرا
۴۹۶	۵-۱۵ دقت آنالیز
۴۹۷	۶-۱۵ اجرا با مقادیر منفی
۴۹۸	۷-۱۵ مقادیر سوئیچینگ قدرت
۴۹۹	۱-۷-۱۵ مدل‌سازی پارامترهای دیودها و ترانزیستورها
۴۹۹	۲-۷-۱۵ تلورانس‌های خطا
۵۰۰	۳-۷-۱۵ مقاومت پیشگیری (محافظ استایر)
۵۰۱	۴-۷-۱۵ وضعیت‌های شبه پایدار

مرجع کاربردی نرم افزار PSPICE برای مهندسين الكترونيك و الكترونيك قدرت

۵۰۴	۸-۱۵ گروه های شناور
۵۰۸	۹-۱۵ گروه ها با کمتر از دو نقطه اتصال
۵۰۹	۱۰-۱۵ حلقه ها منبع ولتاژ و سلف
۵۰۹	۱۱-۱۵ اجرای فایل های Spice در محیط Spice
۵۱۰	۱۲-۱۵ اشتباهات متداول در شبیه سازی
۵۱۱	۱۳-۱۵ خلاصه
۵۱۱	۱۳-۱۵ راه حل های ایجاد همگرایی DC
۵۱۲	۱۳-۱۵ راه حل های ایجاد همگرایی گذرا
۵۱۳	۱۳-۱۵ راه حل های ایجاد همگرایی AC
۵۱۳	۱۴-۱۵ منابع تک یلی
۵۱۳	۱۵-۱۵ مسائل طراحی