

مبانی طراحی مدارهای الکترونیکی

مدارهای مخابراتی

دکتر محمدحسن نشاطی

دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

نیاز دانش

سرشناسه	: نشاطی، محمدحسن، ۱۳۳۸
عنوان و نام پدیدآور	: مبانی طراحی مدارهای الکترونیکی مدارهای مخابراتی
مشخصات نشر	: تهران: نیاز دانش، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۵۱۲ ص. مصور.
شابک	: 978-600-7724-68-2
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیهیای مختصر
یادداشت	: فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی: http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۵۵۸۲۷۴



نام کتاب	: مبانی طراحی مدارهای الکترونیکی
مؤلف	: دکتر محمدحسن نشاطی (دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد)
مدیر اجرایی - ناظر بر چاپ	: حمیدرضا محمد شیرازی - محمد شمس
ناشر	: نیاز دانش
صفحه آرا	: واحد تولید انتشارات نیاز دانش
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۶
شمارگان	: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت	: ۲۸۰۰۰۰ ریال همراه با CD

شابک: ISBN:978-600-7724-68-2

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۷۲۴-۶۸-۲

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری و تهیهی CD) از محتویات این اثر بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است، متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

آدرس انتشارات: تهران، میدان انقلاب، خیابان ۱۲ فروردین، تقاطع وحید نظری، پلاک ۲۵۵، طبقه ۱، واحد ۲

۰۲۱-۶۶۴۷۸۱۰۶-۶۶۴۷۸۱۰۸-۰۹۱۲۷۰۷۳۹۳۵

www.Niaze-Danesh.com

مشاوره جهت نشر: ۲۱۰۶۷۰۹ - ۰۹۱۲

پیشگفتار مؤلف

خدای بزرگ را سپاسگزارم که فرصتی دست یافت تا چاپ جدید کتاب مدارهای مخابراتی به همراه لوح فشرده حل کلیه مسائل آن تهیه و در اختیار علاقه‌مندان قرار می‌گیرد. هم‌چنین اشکالات تایپی و نواقصی که در متن کتاب و صورت مسائل وجود داشت، تا حد زیادی رفع شده و خوشبختانه در مدت کوتاهی آماده شده است. از مسئولین محترم انتشارات نیاز دانش آقایان محمد شمس و حمیدرضا شیرازی که انتشار این کتاب را به عهده گرفته‌اند، قدردانی می‌کنم. هم‌چنین از سرکار خانم رفیعی به جهت صفحه‌آرایی کتاب تشکر و سپاسگزاری می‌کنم.

لازم است مراتب تشکر و قدردانی خود را از دانشجویان عزیزی که در زمان ارائه درس مدارهای مخابراتی در دانشگاه‌های سیستان و بلوچستان و فردوسی مشهد با طرح سؤالات و حل مسائل در بهبود کیفیت کتاب نقش بسزایی داشته‌اند، ابراز دارم. از آقای مهندس علی شهرکی مقدم به جهت حل مسائل با نرم‌افزار spice و سرکار خانم‌ها مهندس لاله مهماندوست و مهندس شعله یاسینی که در تایپ و رسم شکل‌ها همکاری داشته‌اند، تشکر می‌کنم. از همسر و فرزندانم محسن و الهه به جهت صبر و شکیبایی در طول تهیه این اثر سپاسگزارم.

محمدحسن نشاطی

مشهد مقدس - دانشگاه فردوسی مشهد

پاییز ۹۵

فهرست مطالب

پیشگفتار مؤلف

فصل ۱ سیستم‌های مخابرات رادیویی

- ۱۳ مقدمه
- ۱۴ ۱-۱ اجزاء سیستم‌های مخابراتی
- ۱۷ ۲-۱ ساختار کتاب مدارهای مخابراتی

فصل ۲ نویز در مدارهای الکترونیکی

- ۱۹ مقدمه
- ۲۰ ۱-۲ نویز حرارتی
- ۲۱ ۲-۲ توان قابل دسترس نویز
- ۲۴ ۳-۲ نویز حرارتی و مدارهای خطی
- ۲۵ ۴-۲ نویز آنتن‌های گیرنده مخابراتی
- ۲۶ ۵-۲ نویز عناصر نیمه‌رسانا
- ۲۶ ۱-۵-۲ نویز ضربه‌ای دیود
- ۲۶ ۲-۵-۲ نویز Flicker دیود
- ۲۷ ۳-۵-۲ نویز ترانزیستورهای دوقطبی
- ۲۸ ۴-۵-۲ نویز ترانزیستورهای اثر میدان
- ۲۹ ۶-۲ نویز تقویت‌کننده‌ها
- ۳۱ ۷-۲ نسبت توان سیگنال به توان نویز
- ۳۱ ۱-۷-۲ نسبت سیگنال به نویز
- ۳۱ ۲-۷-۲ پهنای باند معادل نویز
- ۳۲ ۳-۷-۲ درجه حرارت معادل نویز
- ۳۳ ۴-۷-۲ بهره توان قابل دسترس
- ۳۴ ۵-۷-۲ شاخص نویز
- ۳۷ ۶-۷-۲ شاخص نویز مدارهای سری
- ۴۰ ۸-۲ حساسیت گیرنده‌های مخابراتی
- ۴۴ ۹-۲ طراحی تقویت‌کننده‌های کم نویز

۵۳	مدارهای تطبیق امپدانس	فصل ۳
۵۳	مقدمه	
۵۳	۱-۳ مدارهای تشدید	
۵۳	۱-۱-۳ مدار تشدید سری RLC	
۵۶	۲-۳ پاسخ فرکانسی مدار تشدید سری	
۵۸	۳-۳ مدار تشدید موازی	
۵۹	۴-۳ ضریب کیفیت مدارهای تشدید	
۶۱	۵-۳ تلفات عناصر ذخیره‌کننده انرژی	
۶۱	۱-۵-۳ تلفات سلف	
۶۳	۲-۵-۳ تلفات خازن	
۶۴	۶-۳ تبدیل مدار تشدید سری به موازی و موازی به سری	
۶۷	۷-۳ مدارهای تطبیق امپدانس	
۶۸	۸-۳ مدارهای تطبیق امپدانس با دو عنصر	
۷۱	۱-۸-۳ روند طراحی مدارهای تطبیق با دو عنصر	
۷۶	۲-۸-۳ مدار تطبیق π	
۷۷	۳-۸-۳ مدار تطبیق T	
۷۷	۹-۳ مدارهای تطبیق امپدانس شبه‌ترانس	
۷۷	۱-۹-۳ مدار تطبیق امپدانس با تقسیم‌کننده خازنی	
۸۴	۲-۹-۳ مدار تطبیق امپدانس با تقسیم‌کننده سلفی	
۸۵	۱۰-۳ مدارهای تطبیق با ترانس	
۸۵	۱-۱۰-۳ ساختمان ترانس	
۸۶	۲-۱۰-۳ مدار معادل ترانس	
۸۶	۳-۱۰-۳ مدار تطبیق امپدانس ترانس با تنظیم در اولیه	
۹۱	۴-۱۰-۳ مدار تطبیق امپدانس ترانس با تنظیم در ثانویه	
۹۴	۵-۱۰-۳ مدار تطبیق امپدانس با اتوترانس	
۹۵	۶-۱۰-۳ مدار تطبیق امپدانس با ترانس‌های سه‌سر	
۹۹	۷-۱۰-۳ نکات عملی در ساخت ترانس‌های فرکانس بالا	
۱۰۰	۱۱-۳ تلفات تعبیه در مدارهای تطبیق امپدانس	
۱۰۲	۱۲-۳ مدارهای تطبیق امپدانس با پهنای باند زیاد	
۱۰۶	۱۳-۳ پاسخ مدارهای تشدید به سیگنال‌های باند میانی	
۱۰۶	۱-۱۳-۳ سیگنال‌های باند میانی	
۱۰۸	۲-۱۳-۳ تقریب امپدانس مدار RLC حوالی فرکانس تشدید	
۱۱۰	۱۴-۳ پاسخ ضربه مدار تشدید موازی	
۱۱۲	۱۵-۳ پاسخ مدار RLC به سیگنال‌های باند میانی	

۱۱۵	پاسخ مدارهای تشدید به سیگنال‌های متناوب	۱۶-۳
۱۱۵	تقریب امپدانس مدار RLC حوالی هارمونی‌های فرکانس تشدید	۱-۱۶-۳
۱۱۸	اعوجاج هارمونیک‌ها	۲-۱۶-۳

۴

فصل

۱۳۷	تقویت‌کننده‌های فرکانس رادیویی	۱۳۷
۱۳۷	مقدمه	۱۳۷
۱۳۷	پارامترهای ادیتمانس اتصال کوتاه	۱-۴
۱۳۹	پارامترهای ادیتمانس ترانزیستورها	۲-۴
۱۴۱	پارامترهای ادیتمانس امیتر مشترک	۱-۲-۴
۱۴۲	تغییرات پارامترهای ادیتمانس با فرکانس	۲-۲-۴
۱۴۴	پارامترهای ادیتمانس بیس مشترک	۳-۲-۴
۱۴۵	تقویت‌کننده‌های فرکانس رادیویی	۳-۴
۱۴۶	ناپایداری در تقویت‌کننده‌های فرکانس رادیویی	۱-۳-۴
۱۴۷	ضریب پایداری لینویل	۲-۳-۴
۱۴۸	ضریب پایداری اشترن	۳-۳-۴
۱۵۰	روش‌های پایدارسازی تقویت‌کننده	۴-۴
۱۵۰	اصلاح ناپایداری با فیدبک	۱-۴-۴
۱۵۴	اصلاح پایداری به روش عدم تطبیق	۲-۴-۴
۱۵۴	اصلاح پایداری با مدارهای مرکب	۳-۴-۴
۱۵۶	تعاریف بهره توان در تقویت‌کننده‌ها	۵-۴
۱۵۹	قابلیت تنظیم	۶-۴
۱۶۰	طراحی تقویت‌کننده‌های فرکانسی رادیویی باند باریک	۷-۴
۱۶۰	طراحی با عناصر بدون قید و شرط پایدار	۱-۷-۴
۱۶۴	طراحی با عنصر بالقوه ناپایدار	۲-۷-۴
۱۶۷	طراحی کامل تقویت‌کننده‌های فرکانس رادیویی	۸-۴

۵

فصل

۱۸۳	بررسی شرایط غیرخطی عناصر فعال	۱۸۳
۱۸۳	مقدمه	۱۸۳
۱۸۳	بررسی کلی مدارهای غیرخطی	۱-۵
۱۹۰	بررسی شرایط غیرخطی عناصر JFET	۲-۵
۱۹۱	JFET در ناحیه درجه دو	۱-۲-۵
۱۹۴	JFET در بخشی از سیکل در ناحیه قطع	۲-۲-۵
۱۹۸	بایاس کلامپ عناصر JFET	۳-۲-۵

۲۰۵	۳-۵	بررسی شرایط غیرخطی ترانزیستورهای دو قطبی
۲۲۰	۴-۵	بررسی شرایط غیرخطی طبقه تفاضلی
۲۳۱	۵-۵	بارگذاری غیرخطی مدارهای تشدید
۲۳۲	۱-۵-۵	بررسی کلی بارگذاری غیرخطی مدارهای تشدید
۲۳۵	۲-۵-۵	تغذیه ترانزیستورهای دو قطبی با مدار تانک
۲۳۹	۳-۵-۵	اثر اشباع دیود کلکتور بیس
۲۴۵	۶-۵	ترکیب عناصر غیرخطی و عناصر ذخیره‌کننده انرژی
۲۴۵	۱-۶-۵	ترکیب دیود و خازن تزویج
۲۴۸	۲-۶-۵	تقویت‌کننده امیتر مشترک با بایاس منبع جریان و خازن تزویج
۲۴۸	۳-۶-۵	ترکیب تقویت‌کننده امیتر مشترک با بایاس مقاومتی و خازن تزویج
۲۵۲	۴-۶-۵	تابع انتقال مدار غیرخطی با خازن تزویج و ورودی مدوله شده

فصل ۶

۲۷۹	نوسان‌سازهای سینوسی	
۲۷۹	مقدمه	
۲۷۹	۱-۶	اساس ایجاد نوسان در نوسان‌سازها
۲۷۹	۱-۱-۶	شرایط نوسان
۲۸۱	۲-۱-۶	چگونگی ایجاد نوسان در نوسان‌سازها
۲۸۲	۳-۱-۶	پایداری فرکانس نوسان
۲۸۳	۴-۱-۶	پایداری دامنه نوسان
۲۸۴	۲-۶	نوسان‌ساز با عناصر BJT
۲۸۴	۱-۲-۶	نوسان‌ساز کولپیتس
۲۹۰	۲-۲-۶	اثر خازن‌های داخلی ترانزیستور و بارگذاری طبقات بعد
۲۹۱	۳-۲-۶	اشباع دیود کلکتور بیس در نوسان‌ساز کولپیتس
۲۹۳	۴-۲-۶	نوسان‌ساز با فرکانس قابل تنظیم
۲۹۴	۳-۶	نوسان‌ساز با تقویت‌کننده تفاضلی
۲۹۷	۴-۶	نوسان‌ساز با عناصر FET
۳۰۰	۵-۶	نوسان‌سازهای کریستالی
۳۰۰	۱-۵-۶	کریستال کوآرتز، ساختمان و مدار معادل
۳۰۲	۲-۵-۶	نوسان‌ساز کریستالی کولپیتس
۳۰۸	۳-۵-۶	نوسان‌ساز کریستالی در فرکانس تشدید موازی
۳۱۱	۴-۵-۶	سایر نوسان‌سازهای کریستالی
۳۱۱	۵-۵-۶	نوسان‌سازهای کریستالی با عناصر FET
۳۱۳	۶-۶	پدیده Squegging در نوسان‌سازها
۳۱۷	۷-۶	نوسان‌سازهای مقاومت منفی

۳۱۸	نوسان‌ساز مقاومت منفی کولپیتس	۱-۷-۶
۳۱۹	بررسی نوسان‌سازهای مقاومت منفی	۲-۷-۶
۳۲۵	نوسان‌ساز کلاپ گوریت	۳-۷-۶
۳۲۶	نوسان‌ساز با دامنه خروجی تثبیت شده	۸-۶

فصل ۷

۳۴۷	مخلوط‌کننده‌های مخابراتی	۳۴۷
۳۴۷	مقدمه	۳۴۷
۳۴۸	مشخصات مخلوط‌کننده‌ها	۱-۷
۳۵۰	نکات مهم در محاسبات و طرح مخلوط‌کننده‌ها	۲-۷
۳۵۱	مخلوط‌کننده با عناصر FET	۳-۷
۳۵۱	JFET همواره در ناحیه درجه دوم	۱-۳-۷
۳۵۲	مخلوط‌کننده به عنوان تقویت‌کننده با بهره متغیر	۲-۳-۷
۳۵۳	JFET در بخشی از سیگنال در ناحیه قطع	۳-۳-۷
۳۵۶	مخلوط‌کننده با عناصر BJT	۴-۷
۳۵۷	مخلوط‌کننده BJT به عنوان تقویت‌کننده با بهره متغیر	۱-۴-۷
۳۵۸	بررسی کامل مخلوط‌کننده BJT	۲-۴-۷
۳۶۴	مخلوط‌کننده با طبقه تفاضلی	۶-۷
۳۶۶	مبدل فرکانس	۷-۷

فصل ۸

۳۷۹	مدولاتورهای دامنه	۳۷۹
۳۷۹	مقدمه	۳۷۹
۳۷۹	خصوصیات سیگنال‌های مدوله شده دامنه	۱-۸
۳۸۱	پاسخ مدارهای غیرخطی به سیگنال مدوله شده دامنه	۲-۸
۳۸۳	طرح‌واره فرستنده مخابراتی با مدولاسیون دامنه	۳-۸
۳۸۴	مدولاتور دامنه با عناصر JFET	۴-۸
۳۸۴	JFET در ناحیه درجه دو	۱-۴-۸
۳۸۷	JFET در ناحیه مقاومتی	۲-۴-۸
۳۸۸	مدولاتور با طبقه تفاضلی	۵-۸
۳۹۰	مدولاتور دامنه سویچینگ	۶-۸
۳۹۰	اساس کار مدولاتورهای سویچینگ	۱-۶-۸
۳۹۱	مدارهای عملی مدولاتور سوئیچینگ دامنه	۲-۶-۸

۴۰۳	.....	فصل ۹	آشکارسازهای دامنه
۴۰۳	.....		مقدمه
۴۰۳	.....	۱-۹	گیرنده مخابراتی با مدولاسیون دامنه
۴۰۴	.....	۲-۹	آشکارسازهای سیگنال مدوله شده دامنه
۴۰۵	.....	۳-۹	آشکارساز پیک پوش سیگنال AM
۴۰۶	.....	۱-۳-۹	بررسی وضعیت استاتیکی آشکارساز پیک
۴۰۹	.....	۲-۳-۹	بررسی وضعیت دینامیکی آشکارساز پیک پوش
۴۱۴	.....	۳-۳-۹	آشکارساز کامل پیک پوش
۴۱۶	.....	۴-۳-۹	محدودیت‌های آشکارساز پیک پوش
۴۱۹	.....	۵-۳-۹	نکات عملی آشکارساز پیک پوش
۴۲۰	.....	۶-۳-۹	طراحی آشکارساز پیک پوش سیگنال AM
۴۲۳	.....	۴-۹	آشکارساز متوسط پوش
۴۲۳	.....	۱-۴-۹	آشکارساز متوسط پوش
۴۲۴	.....	۲-۴-۹	مدار عملی آشکارساز متوسط پوش

۴۳۵	.....	فصل ۱۰	مدولاتورهای فرکانس
۴۳۵	.....		مقدمه
۴۳۵	.....	۱-۱۰	خصوصیات سیگنال مدوله شده زاویه
۴۳۷	.....	۲-۱۰	طیف فرکانس سیگنال FM
۴۳۸	.....	۳-۱۰	مقایسه مدولاسیون‌های FM و PM
۴۳۹	.....	۴-۱۰	پاسخ مدارهای غیرخطی به سیگنال FM
۴۴۲	.....	۵-۱۰	معادله دیفرانسیل سیگنال FM
۴۴۶	.....	۶-۱۰	طرح‌واره فرستنده مخابراتی FM
۴۴۷	.....	۷-۱۰	مدولاتور راکتانس سیگنال FM با طبقه تفاضلی
۴۵۱	.....	۸-۱۰	مدولاتور راکتانس سیگنال FM با یک ترانزیستور
۴۵۲	.....	۹-۱۰	مدولاتور FM با استفاده از تغییرات خازن کلکتور بیس
۴۵۴	.....	۱۰-۱۰	مدولاتور راکتانس FM با دیود خازنی

۴۶۱	.....	فصل ۱۱	آشکارسازهای فرکانس
۴۶۱	.....		مقدمه
۴۶۱	.....	۱-۱۱	اساس کار آشکارسازهای فرکانس

۴۶۲	.....	۲-۱۱ طرح‌واره گیرنده مخابراتی FM
۴۶۳	.....	۳-۱۱ مشتق‌گیری مستقیم - آشکارساز سیگنال FM
۴۶۵	.....	۱-۳-۱۱ آشکارساز کلارک و هس
۴۶۷	.....	۴-۱۱ مشتق‌گیری در حوزه فرکانس، آشکارساز شیب
۴۶۷	.....	۱-۴-۱۱ مشتق‌گیری در حوزه فرکانس
۴۶۸	.....	۲-۴-۱۱ آشکارساز شیب
۴۷۱	.....	۳-۴-۱۱ آشکارساز متوازن شیب
۴۷۴	.....	۴-۴-۱۱ آشکارساز متوازن شیب با مدار تشدید سری
۴۷۶	.....	۵-۱۱ مشتق‌گیری در حوزه زمان، آشکارساز فوستر سیلی
۴۷۶	.....	۱-۵-۱۱ مشتق‌گیر با مدار تأخیر
۴۷۹	.....	۲-۵-۱۱ آشکارساز فوستر سیلی
۴۸۲	.....	۳-۵-۱۱ آشکارساز نسبی
۴۸۹	.....	پیوست‌ها
		۱- جدول‌های توابع بسط اصلاح شده
		۲- جدول‌های توابع جریان کلکتور در طبقات تفاضلی
۴۹۵	.....	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۵۰۱	.....	واژه نامه فارسی به انگلیسی
۵۰۶	.....	شناسه کتاب

