

به نام خدا

تحلیل شبکه مدارهای میکروویوی

www.ketab.ir

مؤلفین:

دکتر حسین امامی

عضو هیأت علمی گروه مهندسی برق، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر مجلسی

مهندس مجتبی هاشمی

کارشناس ارشد مهندسی برق

سرشناسه	:	امامی، حسین، ۱۳۵۷ -
عنوان و نام پدیدآور	:	تحلیل شبکه مدارهای میکروویوی / مولفین حسین امامی، مجتبی هاشمی.
مشخصات نشر	:	اصفهان: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر مجلسی، انتشارات، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	:	۱۶۴ ص: مصور (بخش رنگی)، جدول، نمونه (بخش رنگی).
شابک	:	۹۷۸-۶۲۲-۹۴۲۹۱-۵-۰
وضعیت فهرست نویسی	:	فیا
یادداشت	:	کتابنامه: ص: ۱۶۳-۱۶۴.
موضوع	:	مدارهای میکروویو Microwave circuits مایکروویو -- ابزار و وسایل Microwave devices
شناسه افزوده	:	هاشمی، مجتبی، ۱۳۵۷ -
شناسه افزوده	:	دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر مجلسی
شناسه افزوده	:	Islamic azad university. Majlesi Branch
رده بندی کنگره	:	TK ۷۸۷۶
رده بندی دیویی	:	۶۲۱/۴۸۱۳
شماره کتابشناسی ملی	:	۸۷۸۷۰۴۰
اطلاعات رکورد کتابشناسی	:	فیا



تحلیل شبکه مدارهای میکروویوی
 تألیف: حسین امامی، مجتبی هاشمی
 ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، شهر مجلسی
 مدیر تولید و ناظر فنی: حمید ناظمی
 ویراستار: یلدا قربانی
 نوبت چاپ: اول / زمستان ۱۴۰۰
 قطع: وزیری / ۱۶۴ صفحه / مصور
 شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
 قیمت: ۴۵۰۰۰ تومان
 شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۴۲۹۱-۵-۰
 مرکز پخش: ۰۳۱۵۲۴۷۲۹۰۷

تمامی حقوق این اثر برای ناشر محفوظ و استخراج مطالب با ذکر نام اثر و پدیدآورندگان بلامانع است.

فهرست

۹	فصل اول: مقدمه ای بر تحلیل شبکه مدارهای میکروویوی
۱۰	۱-۱ شبکه‌های تک پورته
۱۰	۱-۱-۱ تحلیل‌های جریان و ولتاژ کلی
۱۱	۲-۱-۱ تحلیل انعکاسی - انتقالی
۱۱	۱-۲-۱-۱ ولتاژ و جریان
۱۳	۲-۲-۱-۱ ضریب انعکاس
۱۳	۳-۲-۱-۱ توان
۱۴	۴-۲-۱-۱ معرفی a_1 و b_1
۱۵	۵-۲-۱-۱ در شرایط Γ
۱۵	۳-۱-۱ نمودار اسمیت
۱۵	۱-۳-۱-۱ نمودار امپدانس
۱۷	۲-۳-۱-۱ نمودار ادمیتانس
۱۷	۴-۱-۱ مسیر انتقال پایانی
۱۹	۲-۱ شبکه دو پورته
۱۹	۱-۲-۱ پارامترهای کلی شبکه (چند شبکه‌ای)

- ۲۰ ۲-۲-۱ تعریف Z و Y و پارامترهای ABCD
- ۲۱ ۳-۲-۱ ویژگی های Y، Z و پارامترهای ABCD
- ۲۱ ۴-۲-۱ پارامترهای پراکندگی
- ۲۲ ۵-۲-۱ تعریف پارامترهای S
- ۲۳ ۶-۲-۱ ولتاژ کلی و جریان ها در اصطلاح های عددی a و b
- ۲۳ ۷-۲-۱ توان در اصطلاحات عددی a و b
- ۲۴ ۸-۲-۱ نمودار گردش سیگنال
- ۲۴ ۹-۲-۱ ویژگی پارامترهای S
- ۲۵ ۱۰-۲-۱ گردش توان در شبکه های دو پورته منتهی شده
- ۲۸ ۳-۱ تغییرات بین Y، Z و ABCD و پارامترهای S
- ۲۸ ۴-۱ شبکه دو پورته امیدانسی منفرد
- ۲۸ ۱-۴-۱ پارامترهای S برای امیدانسی سری منفرد
- ۲۹ ۲-۴-۱ پارامترهای S برای امیدانسی موازی منفرد
- ۲۹ ۳-۴-۱ نمودار دو پورته
- ۳۰ ۱-۳-۴-۱ شبکه های امیدانسی سری منفرد
- ۳۱ ۲-۳-۴-۱ شبکه های امیدانسی موازی منفرد
- ۳۳ ۳-۳-۴-۱ ویژگی مقیاسی گذاری
- ۳۴ ۴-۴-۱ کاربردهای نمودار دو پورته
- ۳۴ ۱-۴-۴-۱ شناسایی رزوناتور یا مشدد خالص
- ۳۵ ۲-۴-۴-۱ ارزیابی فاکتور Q ۳۵
- ۳۵ ۳-۴-۴-۱ تشدید به همراه اتلاف وابسته به توان
- ۳۶ ۴-۴-۴-۱ ارزیابی ادمیتانس با استفاده از نمودار دو پورته
- ۳۶ ۵-۱ پارامترهای S شبکه های تک و دو پورته مشترک
- ۳۶ ۶-۱ شبکه های اتصالی دو پورته

۳۶	 ۱-۶-۱ اتصال T
۳۷	 ۲-۶-۱ شبکه‌های دو پورته آشناری
۳۷	 ۳-۶-۱ شبکه‌های دو پورته در اتصالات موازی و سری
۴۱	۷-۱ ماتریس پراکندگی مدارهای مایکروویو با ترکیبی از سیستم‌های تک
۴۱	 ۱-۷-۱ پارامترهای S یک دستگاه چند پورته
۴۲	 ۲-۷-۱ پارامترهای S مدار مایکروویو
۴۷	 فصل دوم: مقدمه‌ای بر نرم افزار VNA
۴۸	 ۱-۲ نحوه نصب و راه اندازی
۴۸	 ۲-۲ نرم افزار VNA
۵۲	 ۳-۲ توابع محرک (STIMULUS)
۵۳	 ۴-۲ توابع پارامتری
۵۴	 ۵-۲ توابع قالب
۵۵	 ۶-۲ توابع پاسخ (RESPONSE)
۵۹	 ۷-۲ بلوک فهرست (MENU)
۵۹	 Cal ۱-۷-۲
۶۰	 ۲-۷-۲ نمایش (Display)
۶۴	 ۳-۷-۲ نشان گر (Marker)
۶۶	 DeltaM ۴-۷-۲
۶۶	 ۵-۷-۲ تنظیمات (SETTING)
۶۸	 ۶-۷-۲ کپی (Copy)
۶۹	 ۸-۲ خلاصه‌ای از توابع کلید بدون برچسب گذاری
۶۹	 ۹-۲ از قبل مرتب سازی شده (preset)

۷۰	 ۱۰-۲ قطعه تحت آزمایش (DUT)
۷۱	 ۱-۱۰-۲ قطعه (Device)
۷۷	 ۲-۱۰-۲ مدار (Circuit)
۷۷	 ۱۱-۲ شبیه‌ساز مدار (CIRCUIT SIMULATOR)
۷۸	 ۱-۱۱-۲ فهرست مدار (Circuit Menu)
۷۹	 ۲-۱۱-۲ فهرست قطعه (Device Menu)
۸۱	 ۳-۱۱-۲ فهرست پورت‌ها (Ports Menu)
۸۳	 ۴-۱۱-۲ فهرست اتصال (Connection Menu)
۸۴	 ۱۲-۲ مراحل شبیه‌سازی مدار و مثال‌ها
۹۱	 فصل سوم: Device Builders و مدل‌ها
۹۲	 ۱-۳ خط انتقال بی اتلاف
۹۵	 ۲-۳ استانداردهای تک و دو پورته
۹۶	 ۳-۳ اجزای RLC گسسته: بار امپدانس تک پورته
۹۶	 ۴-۳ اجزاء با RCL گسسته: امپدانسهای سری ۲ پورته
۹۸	 ۵-۳ اجزای RLC گسسته: ادمیتانس موازی ۲ پورته
۹۸	 ۶-۳ خط انتقال عمومی
۱۰۱	 ۷-۳ اجزای خط انتقال: خط انتقال استاب سری ۲ پورته
۱۰۳	 ۸-۳ اجزای خط انتقال: خط انتقال استاب موازی ۲ پورته
۱۰۴	 ۹-۳ اجزای دو پورت ایده‌آل: بلوک تضعیف/ بهره
۱۰۵	 ۱۰-۳ اجزای دو پورت ایده‌آل: مبدل $1:N$ و $N:1$
۱۰۶	 ۱۱-۳ اجزای دو پورته ایده‌آل: یکسوساز (ISOLATOR)

- ۱۰۷ ۱۲-۳ اجزای دوپورتی ایده‌آل: ژیراتور (GYRATOR)
- ۱۰۷ ۱۳-۳ اجزای دو پورتی ایده‌آل: سیرکولاتور (CIRCULATOR)
- ۱۰۸ ۱۴-۳ خطوط انتقالی فیزیکی: خط کواکسیال (coaxial)
- ۱۱۰ ۱۵-۳ خطوط انتقالی فیزیکی: خط مایکرو استریپ
- ۱۱۳ ۱۶-۳ خطوط انتقال فیزیکی: خطوط استریپ یا نواری
- ۱۱۶ ۱۷-۳ خطوط انتقال فیزیکی: موجبر هم‌صفحه یا کوپلار (Coplanar)
- ۱۱۸ ۱۸-۳ خطوط انتقالی فیزیکی: استریپ‌های coplanar
- ۱۲۰ ۱۹-۳ گسستگی خط فیزیکی: گسستگی خط کواکسیال (coaxial) ...
- ۱۲۰ ۱-۱۹-۳ مرحله گسستگی
- ۱۲۲ ۲-۱۹-۳ گسستگی شکاف (GAP)
- ۱۲۲ ۳-۱۹-۳ گسستگی انتهای باز
- ۱۲۳ ۲۰-۳ گسستگی خطوط فیزیکی: گسستگی خطوط مایکرو استریپ ...
- ۱۲۳ ۱-۲۰-۳ مراحل گسستگی
- ۱۲۵ ۲-۲۰-۳ گسستگی‌های شکافی (GAP)
- ۱۲۹ ۳-۲۰-۳ گسستگی خمش (Bend)
- ۱۳۰ ۴-۲۰-۳ گسستگی‌های بریدگی (Slit)
- ۱۳۰ ۵-۲۰-۳ گسستگی‌های انتهای باز
- ۱۳۱ ۲۱-۳ گسستگی‌های خطی فیزیکی: گسستگی‌های خطی استریپ
- ۱۳۱ ۱-۲۱-۳ مراحل گسستگی
- ۱۳۲ ۲-۲۱-۳ گسستگی‌های شکافی
- ۱۳۳ ۳-۲۱-۳ خمش گسستگی
- ۱۳۴ ۴-۲۱-۳ گسستگی انتهای باز
- ۱۳۴ ۲۲-۳ خطوط اتصال کلی: خطوط اتصال چهار پورتی

پیشگفتار

در چند دهه اخیر مهندسی الکترونیک و مخابرات بعنوان کلید فتح شگفتی‌های جهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و این توسعه روز افزون، شرایطی را بوجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در جهان بیرون هستیم که حتی علوم مختلف را نیز تحت تأثیر قرار داده است. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب بعنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دست یابی به اطلاعات و اطلاع رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید. کتاب پیش رو ضمن معرفی بسته قدرتمند طراحی پیشرفته که سهم منحصر به فردی در علم مایکروویو دارد، می‌تواند منجر به برآورده شدن نیاز آموزش مهندسين مایکروویو همراه با کتاب‌های مطلوب این زمینه از قبیل: میدان‌ها و امواج در برق و الکترونیک (Fields and Waves in Electronic Electronics) نوشته J. S. Ramo، T. Van Duzer و Whinnery (Foundations for Microwave Engineering)، مبانی مهندسی مایکروویو (Microwave Engineering) نوشته R.E. Collin و مهندسی مایکروویو (Microwave Engineering) نوشته D. Pozar شود. در فصل اول کتاب به معرفی مختصر پارامترهای مدارهای تک پورته و دو پورته پرداخته شده و همچنین تئوری خطوط انتقال و نمودار اسمت به صورت مختصر توضیح داده می‌شود. در فصل دوم نرم‌افزار VNA معرفی خواهد شد. تجزیه و تحلیل شبکه برداری مجازی، افراد بدون دسترسی به یک ابزار واقعی را قادر خواهد ساخت تا نحوه استفاده از تحلیل‌گر شبکه برداری (Vector Network Analyzer) را بیاموزند. بسیاری از نمونه‌های طراحی فرصتی را برای خواننده فراهم می‌کند تا با نرم‌افزار VNA و قالب‌های مختلفی که در آنها پاسخ‌های فرکانسی نمایش داده

می‌شود، آشنا شوند، و همچنین منجر به ترغیب انجام آزمایش‌های مجازی در خواننده نیز می‌شود. فرمول‌های طراحی برای بسیاری از ادوات آورده شده است، اما تئوری‌های اصلی و اساسی که در متون دیگر یافت می‌شود برای جلوگیری از تکرار پوشش داده نشده است. روش تئوری مدار با نظریه میدان‌ها و امواج در دسترس بوده و کاربر را به پیوند این دو تشویق می‌کند. ویژگی جدید این کتاب معرفی و کاربرد نمودار دو پورتی است که مکمل نمودار معروف اسمیت بوده و به طور گسترده برای مدارهای تک پورتی استفاده می‌شود. نمودار دو پورتی امکان نمایش فرکانس پارامترهای انتقال و همچنین پارامترهای بازتاب را فراهم می‌کند. طیف وسیعی از دستگاه‌ها و ادوات معرفی شده در این کتاب شامل: ترانسفورماتور، تقسیم کننده/ توزیع کننده برق، تزویج گرها، فیلترها، آنتن‌ها و تقویت کننده‌ها است. رفتار غیر عادی، به عنوان مثال؛ اثرات دی الکتریک، هادی و اتلافات تشعشعی شامل بسیاری از دستگاه‌ها شده است. دستگاه‌ها می‌توانند برای بررسی پاسخ فرکانسی مدارهای مایکروویو استفاده شوند. حد پایین فرکانس در نرم افزار VNA، ۱ هرتز است و می‌توان مدارهای حاوی ادوات فشرده و توزیعی را مشخص کرد. برای استفاده از این کتاب آشنایی با دانش خطوط انتقال، مدارها و برخی تئوری‌های الکترومغناطیسی ضروری بوده، بنابراین نرم افزار VNA برای معرفی به دانش آموختگان کارشناسی ارشد و سال‌های آخر کارشناسی مناسب است و همچنین مهندسان با تجربه مایکروویو، نرم افزار VNA را مفید می‌دانند. در پایان حمد و سپاس خداوند را که با الطاف بی‌کران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوان در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگ این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی بویژه علوم مخابرات و تکنولوژی‌های مربوطه گامی هر چند کوچک برداشته تا رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شود. همچنین بر خود لازم می‌دانیم، مراتب تقدیر و تشکر خود را به انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی، که در جهت توسعه علمی کشور گام برمی‌دارد، تقدیم نماییم و برایشان توفیق روزافزون را از خداوند متعال خواستاریم.

دکتر حسین امامی، مهندس مجتبی هاشمی - تابستان ۱۴۰۰

hosseine57@gmail.com