

بسم الله الرحمن الرحيم

نویز در مدارات و سیستمهای مخابرات الکترونیکی

(مدلسازی، تحلیل و اندازه گیری)

تألیف

دکتر عبدالعلی عبدی پور

دانشیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

زمستان ۱۳۸۳

عبدی پور، عبدالعلی، ۱۳۴۵ -

نویز در مدارات و سیستمهای مخابرات الکترونیکی (مدلسازی، تحلیل و اندازه گیری) / تألیف عبدالعلی عبدی پور. -- تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، مرکز نشر، ۱۳۸۳.
۱۸۰ ص.: مصور، جدول نمودار.

ISBN: 964-463-265-6

ص.ع. به انگلیسی: Abdolali Abdipour. Noise in electronic Communication circuits and systems (modeling, analysis and measurement).

فهرستفهرستی بر اساس اطلاعات فیفا.

کتابنامه.

نمایه.

۱. مدارهای الکترونیکی -- سر و صدا. ۲. مخابرات -- سیستمها -- سر و صدا.
الف. دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). مرکز نشر. ب. عنوان.

۶۲۱/۳۸۲۲۴

TKV۸۶۷/۵/۴ ن ۹

م ۸۳ - ۴۰۶۴۲

کتابخانه ملی ایران



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۸۳/۸/۱۹ شورای چاپ و
نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسید.

عنوان کتاب	:	نویز در مدارات و سیستمهای مخابرات الکترونیکی (مدلسازی، تحلیل و اندازه گیری)
تألیف	:	دکتر عبدالعلی عبدی پور
ناشر	:	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	:	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	:	زمستان ۱۳۸۳
تیراژ	:	۱۲۰۰ نسخه
قیمت	:	۱۵۰۰ تومان
شابک	:	۹۶۴-۴۶۳-۲۶۵-۶
تلفن مرکز پخش:	:	۲۲۹۸۸۶۸
ISBN:	:	964-463-265-6

آدرس: خیابان ولی عصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

حق چاپ برای ناشر محفوظ است

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۷	مقدمه
۱	فصل اول: نویز در قطعات نیمه هادی الکترونیکی (ریاضیات، منابع و مدل)
۱-۱-۱	مقدمه
۲-۱	مروری بر فرآیندهای تصادفی
۱-۲-۱	تابع چگالی احتمال، میانگین و همبستگی
۲-۲-۱	ایستایی
۳-۲-۱	متوسط زمانی و تابع خودهمبستگی زمانی
۴-۲-۱	ارگادیک بودن
۳-۱	منابع نویز در قطعات نیمه هادی الکترونیکی
۱-۳-۱	تعریف نویز از دیدگاه کلی
۲-۳-۱	منابع نویز داخلی
۴-۱	روشهای مختلف مدلسازی نویز قطعات الکترونیکی
۱-۴-۱	مزایا و معایب روشهای مختلف مدلسازی نویز
۲-۴-۱	ارتباط بین منابع نویز میکروسکوپی و ماکروسکوپی
۵-۱	مدلسازی نویز (مداری) ترانزیستور FET (MESFET, HEMT)
۶-۱	مدلهای نویز ترانزیستور BJT (BJT, HBT)
۷-۱	مراجع

فصل دوم: آنالیز و مدلسازی سیگنال و نویز قطعات و مدارات خطی..... ۳۵

- ۱-۲- مقدمه..... ۳۵
- ۲-۲- چگالی طیفی توان..... ۳۶
- ۳-۲- کاربرد در دوقطبی‌های نویزی..... ۳۸
- ۴-۲- دوقطبی‌های نویزی..... ۳۸
- ۱-۴-۲- نمایش دوقطبی‌های نویزی..... ۳۸
- ۵-۲- فاکتور نویز یک دوقطبی..... ۴۲
- ۱-۵-۲- خواص پارامترهای نویز یک دوقطبی..... ۴۶
- ۶-۲- توصیف شبکه‌های خطی نویزی..... ۴۷
- ۱-۶-۲- تغییر نمایش..... ۴۸
- ۲-۶-۲- نمایشهای مختلف یک شبکه چند دهانه نویزی..... ۵۰
- ۳-۶-۲- ماتریس همبستگی نویز نرمالیزه شده..... ۵۳
- ۴-۶-۲- اتصالات مهم شبکه‌های چند دهانه..... ۵۴
- ۵-۶-۲- نویز مدارات چند دهانه با زمین شناور..... ۵۵
- ۷-۲- آنالیز همزمان سیگنال و نویز یک شبکه چند دهانه..... ۵۶
- ۱-۷-۲- آنالیز به کمک ماتریس ادمیتانس..... ۵۶
- ۲-۷-۲- آنالیز به کمک ماتریس پراکندگی..... ۶۲
- ۸-۲- آنالیز چند نمونه مدار..... ۶۷
- ۱-۸-۲- آنالیز همزمان سیگنال و نویز یک نمونه تقویت‌کننده موج
رونده (تقویت‌کننده گسترده)..... ۶۸
- ۲-۸-۲- آنالیز همزمان سیگنال و نویز یک نمونه تقویت‌کننده ماتریسی..... ۷۰
- ۹-۲- مراجع..... ۷۳

فصل سوم: اندازه‌گیری پارامترهای پراکندگی قطعات و مدارات..... ۷۵

- ۱-۳- مقدمه..... ۷۵
- ۲-۳- اندازه‌گیری اتوماتیک پارامترهای پراکندگی..... ۷۶
- ۳-۳- تحلیل گر شبکه برداری..... ۷۸
- ۴-۳- خطاهای اندازه‌گیری در یک تحلیل گر شبکه..... ۸۰
- ۵-۳- روند عمومی برای تصحیح خطا..... ۸۲

۸۳	۶-۳	روش کالیبراسیون OSTL
۸۵	۷-۳	روش کالیبراسیون TRL
۸۹	۸-۳	اندازه‌گیری پارامترهای پراکندگی عناصر فعال و غیر فعال
۹۱	۹-۳	اندازه‌گیری پارامترهای پراکندگی بر روی ویفر
۹۸	۱۰-۳	مراجع
۹۹		فصل چهارم: اندازه‌گیری و مشخصه‌گذاری نویز
۹۹	۱-۴	مقدمه
۹۹	۲-۴	اساس اندازه‌گیری عدد نویز
۱۰۴	۱-۲-۴	رابطه فاکتور نویز و پارامترهای نویز یک عنصر
۱۰۶	۳-۴	روش‌های مختلف اندازه‌گیری نویز
۱۰۷	۱-۳-۴	روش مستقیم
۱۰۸	۲-۳-۴	روش امیدانس چندگانه
۱۳۵	۳-۳-۴	روش موجی
۱۴۳	۴-۴	اندازه‌گیری فاکتور نویز بر روی ویفر
۱۴۷	۵-۴	مراجع
۱۴۹		فصل پنجم: الگوریتم‌های استخراج پارامترهای نویز
۱۴۹	۱-۵	مقدمه
۱۴۹	۲-۵	معرفی کلی الگوریتمها
۱۵۳	۳-۵	بررسی دقیقتر الگوریتمها
۱۶۳	۴-۵	برخی شرایط برای نقاط اندازه‌گیری در جهت کاهش خطا
۱۶۵	۵-۵	مقایسه الگوریتمها
۱۷۱	۶-۵	بهبود الگوریتم بودیاف
۱۷۵	۷-۵	مراجع
۱۷۷		فهرست راهنما

مقدمه

نویز یکی از پدیده‌های مهم در علوم و مهندسی می‌باشد که حد پائین دقت هر دستگاه اندازه‌گیری و مینیمم سیگنال قابل آشکارسازی توسط آن تعیین می‌گردد. این پدیده از دیر باز مورد توجه دانشمندان قرار گرفته و از حرکت براونی و تحقیقات آلبرت اینشتاین در این رابطه تا تشعشعات جسم سیاه در فیزیک و تحقق گیرنده‌های بسیار حساس در کاربردهای مهندسی مانند ارتباطات بین سیاره‌ای و جنگهای الکترونیکی همگی رابطه تنگاتنگ و حتی مستقیمی با پدیده نویز دارند.

در علوم مهندسی و بخصوص در مهندسی برق هم امروزه یکی از چالشهای مهم بحث نویز می‌باشد. در این رابطه، محققین مربوطه در جهت ارائه مدل‌های نویز مناسب قطعات و مدارات در رژیمهای خطی و غیرخطی در تلاش هستند تا بتوانند عملکرد آنان را از نظر نویز مدلسازی نموده و بر اساس آن راههای کاهش اثر آن را در مدار از طریق انتخاب نوع ماده بکار گرفته شده، فرکانس کار، نقطه بایاس و غیره را مورد بررسی قرار دهند.

از طرفی رشد تکنولوژی ساخت قطعات و مدارات فعال (سرشار از منابع نویز) و بکارگیری آنها در مدارات و سیستمهایی که قبلاً بصورت غیرفعال تحقق می‌یافتند (مانند آنتن، خطوط انتقال، مدارات تطبیق، فیلتر و ...) و منبع نویز غالب در آنها نویز حرارتی بود، خود باعث داغ‌تر شدن بحث نویز و پیویایی آن شده است. این امر باعث شده است تا امروزه ارزیابی، مدلسازی، تحلیل و طراحی ماژول‌های مهم و کلیدی

در سیستمهای فرستنده و گیرنده مخابراتی نظیر تقویت کننده‌ها، اسیلاتورها، میکسرها، ضرب کننده‌های فرکانس و غیره با احتساب اثرات نویز در آنان انجام گیرد.

از آنجا که نگارنده چندین سال است که تدریس دروسی نظیر مدارهای مخابراتی، طراحی مدارات فعال میکروویو، طراحی و تحلیل مدارات غیرخطی میکروویو، ادوات نیمه‌هادی در مایکروویو، الکترونیک فرکانس بالا در دانشگاهها و مراکز آموزش عالی و همچنین مسئولیت پروژه‌های صنعتی در این رابطه را نیز بر عهده داشته است، خلأی در رابطه با بحث نویز (از نظر مدلسازی، تحلیل و اندازه‌گیری) در مهندسی مخابرات و الکترونیک در داخل کشور مشاهده گردید که خود باعث ایجاد انگیزه لازم جهت تدوین این کتاب گردید.

این کتاب برای دانشجویان سال آخر دوره کارشناسی مهندسی الکترونیک و مخابرات و دوره‌های تحصیلات تکمیلی این رشته‌ها مرجعی مفید و همچنین برای محققان و پژوهشگران مراکز صنعتی مرتبط با رشته‌های فوق می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

چارچوب کلی کتاب در پنج فصل در نظر گرفته شده است. از آنجا که نویز یک فرآیند تصادفی می‌باشد در فصل اول کلیاتی در ارتباط با ریاضیات مربوط به نویز یادآوری شده و سپس منابع مهم نویز و مؤثر در قطعات و مدارات الکترونیکی و مخابراتی و منشاء فیزیکی آنان ارائه می‌شود. بدنبال آن مدلهای مداری قطعات مهم الکترونیکی فرکانس بالا معرفی شده است.

در فصل دوم از آنجا که قطعات معمولاً جهت کاربری در مدارات و سیستمهای خاص بکار برده می‌شوند، روشی مؤثر و نوین جهت تحلیل آنان بر اساس ماتریس همبستگی منابع نویز معرفی شده و بر پایه آن الگوریتم‌های کلی جهت تحلیل مدارات خطی با توپولوژی خاص و پیچیدگیهای مربوط به خود که امروزه در الکترونیک فرکانس بالا و موج میلیمتری بخاطر نیازهای مخابرات مدرن (داشتن پهنای باند زیاد، و سرعت بالا) بکار گرفته می‌شوند ارائه شده و مثالهایی نیز در این رابطه آورده شده است.

با توجه به اینکه اندازه‌گیری پایه اصلی هر پروسه مدلسازی طراحی و ساخت

مدرن محسوب می‌شود و در راستای شعار "بدون اندازه‌گیری علمی بوجود نمی‌آید" در فصل سوم به نحوه اندازه‌گیری پارامترهای پراکندگی قطعات و مدارات که مرحله قبل از مشخصه‌گذاری نویز آنان می‌باشد می‌پردازیم.

در فصل چهارم به اندازه‌گیری معیار ارزیابی قطعات و مدارات یعنی فاکتور نویز می‌پردازیم و روشهای مختلف جهت اندازه‌گیری و متدلوژی لازم جهت انجام آن ارائه می‌گردد.

در نهایت استخراج پارامترهای نویز و معرفی الگوریتم‌های مربوطه موضوعی است که در فصل پنجم به آن پرداخته می‌شود.

از صاحب نظران و خوانندگان محترم تقاضا مند است پیشنهاد و انتقادات خود را بمنظور بهبود و تصحیح در چاپ بعدی به اینجانب منعکس نمایند.

لازم میدانم از مسئولین وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات و مرکز تحقیقات مخابرات ایران که بخشهایی از این کتاب در ارتباط با پروژه‌های حمایت شده آنان می‌باشد تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از کلیه کسانی که در تهیه کتاب مرا یاری نموده‌اند بخصوص آقایان مهندس رضوی و مهندس موحدی صمیمانه سپاسگزارم. در پایان از همسر و فرزندانم که صبورانه در تهیه و تدوین این کتاب مرا یاری نموده‌اند کمال تشکر را دارم.

عبدالعلی عبدی پور

دانشیار دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر

پائیز ۱۳۸۳

Email: abdipour@aut.ac.ir