

مدارها و سیستم های مخابراتی

به زبان ساده

مؤلف: یاسر رحیمی

سرشناسه	: رحیمی، یاسر. ۱۳۶۱ -
عنوان و نام پدیدآور	: مدارها و سیستم‌های مخابراتی به زبان ساده / مولف یاسر رحیمی.
مشخصات نشر	: اصفهان: کانون پژوهش، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری	: ۲۷۵ص: مصور - جدول - نمودار.
شابک	: 978-600-5287-43-1
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: مخابرات -- سیستم‌ها
موضوع	: مدارهای الکترونیکی
رده بندی کنگره	: ۱۳۸۹ م ۴ ۳۴ ر / TK5۱۰۱۰۱
رده بندی دیویی	: ۶۲۱ ۳۸۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۳۲۸۳۲۱

مدارها و سیستم‌های مخابراتی

مؤلف: یاسر رحیمی

ناشر: کانون پژوهش

نوبت چاپ: اول ۱۳۸۹

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ: کمالی نژاد

شابک: ۱ - ۴۳ - ۵۴۸۷ - ۶۰۰ - ۹۷۸

قیمت: ۶۰۰۰ تومان

کلیه حقوق محفوظ است.

فهرست مطالب

مقدمه.....	۹
فصل (۱): تاریخچه‌ای از سیستم‌های مخابراتی.....	۱۳
۱-۱- تاریخچه مخابرات در جهان.....	۱۴
۲-۱- تاریخچه مخابرات در ایران.....	۲۰
فصل (۲): نگاهی کلی به سیستم‌های مخابراتی.....	۲۵
۱-۲- مقدمه.....	۲۵
۲-۲- سیستم‌های مخابراتی آنالوگ و دیجیتال.....	۲۵
۳-۲- اجزای یک سیستم مخابراتی.....	۲۶
۴-۲- انواع سیستم‌های مخابراتی از لحاظ ارتباط.....	۲۸
فصل (۳): نگاهی به ریاضیات.....	۳۱
۱-۳- مقدمه.....	۳۱
۲-۳- سیگنال و سیستم.....	۳۱
۳-۳- اعداد مختلط.....	۴۲
۴-۳- حوزه زمان و حوزه فرکانس.....	۴۵
۵-۳- تبدیل فوریه.....	۴۷
۶-۳- شکل موج‌ها.....	۵۳
فصل (۴): آشنایی با برخی مدارهای مخابراتی.....	۵۹
۱-۴- مقدمه.....	۵۹
۲-۴- فیلتر.....	۵۹
۳-۴- تطبیق امپدانس.....	۶۸
۴-۴- اسلاتور.....	۷۹
فصل (۵): کانال انتقال و نویز.....	۹۳
۱-۵- مقدمه.....	۹۳
۲-۵- انواع کانال‌های انتقال.....	۹۳
۳-۵- اثرات کانال انتقال بر سیگنال.....	۹۶

فصل (۶): مدولاسیون‌های آنالوگ ۱۱۳

۱-۶- مقدمه ۱۱۳

۱-۶- اهمیت و مزایای مدولاسیون ۱۱۴

۲-۶- مدولاسیون‌های آنالوگ ۱۱۵

۳-۶- حلقه قفل شده در فاز ۱۵۳

۴-۶- سیگنال تلویزیون ۱۵۸

۵-۶- ساختار کلی گیرنده‌های مخابراتی ۱۶۰

فصل (۷): مدولاسیون‌های دیجیتال ۱۶۵

۱-۷- مقدمه ۱۶۵

۱-۷- مدولاسیون‌های دیجیتال باند پایه ۱۶۷

۲-۷- مدولاسیون‌های دیجیتال باند میانی ۱۷۰

۳-۷- تبدیل آنالوگ به دیجیتال: مدولاسیون PCM ۱۷۵

۴-۷- سیستم‌های مالتی پلکسی ۱۷۹

فصل (۸): انتشار امواج ۱۹۱

۱-۸- مقدمه ۱۹۱

۲-۸- موج الکترومغناطیسی ۱۹۱

۳-۸- موج الکترومغناطیسی در محیط‌های مختلف ۱۹۶

۴-۸- انتشار امواج در هوا ۲۰۰

۵-۸- طیف الکترومغناطیسی ۲۰۴

۶-۸- نگاهی به جدول تخصیص فرکانسی جمهوری اسلامی ایران ۲۰۶

فصل (۹): آنتن ۲۰۹

۱-۹- مقدمه ۲۰۹

۲-۹- پارامترهای یک آنتن ۲۱۰

۳-۹- انواع آنتن ۲۱۳

فصل (۱۰): مایکروویو ۲۲۱

۱-۱۰- مقدمه ۲۲۱

۲-۱۰- کاربردهای مایکروویو ۲۲۲

۳-۱۰- باندهای مایکروویو ۲۲۳

۲۲۴.....	۴-۱۰- خطوط انتقال مایکروویو.....
۲۲۴.....	۵-۱۰- آشنایی با تئوری خط انتقال.....
۲۲۶.....	۶-۱۰- ادوات مایکروویو.....
۲۳۱.....	فصل (۱۱): مخابرات فیبر نوری
۲۳۱.....	۱-۱۱- مقدمه.....
۲۳۲.....	۲-۱۱- کاربردهای مخابرات فیبر نوری.....
۲۳۳.....	۳-۱۱- فیبر نوری.....
۲۴۰.....	۴-۱۱- مخابرات فیبر نوری.....
۲۴۳.....	۵-۱۱- شبکه‌های فیبر نوری.....
۲۴۵.....	فصل (۱۲): مخابرات ماهواره‌ای
۲۴۵.....	۱-۱۲- مقدمه.....
۲۵۰.....	۲-۱۲- انواع سیستم‌های ماهواره‌ای.....
۲۵۲.....	۳-۱۲- اصول حاکم بر مدارهای ماهواره‌ای.....
۲۵۳.....	۴-۱۲- اجزای یک سیستم ماهواره‌ای.....
۲۵۷.....	فصل (۱۳): مخابرات سیار
۲۵۷.....	۱-۱۳- مقدمه.....
۲۵۷.....	۲-۱۳- تاریخچه مخابرات سیار.....
۲۶۰.....	۳-۱۳- محیط مخابرات سیار.....
۲۶۱.....	۴-۱۳- شبکه مخابرات سیار.....
۲۶۴.....	۵-۱۳- شبکه GSM.....
۲۶۸.....	۶-۱۳- شبکه‌های مخابرات سیار ماهواره‌ای.....
۲۷۱.....	پیموست

مقدمه

هنگامی که به بازار کتاب ایران در زمینه مخابرات می‌نگرید، کتاب‌های متعددی مشاهده می‌کنید که هر یک ویژگی‌های خاص خود را دارند و برای مخاطبان خود جذاب و جالب هستند. اما کتابی که به زبان ساده، مهمترین مفاهیم مخابراتی را منتقل نماید، به سختی یافت می‌شود. به همین علت نگارنده بر آن شد که در این زمینه کتابی بنویسد که در عین سادگی و اجتناب از مباحث ریاضی به بیان و انتقال مفاهیم بپردازد.

این کتاب ویژگی‌های زیر را داراست:

۱. **سادگی و پرهیز از مباحث پیچیده ریاضی:** در این کتاب سعی شده است تا آنجا که امکان دارد، از درگیری با مباحث ریاضی پرهیز و تنها به بیان و انتقال مفاهیم پرداخته شود. لذا برای دانشجویانی که پایه ریاضیات آنها قوی نیست، این کتاب بسیار مناسب است. حداقل ریاضیات مورد نیاز این کتاب، ریاضیات دوره دبیرستان است.
۲. **ارائه مدارهای ساده و عملی:** برای دانشجویان و کارآموزانی که بخواهند از ابتدا شروع کنند، مدارهای بسیار ساده و عملی نیز ارائه شده که می‌توان آنها را در آزمایشگاه بست و نتیجه مطلوبی گرفت. این مدارها توسط دانشجویان مختلف بارها آزمایش شده‌اند.
۳. **کم حجم و به‌روز:** ویژگی دیگر این کتاب، آن است که سعی شده حجم آن چندان زیاد نباشد تا برای دانشجویان مناسب باشد. کتاب‌های خوبی که در بازار وجود دارد، به علت حجم بودن، و نداشتن مباحث جدید روز، از دسترس دانشجویان دور مانده است.

بنابراین کتاب برای افراد زیر مناسب است:

۱. **دانشجویان دوره کاردانی:** چنانکه اساتید ارجمند آگاهند، برای دوره‌های کاردانی متن درسی مناسبی نگاشته نشده است، بنابراین این کتاب می‌تواند برای درس سیستم‌های مخابراتی یا اصول و مدارهای مخابراتی تدریس شود. زیرا کلیه مطالب آن، با سرفصل‌های معرفی شده از سوی وزارت علوم تحقیقات و فناوری، و همچنین وزارت آموزش و پرورش مطابقت دارد.
۲. **دانشجویان دوره کارشناسی:** این کتاب دانشجویان دروه کارشناسی که می‌خواهند به زبان ساده و پیش از آن که درگیر مباحث پیچیده ریاضی شوند، مفاهیم را به راحتی فراگیرند، برای آنان نیز مفید است.
۳. **مهندسان، تکنیسین‌ها و صنعتگران:** کسانی که در صنعت‌ها و شرکت‌های مختلف و در رشته‌های گوناگون فعالیت دارند و می‌خواهند به سرعت و به راحتی مهمترین مفاهیم مخابراتی را درک کنند، کتاب حاضر به آنان پیشنهاد می‌شود.

پراکنده‌گویی و عدم داشتن یک دید کلی از مباحث مربوط به سیستم‌ها و مدارهای مخابراتی، موجب شده است که دانشجویان و کسانی که در بازار کار فعالیت می‌کنند، از درک برخی نکات که در عمل به کار می‌رود، عاجز باشند.

۴. **دانش آموزان دبیرستانی و هنرستانی:** دانش آموزان دبیرستانی و هنرستانی که علاقه‌مندند مطالب جدیدی درباره مخابرات بدانند، با مطالعه کتاب حاضر به آسانی می‌توانند این مطالب را فراگیرند. چنانکه گفته شد، حداقل ریاضیات مورد نیاز این کتاب، ریاضیات دوره دبیرستان است.

دانشجویان می‌توانند مطالب این درس را در دوره کارشناسی در دروس زیر دنبال کنند: تجزیه و تحلیل سیستم‌ها (سیگنال‌ها و سیستم‌ها)، مخابرات ۱، مخابرات ۲، میدان‌ها و امواج، خطوط انتقال، انتشار امواج، آنتن، مایکروویو، مدارهای مخابراتی، مخابرات فیبر نوری، مخابرات ماهواره‌ای، مخابرات سیار، فیلتر و سنتز مدار.

در این کتاب، ابتدا تاریخچه‌ای از سیستم‌های مخابراتی و روند تکاملی آنها، و سپس، اجزای کلی یک سیستم مخابراتی بررسی می‌شود. ریاضیات مورد نیاز برای فهم مطالب بعدی در فصل سوم مطرح می‌شود. این مباحث شامل معرفی اعداد مختلط، معرفی حوزه فرکانس و در نهایت تبدیل فوریه می‌باشد.

در فصل چهارم، کانال انتقال به طور کامل بررسی می‌گردد. نويز در این فصل معرفی می‌شود. تأثیراتی که یک کانال انتقال بر روی پیام‌های ارسالی می‌گذارد، در این فصل بررسی می‌شود. در فصل پنجم تطبیق امپدانس بیان می‌شود. تطبیق امپدانس، یکی از مهمترین مباحث در مدارهای مخابراتی است؛ به گونه‌ای که به جرأت می‌توان گفت هیچ مدار مخابراتی بدون تطبیق امپدانس طراحی خوبی ندارد و به درستی کار نمی‌کند.

در فصل‌های ششم و هفتم، مدولاسیون معرفی می‌شود. انواع مدولاسیون‌های آنالوگ و دیجیتال که در سیستم‌های مخابراتی قدیم و جدید به کار می‌روند، معرفی می‌شوند. البته، برخی مدارهای ساده برای مدولاتورها و دمدولاتورها نیز در این فصل معرفی شده‌اند. این دو فصل، مهمترین فصل‌های این کتاب هستند.

در فصل هشتم به بررسی انتشار امواج پرداخته می‌شود. ابتدا ویژگی‌های موج الکترومغناطیسی بیان می‌شود و در ادامه، انواع روش‌های انتشار امواج بیان می‌شود. در این فصل، جدول طیف الکترومغناطیسی که دانستن آن برای هر تکنیسین مخابرات لازم است، آمده است. همچنین، برای آشنایی با جدول فرکانسی ایران، برخی قسمت‌های آن در انتهای فصل آورده شده است.

در فصل نهم، به معرفی آنتن و بررسی اجمالی انواع آنتن‌ها پرداخته شده است. در فصل دهم مایکروویو و ادوات مایکروویو به طور اجمال معرفی می‌شوند. در سه فصل انتهایی به بررسی کلی سه سیستم مخابراتی پرداخته شده است: مخابرات فیبر نوری، مخابرات ماهواره‌ای و مخابرات سیار.

با نگاهی به تاریخچه مخابرات که در فصل اول مطرح شده، سؤالی به ذهن دانشجویان متبادر می‌شود، پرسشی که بارها پرسیده‌اند: «سهم ایران و دانشمندان ایرانی در تولید علم مخابرات چه بوده است؟»

در پاسخ به این سؤال تنها چند نکته را یادآور می‌شوم:

۱. با نگاهی به تاریخچه مذکور در می‌یابید که اکثر مطالب بیان شده مربوط به کشورهای اروپایی و آمریکاست؛ در حالی که واقعاً این گونه نیست. علاوه بر این کشورها، کشورهای دیگری نیز در تولید علم و پیشرفت سهم بوده‌اند؛ اما به دلایل متعدد و اغراض سیاسی از آنان نامی برده نمی‌شود. به عنوان نمونه در قرون وسطی که کشورهای غربی در رکود شدیدی بودند، دانشمندان مسلمان پیشتازان علم در جهان بودند و اروپاییان علوم را از مسلمانان فرا می‌گرفتند.
 ۲. کشورهای اروپایی و آمریکا به کشورهای تحت سلطه و نفوذ خود با ترفندهای استعماری و سیاسی، فرصت و اجازه پیشرفت را نمی‌دهند، تا از این طریق بتوانند به سلطه خود و جهان تکیه قطبی ادامه دهند. اگر می‌بینید که دانش و یا تکنولوژی‌ای را به یکی از کشورهای ضعیف عرضه می‌کنند، نه به دلیل دلسوزی، بلکه برای حفظ منافع و افزایش قدرت خود اقدام به چنین کاری می‌کنند.
 ۳. این یک قاعده کلی است که «مَنْ طَلَبَ وَجَدَ، وَجَدَ» (هر کس چیزی را بخواهد و تلاش و جدیت داشته باشد، آن را می‌یابد) دانشمندان اروپایی و آمریکایی هر روز و هر شب با کوششی مداوم در راه رسیدن به اهداف خود هستند؛ اما دیگر کشورها تنها به دنبال مصرف فرآورده‌های آنها هستند؛ منتظر محصولی جدید هستند تا از آن لذت برند. آیا دانشجوی ایرانی باور دارد که او نیز از دیگر دانشجویان چیزی کم ندارد، بلکه از هوش و ذکاوتی برخوردار است که دیگران برخوردار نیستند؟
 ۴. مطالعه زندگی دانشمندان غربی نشان می‌دهد که اکثر آنها افراد متعهد و پایبندی به دین خود بوده‌اند. یک فرد مومن مسلمان نیز می‌تواند با پایبندی به دین خود و تلاش و کوشش به مدارج علمی بالا برسد؛ و این در حالی است که خداوند برای کسانی که ایمان داشته باشند، برتری را ضمانت کرده است.^۱
- تفاوت کشورهای صنعتی با دیگر کشورها، در قدمت آنها یا منابع طبیعی یا هوش و فهم مردمشان نیست. بلکه تفاوت در رفتارهایی است که در طول سال‌ها نام فرهنگ، به خود گرفته است. در فرهنگ کشورهای صنعتی اصول زیر به عنوان فرهنگ مطرح است؛ اصولی که اسلام پیشرفته‌تر از آن را بیان کرده، اما مسلمانان به آنها اهمیتی نداده‌اند. برخی از این اصول عبارتند از:

۱. «وَلَا تَهِنُوا وَلَا تَحْزَنُوا وَأَنْتُمْ الْأَعْلَوْنَ إِنْ كُنْتُمْ مُؤْمِنِينَ» سوره آل عمران، آیه ۱۳۹

۱. اخلاق به عنوان پایه و اساس؛
۲. وحدت؛
۳. مسئولیت‌پذیری؛
۴. احترام به قانون و مقررات؛
۵. احترام به حقوق شهروندان دیگر؛
۶. عشق به کار؛
۷. تحمل سختی‌ها؛
۸. نظم‌پذیری.

به امید آن که مانیز با انجام صحیح کارها، کشوری آباد و پویا داشته باشیم. در اینجا، بر خود لازم می‌دانم که از مهندس امین خان سفید که زحمت ویراستاری علمی کتاب را بر عهده گرفتند و با نگاه‌های موşkافانه و دقیق به بررسی کتاب پرداختند، تشکر کنم. همچنین از جناب آقای مهندس امید مرادی و دیگر همکاران که زحمت ویراستاری آن را بر عهده گرفتند، تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از جناب آقای جنتیان مدیر مسئول کانون پژوهش که زحمت چاپ کتاب را بر عهده گرفتند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

در پایان، از آنجا که این مجموعه برای اولین بار تدوین و منتشر می‌شود، داشتن خطا و نقصان دور از انتظار نیست. بنابراین از خوانندگان محترم کتاب، خواهشمند است، با ارسال اشکال‌های آن، نگارنده را در ویرایش و اصلاح مطالب در چاپ‌های بعدی یاری فرمایید.

یاسر رحیمی

yaser_rahimi@yahoo.com