

ای نسخہ می نامہ الہی کہ تویی
ای آنہ می جمال شاہی کہ تویی
بیرون ز تو نیست آنچه در عالم هست
از خود بطلب هر آنچه خواهی کہ تویی



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

مدارهای الکتریکی

شامل ۵۰۰ مسئله حل شده

نویسنده‌ها:


Mahmood Nahvi & Joseph A. Edminister

ترجمه

دکتر محمد صادق ابریشمیان

استاد دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

سرشناسه	: نحوی، محمود، ۱۳۱۶-
عنوان و نام پدیدآور	: مدارهای الکتریکی (شامل ۵۰۰ مسئله حل شده) // تالیف محمود نحوی، جوزف ا. ادمینیستر؛ ترجمه محمدصادق ابریشمیان.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۴
مشخصات ظاهری	: ۶۱۴ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-7867-19-8
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: , Schaum's outlines electric circuits, Sixth ed , [2014].
یادداشت	: نمایه
موضوع	: مدارهای برقی
موضوع	: مدارهای برقی -- مسائل، تمرین‌ها و غیره
شناسه افزوده	: ادمینیستر، جوزف ا.
شناسه افزوده	: Edminister, Joseph A.
شناسه افزوده	: ابریشمیان، محمد صادق، ۱۳۲۵ -، مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۴ م ۳۴۴/TK۴۵۴
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۱۹۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۰۸۷۴۲۸

ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  <http://publication.kntu.ac.ir>

نام کتاب: مدارهای الکتریکی (شامل ۵۰۰ مسئله حل شده)

تألیف: محمود نحوی، جوزف ا. ادمینیستر

مترجم: دکتر محمدصادق ابریشمیان عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی

خواجه نصیرالدین طوسی

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: دیماه ۱۳۹۴

تیراژ: ۵۰۰ جلد

قیمت: ۴۰۰۰۰ تومان

کد کتاب: ۴۰۵

ISBN: 978- 600-7867-19-8

شابک: ۹۷۸- ۶۰۰-۷۸۶۷-۱۹-۸

چاپ: شریف

صحافی: گرنامی

آدرس و تلفن مرکز پخش و فروش: خیابان ولیعصر (عج)، بالاتر از میدان ونک، تقاطع

میرداماد، روبروی ساختمان اسکان (۸۸۷۷۲۲۷۷-۰۲۱)

(حق چاپ برای ناشر محفوظ است)

۱.۰ پیشگفتار

چاپ پنجم مدارهای الکتریکی سری شومز نشان‌دهنده ویرایش و بروز رسانی بموقع مواد درسی است که وسعت دید خود را افزایش داده تا مشابه سطح تدریس امروز دوره کارشناسی شود. این کتاب بخش‌های جدیدی در زمینه روش تحلیل مدارهای دودهانه مقاومتی و افزارها (شامل عناصر تکه تکه خطی)، مدارهای شامل تقویت‌کننده‌های عملیاتی، نمودارهای بود^۱، فیلترهای مرتبه اول و دوم و نحوه ساخت آن‌ها با مدارهای فعال، و شبیه‌سازی اسپایس^۲ مدارهای شامل تقویت‌کننده عملیاتی عرضه کرده است.

البته، هدف اولیه کتاب و رویکرد اساسی ویرایش‌ها قبلی حفظ شده است. این کتاب برای استفاده بعنوان کتاب درسی یا اولین درس در تحلیل مدار یا بعنوان مکمل دروس استاندارد که می‌توان برای دانشجویان مهندسی برق، و همین‌طور دانشجویان فناوری و مهندسی استفاده کرد تدوین شده است. تاکید ما بر قوانین پایه، قضایا و روش حل مسائلی است که در اکثر دروس مشترک است.

این کتاب به هفده فصل تقسیم شده و تمام زمینه‌های نظری و مطالعاتی را شامل می‌شود. فصول با تعاریف، اصول و قضایای مهم همراه با مثال‌های روشن‌گر شروع می‌شود. سپس با مجموعه‌ای از مسائل حل شده و تکمیلی خاتمه می‌یابد. مسائل تمام سطوح مختلف، از ساده تا مشکل را دربر می‌گیرد. برخی مسائل روی نکات کلیدی تکیه دارد، تا دانشجویان را جهت اعمال بهتر اصول اساسی آماده و کمک نماید. مسائل تکمیلی متعدد و به خوانندگان این فرصت را می‌دهد که مسائل را تمرین کرده و در حل مسائل ماهر شوند. ضمناً جواب هم برای مسائل تکمیلی تدارک دیده شده است.

کتاب با تعاریف بنیادی شروع و عناصر مدار شامل منابع وابسته، قوانین مدار و قضایا، و روش‌های تحلیل از قبیل روش‌های ولتاژ گره و جریان حلقه است. این قضایا و روش‌ها را ابتدا برای مدارهای مقاومت dc اعمال کرده و سپس برای مدارهای RLC با استفاده از امپدانس و فرکانس مختلط بسط و گسترش می‌دهیم. مثال‌های تقویت‌کننده‌های عملیاتی (یا آپ امپ) و مسائل در فصل پنجم بدقت انتخاب شده تا با راحتی درک اما دانشجویان را از نظر عملی برای دروس مهم آینده آماده کند. موضوع شکل‌موج‌ها و سیگنال‌ها در فصلی جداگانه آورده شده است تا آگاهی و درک دانشجویان را در کاربرد مدل‌های سیگنال افزایش دهد.

رفتار مدار از قبیل پاسخ حالت ماندگار و گذرا به ورودی پله واحد، ضربه، و نمایی در فصل هفتم برای مدارهای مرتبه اول بحث و مطالعه شده است. سپس این مطلب برای مدارهای با مرتبه بالاتر گسترش یافته و فرکانس مختلط در فصل هشتم معرفی شده است. تحلیل فیزیوری، حالت ماندگار سینوزوئیدال، توان، ضریب توان، و مدارهای چند فازه را کاملاً بررسی نموده‌ایم. توابع شبکه، و تبدیلات را بطور مبسوط پوشش داده‌ایم. کاربرد اسپایس و پی‌اسپایس در تحلیل مدار در فصل پانزدهم معرفی شده است. معادلات مدار با استفاده از معادلات دیفرانسیل کلاسیک و تبدیل لاپلاس که مقایسه را آسانتر می‌کند حل شده است. سری فوریه و تبدیل فوریه و کاربرد آنها در تحلیل مدار در فصل هفدهم آورده شده است. سرانجام، در دو پیوست، سامانه اعداد مختلط، ماتریس‌ها و دترمینان تدارک دیده شده است. این کتاب را به دانشجویانمان و دانشجویانمان دانشجویمانمان، از کسانی که خوب درس دادن

^۱ Bode diagrams

^۲ Spice simulation

۱۰۰. پیشگفتار

را آموختیم تقدیم می‌کنیم. آن‌ها بودند که بمیزان وسیع امکان خرسندی و پاداش تدریس را
بما دادند. ضمناً از همسران خود زهرا نحوی و نینا ادمینستر برای ترغیت و پشتیبانی تشکر
می‌نمائیم.

محمود نحوی
ژوزف ادمینستر

۲۰۰. تقدیر و تشکر

۲۰۰ تقدیر و تشکر

ای که دستت میرسد کاری بکن پیش از آن کز تو نیاید هیچ کار

خداوند لایزال را شکر می‌کنم که بمن توفیق ترجمه این کتاب را اعطا نمود.
از بخش چاپ و نشر کتاب دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی بویژه آقایان حسن صالحی و عباس‌علی گرنامی سپاسگزارم.
بدیهی است که بدون پشتیبانی و گذشت و تشویق همسر و فرزندانم این کتاب به پایان نمی‌رسید. لذا لازم میدانم این کتاب را به آنان تقدیم نمایم.

ضمناً علی‌رغم تلاشی که شد تا کتاب خالی از اشتباه چاپی یا ترجمه‌ای باشد، اما با وجود تعداد معتابهی روابط ریاضی، اشکالات وجود دارد. امید است دانشجویان عزیز و همکاران ارجمند اینجانب را از طریق مقتضی مطلع نمایند تا انشاءالله در چاپ‌های بعدی مرتفع شود.

محمد صادق ابریشمیان

۲۱ دی ۱۳۹۴

فهرست مطالب

.....	پیشگفتار	۱.۰
.....	تقدیر و تشکر	۲.۰
۳	مقدمه	۱
۳	..... کمیات الکتریکی و واحدهای <i>SI</i>	۱.۱
۴	..... نیرو، کار، و توان	۲.۱
۵	..... بار الکتریکی و جریان	۳.۱
۶	..... پتانسیل الکتریکی	۴.۱
۷	..... انرژی و توان الکتریکی	۵.۱
۷	..... توابع ثابت و متغیر	۶.۱
۷	..... مسائل	مسائل
۱۱	مفاهیم مدار	۲
۱۱	..... عناصر فعال و غیرفعال	۱.۲
۱۲	..... علائم قراردادی	۲.۲
۱۳	..... روابط ولتاژ-جریان	۳.۲
۱۳	..... مقاومت	۴.۲
۱۵	..... خودالقائی	۵.۲
۱۶	..... ظرفیت	۶.۲
۱۷	..... نمودار مداری	۷.۲
۱۷	..... مقاومت‌های غیر خطی	۸.۲
۱۹	..... مسائل	مسائل
۳۱	قوانین مدار	۳
۳۱	..... مقدمه	۱.۳
۳۱	..... قانون ولتاژ کیرشهف	۲.۳
۳۲	..... قانون جریان کیرشهف	۳.۳
۳۲	..... اتصال سری عناصر مدار	۴.۳
۳۴	..... اتصال موازی عناصر مدار	۵.۳
۳۵	..... تقسیم ولتاژ	۶.۳
۳۶	..... تقسیم جریان	۷.۳
۳۷	..... مسائل	مسائل

۴	روش‌های تحلیل	۴۷
۱.۴	روش جریان شاخه‌ای	۴۷
۲.۴	روش جریان حلقه‌ای	۴۸
۳.۴	ماتریس و دترمینان	۴۹
۴.۴	روش ولتاژ گره	۵۰
۵.۴	اختصار شبکه	۵۲
۶.۴	مقاومت ورودی	۵۳
۷.۴	مقاومت خروجی	۵۴
۸.۴	مقاومت انتقالی	۵۵
۹.۴	خاصیت هم‌پاسخی	۵۵
۱۰.۴	جمع‌اثرها	۵۶
۱۱.۴	قضایای تونن و نورتن	۵۷
۱۲.۴	قضیه انتقال توان بیشینه	۵۹
۱۳.۴	دستگاه‌ها و مدارهای دو پایانه	۶۰
۱۴.۴	اتصال مدارهای مقاومتی دو پایانه‌ای	۶۰
۱۵.۴	مدل سیگنال‌های کوچک مدار مقاومتی غیرخطی	۶۱
	مسائل	۶۲
۵	تقویت‌کننده‌ها و تقویت‌کننده‌های عملیاتی	۸۹
۱.۵	مدل تقویت‌کننده	۸۹
۲.۵	بازخورد در مدار تقویت‌کننده	۹۰
۳.۵	تقویت‌کننده‌های عملیاتی	۹۲
۴.۵	تحلیل مدارهای شامل تقویت‌کننده‌های عملیاتی	۹۵
۵.۵	مدار وارونگر	۹۷
۶.۵	مدار جمع‌کننده	۹۷
۷.۵	مدار ناوارونگر	۹۸
۸.۵	دنباله‌رو ولتاژ	۱۰۰
۹.۵	تقویت‌کننده‌های تفاضلی و دیفرانسیلی	۱۰۱
۱۰.۵	مدارهای با چندین تقویت‌کننده عملیاتی	۱۰۲
۱۱.۵	مدارهای انتگرال‌گیر و مشتق‌گیر	۱۰۴
۱۲.۵	کامپیوترهای آنالوگ	۱۰۷
۱۳.۵	فیلتر پائین‌گذر	۱۰۹
۱۴.۵	دسی‌بل (dB)	۱۰۹
۱۵.۵	تقویت‌کننده عملیاتی واقعی	۱۱۰
۱۶.۵	مدل یک تقویت‌کننده عملیاتی ساده	۱۱۲
۱۷.۵	مقایسه‌کننده	۱۱۳
۱۸.۵	مبدل آنالوک به دیجیتال لحظه‌ای	۱۱۵
۱۹.۵	خلاصه‌ای از بازخورد در مدار تقویت‌کننده عملیاتی	۱۱۶
	مسائل	۱۱۶
۶	شکل‌موج‌ها و سیگنال‌ها	۱۴۳
۱.۶	مقدمه	۱۴۳
۲.۶	توابع متناوب	۱۴۳
۳.۶	توابع سینوزوئیدال	۱۴۵
۴.۶	انتقال زمانی و انتقال فازی	۱۴۷

۱۴۸	ترکیبی از توابع متناوب	۵.۶
۱۵۰	مقادیر متوسط و موثر (RMS)	۶.۶
۱۵۲	توابع غیرمتناوب	۷.۶
۱۵۳	تابع تک‌پله‌ای	۸.۶
۱۵۴	تابع تک‌ضربه‌ای	۹.۶
۱۵۷	تابع نمائی	۱۰.۶
۱۶۰	سینوزوئید میراشونده	۱۱.۶
۱۶۰	سیگنال‌های تصادفی	۱۲.۶
۱۶۲	مسائل	

۷ مدارهای مرتبه اول

۱۷۵	مقدمه	۱.۷
۱۷۵	تخلیه خازن درون مقاومت	۲.۷
۱۷۷	ولتاژ dc در دوسر یک خازن	۳.۷
۱۷۸	مدار RL بدون منبع	۴.۷
۱۸۰	جریان dc در یک سیم‌پیچ	۵.۷
۱۸۱	نگاهی دیگر بر تابع نمائی	۶.۷
۱۸۳	مدارهای مرتبه اول مختلط RC و RL	۷.۷
۱۸۵	حالت ماندگار DC در سیم‌پیچ‌ها و خازن‌ها	۸.۷
۱۸۷	گذر در زمان کلیدزنی	۹.۷
۱۸۸	پاسخ مدارهای مرتبه اول بیک پالس	۱۰.۷
۱۹۰	پاسخ ضربه مدارهای RC و RL	۱۱.۷
۱۹۱	خلاصه‌ای از پاسخ‌های پله‌ای و ضربه‌ای در مدارهای RC و RL	۱۲.۷
۱۹۲	پاسخ مدارهای RC و RL به تحریک‌های نمائی ناگهانی	۱۳.۷
۱۹۳	پاسخ مدارهای RC و RL به تحریک‌های سینوزوئیدال ناگهانی	۱۴.۷
۱۹۴	خلاصه‌ای از پاسخ اجباری مدارهای مرتبه اول	۱۵.۷
۱۹۴	مدارهای فعال مرتبه اول	۱۶.۷
۱۹۶	مسائل	

۸ مدارهای مرتبه بالاتر و فرکانس مختلط

۲۱۷	مقدمه	۱.۸
۲۱۷	مدار سری RLC	۲.۸
۲۲۱	مدار موازی RLC	۳.۸
۲۲۴	مدار دو حلقه‌ای	۴.۸
۲۲۵	فرکانس مختلط	۵.۸
۲۲۵	امپدانس کلی (RLC) در حوزه s	۶.۸
۲۲۸	تابع شبکه و رسم قطب‌ها و صفرها	۷.۸
۲۲۹	پاسخ اجباری	۸.۸
۲۳۱	پاسخ طبیعی	۹.۸
۲۳۲	مقیاس‌بندی فرکانسی و مقداری	۱۰.۸
۲۳۳	مدارهای فعال مرتبه بالا	۱۱.۸
۲۳۴	مسائل	

۲۵۵	تحلیل مدار حالت ماندگار سینوزوئیدال	۹
۲۵۵	مقدمه	۱.۹
۲۵۵	پاسخ عناصر	۲.۹
۲۵۸	فیزورها	۳.۹
۲۶۱	امپدانس و ادمیتانس	۴.۹
۲۶۳	تقسیم ولتاژ و جریان در حوزه فرکانس	۵.۹
۲۶۴	روش جریان حلقه‌ای	۶.۹
۲۶۵	امپدانس ورودی و انتقال	۷.۹
۲۶۶	روش ولتاژ گره‌ای	۸.۹
۲۶۷	قضایای تونن و نورتن	۹.۹
۲۶۷	جمع‌اثرها در منابع AC	۱۰.۹
۲۶۸	مسائل	
۲۸۹	توان AC	۱۰
۲۸۹	توان در حوزه زمان	۱.۱۰
۲۹۰	توان در حالت ماندگار سینوزوئیدال	۲.۱۰
۲۹۱	توان متوسط یا توان حقیقی	۳.۱۰
۲۹۳	توان واکنشی	۴.۱۰
۲۹۴	خلاصه توان AC در مدار L ، R و C	۵.۱۰
۲۹۵	تبادل انرژی بین خازن و خودالقاء	۶.۱۰
۲۹۷	توان مختلط، توان ظاهری، و مثلث توان	۷.۱۰
۳۰۱	موازی بستن شبکه‌ها	۸.۱۰
۳۰۲	بهبود ضریب توان	۹.۱۰
۳۰۴	انتقال توان بیشینه	۱۰.۱۰
۳۰۵	جمع‌اثر توان‌های متوسط	۱۱.۱۰
۳۰۷	مسائل	
۳۲۳	مدارهای چند فاز	۱۱
۳۲۳	مقدمه	۱.۱۱
۳۲۳	سامانه دوفاز	۲.۱۱
۳۲۴	سامانه سه‌فاز	۳.۱۱
۳۲۶	سامانه ستاره و مثلث یا Y و Δ	۴.۱۱
۳۲۷	فیزور ولتاژها	۵.۱۱
۳۲۷	اتصال بار مثلث متعادل	۶.۱۱
۳۲۸	اتصال بار ستاره یا چهار سیمه متعادل	۷.۱۱
۳۳۰	معادل اتصال ستاره و مثلث	۸.۱۱
۳۳۱	مدار معادل تک خط برای بارهای سه فاز متعادل	۹.۱۱
۳۳۲	اتصال مثلثی بار نامتعادل	۱۰.۱۱
۳۳۳	اتصال ستاره بار نامتعادل	۱۱.۱۱
۳۳۴	توان سه‌فاز	۱۲.۱۱
۳۳۵	سنجش توان و روش دو وات‌متر	۱۳.۱۱
۳۳۷	مسائل	

۳۵۱	۱۲ پاسخ فرکانسی، فیلترها و رزونانس
۳۵۱	۱.۱۲ پاسخ فرکانسی
۳۵۲	۲.۱۲ شبکه‌های بالاگذر و پائین‌گذر
۳۵۶	۳.۱۲ فرکانس‌های نیم-توان
۳۵۷	۴.۱۲ شبکه‌های دو دهانه، دو عنصری
۳۵۷	۵.۱۲ پاسخ فرکانسی و توابع شبکه
۳۵۹	۶.۱۲ پاسخ فرکانسی از محل قطب‌ها و صفرها
۳۶۰	۷.۱۲ فیلترهای ایده‌آل و عملی
۳۶۱	۸.۱۲ فیلترهای فعال و غیرفعال
۳۶۲	۹.۱۲ فیلترهای میان‌گذر و رزونانس
۳۶۴	۱۰.۱۲ فرکانس طبیعی و نسبت میرائی
۳۶۴	۱۱.۱۲ مدار سری RLC ؛ رزونانس سری
۳۶۶	۱۲.۱۲ ضریب کیفیت
۳۶۷	۱۳.۱۲ مدار موازی RLC ؛ رزونانس موازی
۳۶۸	۱۴.۱۲ مدار موازی LC عملی
۳۶۹	۱۵.۱۲ تبدیل سری-موازی
۳۷۰	۱۶.۱۲ نمودار مکان‌هندسی
۳۷۳	۱۷.۱۲ نمودار بود $Bode$
۳۷۳	۱۸.۱۲ مشاهدات
۳۷۴	۱۹.۱۲ خصوصیات نمودار بود
۳۷۵	۲۰.۱۲ خلاصه فیلترهای مرتبه اول
۳۷۵	۲۱.۱۲ فیلترهای مرتبه دوم
۳۷۷	۲۲.۱۲ فیلتر باترورث
۳۷۷	۲۳.۱۲ مقیاس‌بندی پاسخ فرکانسی فیلترها
۳۷۸	مسائل
۴۰۳	۱۳ شبکه‌های دودهانه
۴۰۳	۱.۱۳ پاسخ فرکانسی
۴۰۳	۲.۱۳ پارامترهای Z
۴۰۵	۳.۱۳ معادل T شبکه‌های هم‌پاسخ
۴۰۶	۴.۱۳ پارامترهای Y
۴۰۷	۵.۱۳ معادل Π شبکه‌های هم‌پاسخ
۴۰۸	۶.۱۳ کاربرد مشخصات پایانه
۴۰۹	۷.۱۳ تبدیل پارامترهای Z و Y
۴۱۰	۸.۱۳ پارامترهای h
۴۱۰	۹.۱۳ پارامترهای g
۴۱۱	۱۰.۱۳ پارامترهای انتقال
۴۱۲	۱۱.۱۳ اتصال شبکه‌های دودهانه
۴۱۴	۱۲.۱۳ انتخاب نوع پارامترها
۴۱۵	۱۳.۱۳ خلاصه‌ای از تبدیل پارامترها
۴۱۵	مسائل

۴۳۱	۱۴ خودالقائی متقابل و مبدل‌ها
۴۳۱	۱.۱۴ خودالقائی متقابل
۴۳۳	۲.۱۴ ضریب تزویج
۴۳۴	۳.۱۴ تحلیل تزویج سیم‌پیچ‌ها
۴۳۶	۴.۱۴ قانون نقطه
۴۳۶	۵.۱۴ انرژی در یک زوج سیم‌پیچ تزویجی
۴۳۷	۶.۱۴ مدار معادل تزویج هدایتی
۴۳۸	۷.۱۴ مبدل خطی
۴۴۱	۸.۱۴ مبدل ایده‌آل
۴۴۲	۹.۱۴ اتوترانسفورماتور
۴۴۳	۱۰.۱۴ امپدانس انعکاسی
۴۴۵	مسائل
۴۶۵	۱۵ تحلیل مدار توسط اسپایس و پی‌اسپایس
۴۶۵	۱.۱۵ اسپایس و پی‌اسپایس
۴۶۵	۲.۱۵ تشریح مدار
۴۶۶	۳.۱۵ تقسیم‌بندی فایل منبع اسپایس
۴۶۷	۴.۱۵ بیانیه داده‌ها و تحلیل DC
۴۷۲	۵.۱۵ تحلیل DC بیانیه‌های خروجی و کنترل
۴۷۵	۶.۱۵ معادل تونن
۴۷۶	۷.۱۵ زیرمدار
۴۷۸	۸.۱۵ مدارهای تقویت‌کننده عملیاتی
۴۷۹	۹.۱۵ حالت ماندگار AC و پاسخ فرکانسی
۴۸۱	۱۰.۱۵ القای متقابل و مبدل‌ها
۴۸۴	۱۱.۱۵ مدل کردن افزارها با پارامترهای متغیر
۴۸۵	۱۲.۱۵ پاسخ زمانی و تحلیل گذرا
۴۸۶	۱۳.۱۵ مشخص کردن سایر انواع منابع
۴۸۹	۱۴.۱۵ خلاصه
۴۹۱	مسائل
۵۱۳	۱۶ روش تبدیل لاپلاس
۵۱۳	۱.۱۶ مقدمه
۵۱۳	۲.۱۶ تبدیل لاپلاس
۵۱۴	۳.۱۶ تبدیل لاپلاس توابع معروف
۵۱۶	۴.۱۶ همگرایی انتگرال
۵۱۷	۵.۱۶ قضایای مقدار اولیه و مقدار نهائی
۵۱۸	۶.۱۶ بسط کسرهای جزئی
۵۲۰	۷.۱۶ مدارها در حوزه s
۵۲۱	۸.۱۶ تابع شبکه و تبدیل لاپلاس
۵۲۲	مسائل
۵۴۳	۱۷ روش فوریه در تحلیل شکل موج‌ها
۵۴۳	۱.۱۷ مقدمه
۵۴۴	۲.۱۷ سری مثلثاتی فوریه
۵۴۵	۳.۱۷ سری نمائی فوریه

۵۴۷	تقارن شکل موجها	۴.۱۷
۵۴۹	طیف خطی	۵.۱۷
۵۵۱	سنتز شکل موج	۶.۱۷
۵۵۱	مقادیر موثر و توان	۷.۱۷
۵۵۲	کاربرد در تحلیل مدار	۸.۱۷
۵۵۵	تبدیل فوریه شکل موجهای غیرمتناوب	۹.۱۷
۵۵۸	خواص تبدیل فوریه	۱۰.۱۷
۵۵۸	طیف پیوسته	۱۱.۱۷
۵۶۰	مسائل	

۵۸۳	سامانه اعداد مختلط	آ
۵۸۳	اعداد مختلط	۱.آ
۵۸۳	صفحه مختلط	۲.آ
۵۸۳	عملگر برداری z	۳.آ
۵۸۴	سایر نمایش اعداد مختلط	۴.آ
۵۸۵	جمع و تفریق اعداد مختلط	۵.آ
۵۸۵	ضرب اعداد مختلط	۶.آ
۵۸۶	تقسیم اعداد مختلط	۷.آ
۵۸۷	مزدوج عدد مختلط	۸.آ

۵۸۹	ماتریس و دترمینان	ب
۵۸۹	معادلات همزمان و ماتریس مشخصه	۱.ب
۵۸۹	انواع ماتریسها	۲.ب
۵۹۱	عملیات ماتریسها	۳.ب
۵۹۲	دترمینان یک ماتریس مربعی	۴.ب
۵۹۵	مقادیر ویژه یک ماتریس مربعی	۵.ب