

چارلز دسور  
ارنست کوه

# نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها

جلد دوم  
ویرایش دوم

ترجمه و تکمیل:

دکتر پرویز جبه دارمارالانی

استاد ممتاز دانشگاه تهران

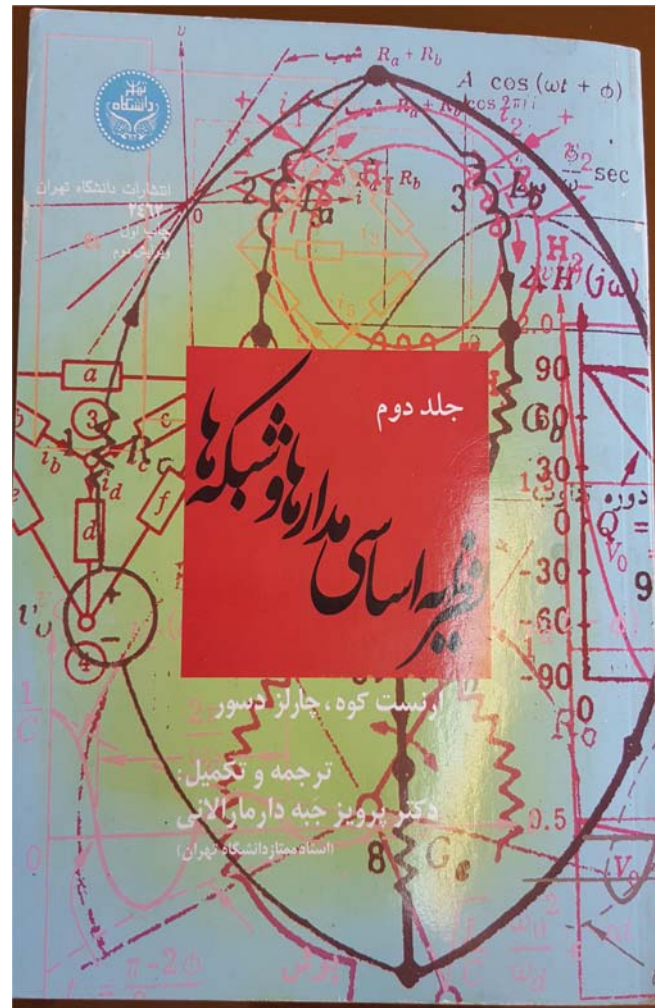
## فهرست مطالب

### فصل ۹ گراف‌های شبکه و قضیه تلگان

- ۱- مفهوم یک گراف
- ۲- کاتست‌ها و قانون جریان کیرشوف
- ۳- حلقه‌ها و قانون ولتاژ کیرشوف
- ۴- قضیه تلگان
- ۵- کاربردها
- ۱-۵ بقای انرژی
- ۲-۵ بقای توان مختلط
- ۳-۵ جزء حقیقی و فاز امیدالس‌های نقطه تحریک
- ۴-۵ امیدانس نقطه تحریک، توان تلف شده و انرژی ذخیره شده
- خلاصه
- مسائل

### فصل ۱۰ تجزیه و تحلیل گره و مش

- ۱- تبدیل منابع
- ۲- دو مطلب اساسی تجزیه و تحلیل گره
- ۱-۲ استنباطهای KCL
- ۲-۲ استنباطهای KVL
- ۳-۲ نگاه مجدد به قضیه تلگان
- ۳- تجزیه و تحلیل گره در شبکه‌های خطی تغییرناپذیر یا زمان
- ۱-۳ تجزیه و تحلیل شبکه‌های مقاومتی
- ۲-۳ نوشتن معادلات گره به‌طور نظری
- ۳-۳ تجزیه و تحلیل حالت دایمی سینوسی
- ۴-۳ معادلات انگنرال دیفرانسیل
- ۵-۳ روش میان‌بر
- ۴- دوگانی



ارنست کوه، چارلز دسور

ترجمه و تکمیل:

دکتر پرویز جبه دارمارالانی

استاد ممتاز دانشگاه تهران

انتشارات دانشگاه تهران

شماره ۲۴۶۲

شماره مسلسل ۴۲۴۹

Desore, Charles A

دسور، چارلز / نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها / چارلز دسور، ارنست کوه؛ ترجمه و تکمیل پرویز جبه دارمارالانی. — ویرایش ۲. — تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات و چاپ، ۱۳۷۹. — ۲ ج. — مصور، جدول، نمودار. — (انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره ۲۴۶۲).

ISBN 964-03-9266-9 (دوره)

ISBN 964-03-4249-1 (ج ۲)

فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیبا.

عنوان اصلی: Basic Circuit Theory.

۱. برق — شبکه‌ها. ۲. مدارهای الکتریکی. الف. کوه، ارنست

Kuh, Ernest S. ب. جبه دارمارالانی، پرویز، ۱۳۲۰- مترجم. ج. دانشگاه

تهران، مؤسسه انتشارات و چاپ. د. عنوان.

۶۲۱/۳۱۹۲ TK ۴۵۴ / ۲ / د ۵ ۵ ۶ ن

۱۳۷۹ ۶۹۶۷۸-۷۹ م کتابخانه ملی ایران

شابک ۹۶۴-۰۳-۹۲۶۶-۹ (دوره دوجلدی) ISBN 964-03-9266-9

شابک ۹۶۴-۰۳-۴۲۴۹-۱ (جلد دوم) ISBN 964-03-4249-1 (vol. 2)

عنوان: نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها (جلد دوم)

تألیف: چارلز دسور - ارنست کوه

ترجمه و تکمیل: دکتر پرویز جبه دارمارالانی

ناشر: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران

شمارگان: ۵۰۰۰ نسخه

تاریخ انتشار: تابستان سال ۱۳۷۹ (چاپ اول) ویرایش دوم

چاپ و صحافی: چاپخانه مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران

مسئولیت صحت مطالب کتاب با مترجم است.

«کلیه حقوق برای دانشگاه تهران محفوظ است»

بها دوره دوجلدی: ۵۲۵۰۰ ریال

۱-۲ گراف‌های مسطح، مش‌ها، مش‌های بیرونی ..... ۶۸

۲-۲ گراف‌های دوگان ..... ۷۲

۳-۲ شبکه‌های دوگان ..... ۸۱

۵- دو مطلب اساسی تجزیه و تحلیل مش ..... ۸۱

۱-۵ استنباطهای KVL ..... ۸۴

۲-۵ استنباطهای KCL ..... ۸۵

۶- تجزیه و تحلیل مش در شبکه‌های خطی تغییرناپذیر با زمان ..... ۸۵

۱-۶ تجزیه و تحلیل حالت دائمی سینوسی ..... ۸۸

۲-۶ معادلات انتگرال دیفرانسیل ..... ۹۱

خلاصه ..... ۹۳

مسائل ..... ۹۳

**فصل ۱۱ تجزیه و تحلیل حلقه و کاتست**

۱- قضیه اساسی نظریه گراف ..... ۱۱۳

۲- تجزیه و تحلیل حلقه ..... ۱۱۶

۱-۲ دو مطلب اساسی ..... ۱۱۶

۲-۲ تجزیه و تحلیل حلقه برای شبکه‌های خطی تغییرناپذیر با زمان ..... ۱۲۰

۳-۲ خواص ماتریس امپدانس حلقه ..... ۱۲۲

۳- تجزیه و تحلیل کاتست ..... ۱۲۳

۱-۳ دو مطلب اساسی تجزیه و تحلیل کاتست ..... ۱۲۳

۲-۳ تجزیه و تحلیل کاتست برای شبکه‌های خطی تغییرناپذیر با زمان ..... ۱۲۶

۳-۳ خواص ماتریس ادمیتانس کاتست ..... ۱۲۷

۴- توضیحاتی درباره تجزیه و تحلیل حلقه و کاتست ..... ۱۲۸

۵- رابطه میان  $B$  و  $Q$  ..... ۱۳۰

خلاصه ..... ۱۳۲

مسائل ..... ۱۳۳

**فصل ۱۲ معادلات حالت**

۱- شبکه‌های خطی تغییرناپذیر با زمان ..... ۱۴۵

۲- مفهوم حالت ..... ۱۵۲

۳- شبکه‌های غیرخطی و تغییرپذیر با زمان ..... ۱۵۵

۱-۳ شبکه‌های خطی تغییرپذیر با زمان ..... ۱۵۵

۲-۳ شبکه‌های غیرخطی ..... ۱۵۷

۴- معادلات حالت برای شبکه‌های خطی تغییرناپذیر با زمان ..... ۱۶۰

خلاصه ..... ۱۶۶

مسائل ..... ۱۶۷

**فصل ۱۲۰ روش اصلاح سلبه تحلیل گره**

۱- عناصر پسیو ..... ۱۷۸

۲- منابع وابسته ..... ۱۸۵

۳- منابع وابسته ..... ۱۸۷

۴- عناصر خاص ..... ۱۹۱

۱-۴ تقویت کننده عملیاتی ..... ۱۹۲

۲-۴ ژیراتور ..... ۱۹۳

۳-۴ میدل امپدانس منفی ..... ۱۹۴

۴-۴ سلف‌های توزیع شده ..... ۱۹۶

خلاصه ..... ۱۹۷

مسائل ..... ۱۹۸

**فصل ۱۳ تبدیلهای لاپلاس**

۱- تعریف تبدیل لاپلاس ..... ۲۰۶

۲- خواص اساسی تبدیل لاپلاس ..... ۲۱۰

۱-۲ یکتایی ..... ۲۱۰

۲-۲ خطی بودن ..... ۲۱۲

۳-۲ قاعده مشتق‌گیری ..... ۲۱۳

۴-۲ قاعده انتگرال‌گیری ..... ۲۱۷

۵-۲۰ تبدیل لاپلاس توابع متناوب ..... ۲۲۰

۳- حل مدارهای ساده ..... ۲۲۲

۱-۳ محاسبه پاسخ ضربه ..... ۲۲۲

۲-۳ گسترش به صورت کسرهای جزئی ..... ۲۲۴

۳-۳ پاسخ حالت صفر ..... ۲۳۲

۴-۳ قضیه کاتولوشن ..... ۲۳۳

۵-۳ پاسخ کامل ..... ۲۳۵

۴- حل شبکه‌های کلی ..... ۲۳۷

۱-۴ تنظیم کردن معادلات جبری خطی ..... ۲۳۸

۲-۴ روش کوفاکتور ..... ۲۴۱

۳-۴ توابع شبکه و حالت دائمی سینوسی ..... ۲۴۴

۵- خواص اساسی شبکه‌های خطی تغییرناپذیر با زمان ..... ۲۴۷

۶- معادلات حالت ..... ۲۵۰

۱-۶ محاسبه  $e^{At}$  با استفاده از تبدیل لاپلاس ..... ۲۵۲

۷- شبکه‌های سوخته ..... ۲۵۵

۸- شرایط کافی برای یکتایی ..... ۲۵۷

خلاصه ..... ۲۵۸

مسائل ..... ۲۵۸

**فصل ۱۴ فرکانس‌های طبیعی**

۱- فرکانس طبیعی یک متغیر شبکه ..... ۲۷۱

۲- روش حذف ..... ۲۷۷

۱-۲ ملاحظات کلی ..... ۲۷۷

۲-۲ دستگاه‌های معادل ..... ۲۸۰

۳-۲ الگوریتم حذف ..... ۲۸۵

۳- فرکانس‌های طبیعی یک شبکه ..... ۲۸۹

۴- فرکانس‌های طبیعی و معادلات حالت ..... ۲۹۲

خلاصه ..... ۲۹۵

مسائل ..... ۲۹۵

**فصل ۱۵ توابع شبکه**

۱- تعریف، مثال‌ها و خاصیت کلی ..... ۳۰۳

۱-۱۰ نمایش شرایط اولیه خازن‌ها و سلف‌ها با منابع مناسب ..... ۳۰۹

۲- قطبها، صفرها و پاسخ فرکانسی ..... ۳۱۱

۳- قطبها، صفرها و پاسخ ضربه ..... ۳۱۹

۴- تعبیر فیزیکی قطبها و صفرها ..... ۳۲۲

۱-۴ قطبها ..... ۳۲۲

۲-۴ فرکانس‌های طبیعی یک شبکه ..... ۳۲۹

۳-۴ صفرها ..... ۳۳۱

۵- کاربرد در طراحی نوسان‌ساز ..... ۳۳۴

۶- خواص تقارن ..... ۳۳۷

۷۰- کاربرد اسپیس در تعیین پاسخ حوزه زمانی یک تابع شبکه ..... ۳۳۹

خلاصه ..... ۳۴۲

مسائل ..... ۳۴۳

**فصل ۱۶ قضایای شبکه‌ها**

۱- قضیه جانشینی ..... ۳۵۴

۱-۱ قضیه، مثالها و کاربرد آن ..... ۳۵۴

۲-۱ اثبات قضیه جانشینی ..... ۳۵۷

۲- قضیه جمع آثار ..... ۳۵۸

۱-۲ قضیه، تبصره‌ها، مثالها و قضیه‌های فرعی ..... ۳۵۹

۲-۲ اثبات قضیه جمع آثار ..... ۳۶۴

۳- قضیه شبکه معادل تونن - ترزن ..... ۳۶۹

۱-۳ قضیه، مثالها، تبصره‌ها و قضیه فرعی ..... ۳۶۹

۲-۳ موارد خاص ..... ۳۷۲

۳-۳ اثبات قضیه تونن ..... ۳۷۷

۴-۳ کاربردی از قضیه شبکه معادل تونن ..... ۳۸۰

۴- قضیه هم‌پاسخی ..... ۳۸۲

۱-۴ قضیه، مثالها و تبصره‌ها ..... ۳۸۴

۲-۴ اثبات قضیه هم‌پاسخی ..... ۳۹۶

خلاصه ..... ۴۰۰

مسائل ..... ۴۰۲

**فصل ۱۶۰ حساسیت‌ها**

۱- انگیزه ..... ۴۱۵

۲- تعریف حساسیت‌ها ..... ۴۱۶

۳- حساسیت مدارهای تطبیق شده ..... ۴۱۸

۴- حساسیت تابع شبکه ..... ۴۲۱

**فصل ۱۸ شبکه‌های مقاومتی**

۱- شبکه‌های فیزیکی و مدل‌های شبکه ..... ۵۱۱  
 ۲- تجزیه و تحلیل شبکه‌های مقاومتی از دیدگاه توان ..... ۵۱۵  
 ۱-۲ شبکه‌های خطی ساخته شده از مقاومتهای پسیو ..... ۵۱۵  
 ۲-۲ خاصیت توان تلف شده می‌نیم ..... ۵۲۰  
 ۳-۲ می‌نیم کردن توابع مناسب ..... ۵۲۲  
 ۴-۲ شبکه‌های مقاومتی غیرخطی ..... ۵۲۶  
 ۳- تقویت ولتاژ و تقویت جریان یک شبکه مقاومتی ..... ۵۲۷  
 ۱-۳ تقویت ولتاژ ..... ۵۲۷  
 ۲-۳ تقویت جریان ..... ۵۳۰  
 خلاصه ..... ۵۳۱  
 مسائل ..... ۵۳۳

**فصل ۱۹ انرژی و پسیو بودن**

۱- خازن خطی تغییرپذیر با زمان ..... ۵۳۸  
 ۱-۱ توصیف مدار ..... ۵۳۹  
 ۲-۱ پمپ زدن انرژی به درون مدار ..... ۵۴۰  
 ۳-۱ تعبیر فضای حالت ..... ۵۴۳  
 ۴-۱ تراز انرژی ..... ۵۴۴  
 ۲- انرژی ذخیره شده در اجزای غیرخطی تغییرپذیر با زمان ..... ۵۴۶  
 ۱-۲ انرژی ذخیره شده در یک سلف غیرخطی تغییرپذیر با زمان ..... ۵۴۸  
 ۲-۲ تراز انرژی در یک سلف غیرخطی تغییرپذیر با زمان ..... ۵۴۹  
 ۳- یک قطبی‌های پسیو ..... ۵۵۲  
 ۱-۳ مقاومتها ..... ۵۵۴  
 ۲-۳ سلف‌ها و خازنها ..... ۵۵۶  
 ۳-۳ یک قطبی‌های پسیو ..... ۵۵۸  
 ۴- ورودی نمایی و پاسخ نمایی ..... ۵۶۰  
 ۵- یک قطبی‌های ساخته شده از اجزای پسیو تغییرناپذیر با زمان ..... ۵۶۴  
 ۶- پایداری شبکه‌های پسیو ..... ۵۶۸  
 ۱-۶ شبکه‌های پسیو و شبکه‌های پایدار ..... ۵۶۸  
 ۲-۶ پسیو بودن و پایداری ..... ۵۷۰

**پیوست ب. معادلات دیفرانسیل**

۱- معادله خطی مرتبه  $n$  ..... ۶۰۹  
 ۱-۱ تعریفها ..... ۶۰۹  
 ۲-۱ خواصی که بر پایه خطی بودن قرار دارند ..... ۶۱۰  
 ۳-۱ وجود و یکتایی ..... ۶۱۲  
 ۲- معادله دیفرانسیل خطی همگن با ضرایب ثابت ..... ۶۱۳  
 ۱-۲ ریشه‌های مشخصه متمایز ..... ۶۱۳  
 ۲-۲ ریشه‌های مشخصه مکرر ..... ۶۱۳  
 ۳- جوابهای خاص معادله  $L(D)y(t) = b(t)$  ..... ۶۱۴  
 ۴- معادلات دیفرانسیل غیرخطی ..... ۶۱۶  
 ۱-۴ تعبیر معادله ..... ۶۱۶  
 ۲-۴ وجود و یکتایی ..... ۶۱۸

**پیوست ت. مسائل مدارهای الکتریکی آرمونهای ورودی دوره دکتری برق دانشکده فنی ... ۶۲۱**

**پیوست ث. مسائل مدارهای الکتریکی المپیادهای علمی دانشجویی مهندسی برق ... ۶۲۳**

جواب برخی از مسائل انتخاب شده ..... ۶۵۱  
 فهرست مراجع ..... ۶۶۷  
 واژگان (فارسی به انگلیسی) ..... ۶۶۸  
 واژگان (انگلیسی به فارسی) ..... ۶۷۴  
 فهرست الفبایی ..... ۶۷۹

۲۳۶ .....  
 ۵- حساسیت  $Q$  و  $\omega_0$  ..... ۲۳۱  
 ۶- حساسیت قطبها و صفرها ..... ۲۳۳  
 ۷- حساسیتهای تقویت‌کننده‌های عملیاتی ..... ۲۳۵  
 خلاصه ..... ۲۳۶  
 مسائل ..... ۲۳۶

**فصل ۱۷ دو قطبی‌ها**

۱- مرور یک قطبی‌ها ..... ۲۴۰  
 ۲- دو قطبی‌های مقاومتی ..... ۲۴۲  
 ۱-۲ توصیفهای مختلف دو قطبی‌ها ..... ۲۴۵  
 ۲-۲ دو قطبی‌های غیرخطی ختم شده ..... ۲۴۶  
 ۳-۲ مدل نموی و تجزیه و تحلیل سیگنال کوچک ..... ۲۴۸  
 ۳- مثالهای ترازبستور ..... ۲۵۲  
 ۱-۳ حالت بیس مشترک ..... ۲۵۲  
 ۲-۳ حالت امیتر مشترک ..... ۲۵۵  
 ۴- سلف‌های تزویج شده ..... ۲۶۰  
 ۵- ماتریس‌های امپدانس و ادمیتانس دو قطبی‌ها ..... ۲۶۲  
 ۱-۵ ماتریس امپدانس (مدار-باز) ..... ۲۶۳  
 ۲-۵ ماتریس ادمیتانس (مدار اتصال کوتاه) ..... ۲۶۷  
 ۳-۵ دو قطبی ختم شده ..... ۲۷۱  
 ۶- ماتریس‌های پارامتری دیگر دو قطبی ..... ۲۷۴  
 ۱-۶ ماتریس‌های های‌برید ..... ۲۷۴  
 ۲-۶ ماتریس‌های انتقال ..... ۲۷۶  
 ۷- به هم پیوستن دو قطبی‌ها ..... ۲۸۰  
 ۱-۷-۰ به هم پیوستن سری دو قطبی‌ها ..... ۲۸۱  
 ۲-۷-۰ به هم پیوستن موازی دو قطبی‌ها ..... ۲۸۸  
 ۳-۷-۰ به هم پیوستن سری-موازی یا موازی-سری دو قطبی‌ها ..... ۲۹۳  
 ۸- استفاده از اسپایس برای تعیین پارامترهای مختلف یک دو قطبی ..... ۲۹۶  
 خلاصه ..... ۲۹۶  
 مسائل ..... ۲۹۹  
 ۵۰۰

۳-۶ پسیو بودن و توابع شبکه ..... ۵۷۲  
 ۷- تقویت‌کننده پارامتری ..... ۵۷۴  
 خلاصه ..... ۵۷۸  
 مسائل ..... ۵۷۹

**پیوست الف توابع و خطی بودن**

۱- توابع ..... ۵۸۳  
 ۱-۱ مبانی مفهوم تابع ..... ۵۸۳  
 ۲-۱ تعریف رسمی یک تابع ..... ۵۸۵  
 ۲- توابع خطی ..... ۵۸۶  
 ۱-۲ اسکالرها ..... ۵۸۶  
 ۲-۲ فضاهای خطی ..... ۵۸۷  
 ۳-۲ توابع خطی ..... ۵۸۹

**پیوست ب. ماتریس‌ها و دترمینان‌ها**

۱- ماتریس‌ها ..... ۵۹۵  
 ۱-۱ تعریفها ..... ۵۹۵  
 ۲-۱ عملیات ..... ۵۹۶  
 ۳-۱ تعریف‌های دیگر ..... ۵۹۶  
 ۴-۱ جبر ماتریس‌های  $n \times n$  ..... ۵۹۷  
 ۲- دترمینان‌ها ..... ۵۹۸  
 ۱-۲ تعریفها ..... ۵۹۸  
 ۲-۲ خواص دترمینان‌ها ..... ۵۹۹  
 ۳-۲ قاعده کرامر ..... ۶۰۱  
 ۴-۲ نابرابری‌های دترمینانی ..... ۶۰۲  
 ۳- وابستگی خطی و رتبه ..... ۶۰۳  
 ۱-۳ بردارهای وابسته خطی ..... ۶۰۳  
 ۲-۳ رتبه یک ماتریس ..... ۶۰۴  
 ۳-۳ معادلات وابسته خطی ..... ۶۰۵  
 ۴- ماتریس‌های معین مثبت ..... ۶۰۶