

آپامپها برای همه

نویسنده

بروس کارتر

مترجمین

سید حسین کی همایون

ایمان یزدی

نیاز دانش

سرشناسه	: کارتر، بروس، ۱۹۵۴ - م. Carter, Bruce
عنوان و نام پدیدآور	: آپ امپها برای همه / نویسنده بروس کارتر؛ مترجمین سیدحسین کی همایون، ایمان یزدی.
مشخصات نشر	: تهران: نیاز دانش، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۲۸۰ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-7724-84-2
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Op amps for everyone, 4th ed, 2013.
یادداشت	: کتابنامه.
یادداشت	: نمایه
موضوع	: تقویت کننده های عملیاتی Operational amplifiers
شناسه افزوده	: کی همایون، سیدحسین، ۱۳۶۵ - ، مترجم
شناسه افزوده	: یزدی، ایمان، ۱۳۶۶ - ، مترجم
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۶ ک۱۶ع۸/۵۸/TK۷۸۷۱
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۹۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۸۳۲۸۱۱



نام کتاب	: آپ امپها برای همه
مؤلف	: بروس کارتر
مترجمین	: سیدحسین کی همایون - ایمان یزدی
ویراستار	: نفیسه صادقی
مدیر اجرایی - ناظر بر چاپ	: حمیدرضا محمد شیرازی - محمد شمس
ناشر	: نیاز دانش
صفحه آرا	: واحد تولید انتشارات نیاز دانش
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۶
شمارگان	: ۱۰۰ نسخه
قیمت	: ۲۲۰۰۰۰ ریال

ISBN:978-600-7724-84-2

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۷۲۴-۸۴-۲

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری و تهیهی CD) از محتویات این اثر بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است، متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

آدرس انتشارات: تهران، میدان انقلاب، خیابان ۱۲ فروردین، تقاطع وحید نظری، پلاک ۲۵۵، طبقه ۱، واحد ۲

۰۲۱-۶۶۴۷۸۱۰۶-۶۶۴۷۸۱۰۸-۰۹۱۲۷۰۷۳۹۳۵

www.Niaze-Danesh.com

مشاوره جهت نشر: ۲۱۰۶۷۰۹ - ۰۹۱۲

مقدمه‌ی مترجمین

تقویت‌کننده‌ی عملیاتی^۱ یا به اختصار آپ‌امپ (OPAMP) به عنوان یکی از پرکاربردترین عناصر در طراحی مدارهای الکترونیکی و نیز به عنوان عنصری کلیدی در طراحی الکترونیک نوین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. آپ‌امپ‌ها ساخت مدارهایی با گستره‌ی وسیعی از کاربردها را ممکن می‌کنند به گونه‌ای که کمتر مدار آنالوگی را می‌توان یافت که در آن از آپ‌امپ استفاده نشده باشد.

کتاب حاضر مهارت‌های مورد نیاز در زمینه‌ی کار با آپ‌امپ‌ها و نیز بهینه‌کردن طراحی مدارهای آنالوگ را به خواننده می‌آموزد و مرجع و منبعی مفید برای طراحی و پیاده‌سازی مدارهای آنالوگ با آپ‌امپ است. آپ‌امپ‌ها برای همه کتابی کاربردی با بیانی روان است و علاوه بر اینکه مباحث کلیدی و کاربردی مربوط به آپ‌امپ‌ها و مدارهای آپ‌امپی را پوشش می‌دهد حاوی نکات مفیدی در زمینه‌ی طراحی مدارهای آنالوگ است که در بالا بردن دانش آنالوگ طراحان الکترونیک مؤثر است. پی‌بردن به هر کدام از این نکات نیازمند صرف وقت و هزینه‌ی بسیار است؛ نکاتی که در کتاب‌های درسی دانشگاهی یا به آن‌ها پرداخته نشده یا بسیار کوتاه و گذرا به آن‌ها اشاره شده است.

این کتاب برای مهندسان، طراحان، تکنسین‌ها و دانشجویان رشته‌ی الکترونیک و نیز علاقمندان به الکترونیک مناسب و قابل استفاده است و به گونه‌ای نگارش یافته که از سویی هم برای افراد تقریباً تازه‌کار قابل فهم باشد و هم برای مهندسین کارآزموده خسته‌کننده نباشد.

^۱ Operational Amplifier

از مزایای قابل توجه این ویراست نسبت به ویراست‌های قبل، کاربردی و به‌روزتر شدن مطالب است به گونه‌ای که خواننده بدون درگیر شدن با روابط، نمودارها و محاسبات وقت‌گیر و بعضاً پیچیده، به راحتی با استفاده از ابزارهای طراحی برخط موجود بر روی وبسایت‌های تولیدکنندگان بزرگ آپامپ مانند شرکت‌های تگزاس اینسترومنتز، آنالوگ‌دیوایس و لینیر تکنولوژی در کمترین زمان قادر به طراحی مدارهای آپامپی خواهد بود. نویسنده با استفاده از این روش مبحث انتخاب آپامپ‌های جدید و مناسب برای انواع کاربردها و نیز بیان ویژگی‌های آن‌ها را جایگزین بخشی از مطالب تئوری ویراست قبلی کرده است و به علاوه اطلاعاتی راجع به فراکاربردها، مشکلات احتمالی پس از طراحی محصولات و نیز راهکارهایی برای پیشگیری از این مشکلات قبل از تولید ارائه کرده است. از سوی دیگر تأکید نویسنده بر طراحی مدارهای آنالوگ کارآمد با کمترین تعداد آپامپ، قابلیت اطمینان بالا، مصرف کم، کوچک و ارزان‌قیمت بر ارزش کتاب افزوده است.

نویسنده در این کتاب نرم‌افزارهای طراحی و شبیه‌سازی و نیز ماشین‌حساب‌های مختلف مربوط به محاسبات طراحی را بیان و با هم مقایسه کرده و همچنین با بررسی مشخصات انواع آپامپ‌ها، کار خواننده را برای انتخاب آپامپ مناسب از بین تعداد بسیار زیاد آپامپ‌ها برای کاربرد مورد نظر ساده کرده است.

در پایان لازم می‌دانیم از آقایان مهندس مهدی توکلی و مهندس علیرضا کجوری که زمینه‌ساز آشنایی ما با این کتاب بودند، آقای مهندس مهران صادقی که زحمت بازخوانی کتاب را بر عهده داشتند و نیز از مدیریت و کارکنان محترم انتشارات نیاز دانش قدردانی کنیم. خواهشمند است مترجمین را در جریان نظرات خود و ایرادات احتمالی کتاب قرار دهید.

سیدحسین کی‌همایون

ایمان یزدی

تابستان ۱۳۹۶

keyhomayoon@chmail.ir

Im.yazdi@yahoo.com

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱ جایگاه آپامپ در جهان	۱۷
۱-۱ مشکل بهره‌ی نامحدود	۱۷
۲-۱ راه‌حل	۱۸
۳-۱ پیدایش آپامپ به عنوان یک قطعه	۱۸
۱-۳-۱ عصر لامپ خلاء	۱۹
۲-۳-۱ عصر ترانزیستور	۲۰
۳-۳-۱ عصر مدار مجتمع	۲۰
فصل ۲ مروری بر اصول کلی آپامپ	۲۳
۱-۲ مقدمه	۲۳
۲-۲ مفاهیم پایه	۲۴
۱-۲-۲ قانون اهم	۲۴
۲-۲-۲ قاعده‌ی تقسیم ولتاژ	۲۴
۳-۲-۲ جمع آثار	۲۵
۳-۲ مدارهای آپامپی پایه	۲۶
۱-۳-۲ آپامپ ناوارونساز	۲۷
۲-۳-۲ آپامپ وارونساز	۲۸
۳-۳-۲ جمع‌کننده	۲۹
۴-۳-۲ تقویت‌کننده‌ی تفاضلی	۳۰
۴-۲ عجله نکنید!	۳۱
فصل ۳ تفکیک و مدیریت بهره‌ی AC و بهره‌ی DC	۳۵
۱-۳ یک پیچیدگی کوچک	۳۵
۲-۳ تک‌تغذیه در مقایسه با دو تغذیه	۳۵
۳-۳ معادلات همزمانی	۳۸
۱-۳-۳ قالب ۱، $V_{OUT} = +mV_{IN} + b$	۴۱

۴۴	.....	$V_{OUT} = +mV_{IN} - b$ ، قالب ۲، ۳-۳-۲
۴۶	.....	$V_{OUT} = -mV_{IN} + b$ ، قالب ۳، ۳-۳-۳
۴۸	.....	$V_{OUT} = -mV_{IN} - b$ ، قالب ۴، ۳-۳-۴
۵۰	.....	۴-۳ حال، هدف چیست؟
۵۲	.....	۵-۳ یک روش طراحی و یک ابزار طراحی
۵۵	.....	۶-۳ خلاصه

فصل ۴ انواع مختلف آپ‌امپ

۵۷	.....	۱-۴ آپ‌امپ‌های فیدبک ولتاژ
۵۸	.....	۲-۴ آپ‌امپ‌های فیدبک ولتاژ جبران نشده / کم جبران شده
۶۲	.....	۳-۴ آپ‌امپ‌های فیدبک جریان
۶۳	.....	۴-۴ آپ‌امپ‌های کاملاً تفاضلی
۶۴	.....	۱-۴-۴ "کاملاً تفاضلی" به چه معنا است؟
۶۴	.....	۲-۴-۴ خروجی دوم چگونه استفاده می‌شود؟
۶۵	.....	۳-۴-۴ طبقات بهره‌ی تفاضلی
۶۵	.....	۴-۴-۴ تبدیل تک‌انتھایی به تفاضلی
۶۷	.....	۵-۴-۴ یک عملکرد جدید
۶۷	.....	۵-۴ تقویت‌کننده‌ی ابزار دقیق
۶۸	.....	۶-۴ تقویت‌کننده‌ی تفاضل
۷۲	.....	۷-۴ تقویت‌کننده‌های بافر
۷۴	.....	۸-۴ انواع دیگر آپ‌امپ‌ها

فصل ۵ اتصال یک مبدل به یک مبدل آنالوگ به دیجیتال

۷۵	.....	۱-۵ مقدمه
۷۷	.....	۲-۵ اطلاعات سیستم
۷۸	.....	۳-۵ اطلاعات تغذیه
۷۹	.....	۴-۵ مشخصه‌های سیگنال ورودی
۸۰	.....	۵-۵ مشخصه‌های مبدل آنالوگ به دیجیتال
۸۱	.....	۶-۵ مشخصه‌های مدار واسط
۸۲	.....	۷-۵ تصمیمات معماری
۸۴	.....	۸-۵ نتایج

۸۵	فصل ۶ روش‌های طراحی فیلتر فعال
۸۵	۱-۶ مقدمه
۸۶	۲-۶ روش معادله‌ی انتقال
۸۹	۳-۶ طراحی فیلتر کاربردی و پرسرعت
۹۰	۱-۳-۶ قله‌زنی پاسخ
۹۱	۲-۳-۶ فیلتر پایین‌گذر
۹۲	۳-۳-۶ فیلتر بالاگذر
۹۳	۴-۳-۶ فیلتر میان‌گذر باریک (تک‌فرکانس)
۹۴	۵-۳-۶ فیلتر میان‌گذر پهن
۹۵	۶-۳-۶ فیلتر ناچ (حذف تک‌فرکانس)
۹۷	۴-۶ طراحی فیلتر پرسرعت
۹۷	۱-۴-۶ فیلترهای پایین‌گذر پرسرعت
۹۸	۲-۴-۶ فیلترهای بالاگذر پرسرعت
۹۸	۳-۴-۶ فیلترهای میان‌گذر پرسرعت
۹۹	۴-۴-۶ فیلترهای ناچ پرسرعت
۱۰۰	۵-۶ استفاده از تمام قابلیت‌های یک تک‌آپ‌امپ
۱۰۰	۱-۵-۶ فیلترهای پایین‌گذر سه‌قطبی
۱۰۱	۲-۵-۶ فیلترهای بالاگذر سه‌قطبی
۱۰۲	۳-۵-۶ فیلترهای میان‌گذر چندقله‌ای و تنظیم متناوب
۱۰۵	۴-۵-۶ فیلترهای ناچ چندگانه و ناچ تک‌تقویت‌کننده
۱۰۷	۵-۵-۶ ترکیب فیلترهای ناچ و میان‌گذر
۱۰۷	۶-۶ فیلترهای چهارگانه
۱۰۸	۷-۶ ابزارهای طراحی
۱۰۸	۱-۷-۶ ابزارهای طراحی فیلتر پایین‌گذر، بالاگذر و میان‌گذر
۱۱۰	۲-۷-۶ ابزار طراحی فیلتر ناچ
۱۱۱	۳-۷-۶ ابزار طراحی جفت T
۱۱۳	۴-۷-۶ توضیحات نهایی مربوط به ابزارهای طراحی فیلتر
۱۱۳	۸-۶ خلاصه
۱۱۵	فصل ۷ استفاده از آپ‌امپ‌ها برای طراحی فرکانس‌رادیویی
۱۱۵	۱-۷ مقدمه

۱۱۵	۲-۷	فیدبک ولتاژ یا فیدبک جریان؟
۱۱۶	۳-۷	آرایش تقویت کننده‌ی فرکانس رادیویی
۱۱۸	۴-۷	مشخصه‌های آپامپ مربوط به طراحان فرکانس رادیویی
۱۱۸	۱-۴-۷	بهره‌ی طبقه
۱۱۹	۲-۴-۷	خطی بودن فاز
۱۱۹	۳-۴-۷	قله‌زنی پاسخ فرکانسی
۱۲۰	۴-۴-۷	نقطه‌ی فشردگی -1dB
۱۲۱	۵-۴-۷	عدد نویز
۱۲۲	۵-۷	سیستم‌های بی‌سیم
۱۲۳	۱-۵-۷	تقویت کننده‌های پهن‌بند
۱۲۵	۲-۵-۷	تقویت کننده‌های باند میانی
۱۲۶	۶-۷	مدارهای راه‌انداز ورودی آنالوگ پرسرعت
۱۲۷	۷-۷	نتایج

فصل ۸ طراحی مدارهای آپامپی ولتاژ پایین

۱۲۹	۱-۸	مقدمه
۱۳۰	۲-۸	مشخصه‌های مهم
۱۳۰	۱-۲-۸	نوسان ولتاژ خروجی
۱۳۱	۲-۲-۸	محدوده‌ی پویا
۱۳۲	۳-۲-۸	محدوده‌ی حالت مشترک ورودی
۱۳۴	۴-۲-۸	نسبت سیگنال به نویز
۱۳۶	۳-۸	خلاصه

فصل ۹ فراکاربردها

۱۳۷	۱-۹	مقدمه
۱۳۸	۲-۹	دما
۱۳۹	۱-۲-۹	نویز
۱۳۹	۲-۲-۹	سرعت
۱۳۹	۳-۲-۹	طبقه‌ی خروجی و راه‌اندازی آن
۱۳۹	۴-۲-۹	اما، چه چیز در دمای بالا افت می‌کند؟
۱۴۰	۵-۲-۹	پیشنهادها‌ی مربوط به مشخصه‌ی نهایی

۱۴۰	..... بسته‌بندی	۳-۹
۱۴۱	..... خود مدار مجتمع	۱-۳-۹
۱۴۱	..... بسته‌بندی مدار مجتمع	۲-۳-۹
۱۴۲	..... اتصال به مدار مجتمع	۳-۳-۹
۱۴۴	..... وقتی خرابی یک گزینه نیست	۴-۹
۱۴۶	..... هنگامی که سیستم باید برای مدت‌زمان بسیار طولانی کار کند	۵-۹
۱۴۷	..... نتایج	۶-۹

فصل ۱۰ تنظیم ولتاژ..... ۱۴۹

۱۴۹	..... مقدمه	۱-۱۰
۱۴۹	..... قالب‌های تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ	۲-۱۰
۱۴۹	..... زمین مجازی: $b=0$	۱-۲-۱۰
۱۵۰	..... تنظیم‌کننده‌های ولتاژ مثبت و منفی $b < 0$ و $b > 0$	۲-۲-۱۰
۱۵۰	..... بسازیم یا بخریم؟	۳-۱۰
۱۵۲	..... تنظیم‌کننده‌های خطی	۴-۱۰
۱۵۴	..... منابع تغذیه‌ی سویچینگ	۵-۱۰
۱۵۵	..... یک مدار همراه	۶-۱۰
۱۵۶	..... دیگر مدار همراه	۷-۱۰
۱۵۸	..... ابزار طراحی	۸-۱۰
۱۵۹	..... نتایج	۹-۱۰

فصل ۱۱ کاربردهای دیگر..... ۱۶۱

۱۶۱	..... مقدمه	۱-۱۱
۱۶۱	..... اتصال مبدل‌های دیجیتال به آنالوگ به بارها	۲-۱۱
۱۶۳	..... نوسان‌سازهای آپ‌امپی	۳-۱۱
۱۶۶	..... تقویت‌کننده‌های پیوندی و افزایشده‌های توان	۴-۱۱
۱۶۹	..... نتایج	۵-۱۱

فصل ۱۲ ابزارهای طراحی سازندگان..... ۱۷۱

۱۷۱	..... مقدمه	۱-۱۲
۱۷۲	..... Tina-TI تگراس اینسترومنتز	۲-۱۲

۱۷۴.....	۳-۱۲	Filter Pro نگزاس اینسترومنتز
۱۷۸.....	۴-۱۲	نرم افزار Webench نشنال سمیکنداکتور تگزاس اینسترومنتز
۱۸۱.....	۵-۱۲	نسخه‌ی آنالوگ دیوایس NI Multisim
۱۸۳.....	۶-۱۲	ابزار OpAmp Error Budget آنالوگ دیوایس
۱۸۳.....	۷-۱۲	لینیر تکنولوژی LT اسپایس
۱۸۶.....	۸-۱۲	طرح برد مدار چاپی
۱۸۶.....	۹-۱۲	نتایج

فصل ۱۳ خطاهای رایج در کار

۱۸۷.....	۱-۱۳	مقدمه
۱۸۷.....	۲-۱۳	آپامپ مورد استفاده در بهره‌ی کمتر از واحد (یا معین)
۱۸۸.....	۳-۱۳	استفاده از آپامپ به عنوان یک مقایسه‌کننده
۱۹۰.....	۱-۳-۱۳	مقایسه‌کننده
۱۹۱.....	۲-۳-۱۳	آپامپ
۱۹۱.....	۴-۱۳	پایان‌دهی نادرست بخش‌های استفاده‌نشده
۱۹۳.....	۵-۱۳	بهره‌ی DC
۱۹۴.....	۶-۱۳	خطاهای مربوط به تقویت‌کننده‌ی فیدبک جریان
۱۹۴.....	۱-۶-۱۳	مقاومت فیدبک اتصال کوتاه‌شده
۱۹۵.....	۲-۶-۱۳	خازن در حلقه‌ی فیدبک
۱۹۵.....	۷-۱۳	خطاهای مربوط به تقویت‌کننده‌ی کاملاً تفاضلی
۱۹۶.....	۱-۷-۱۳	نقطه‌ی کار DC نادرست
۱۹۷.....	۲-۷-۱۳	محدوده‌ی حالت مشترک نادرست
۱۹۸.....	۳-۷-۱۳	پایان‌دهی تک‌انتهایی نادرست
۱۹۹.....	۸-۱۳	جداسازی نادرست
۲۰۱.....	۹-۱۳	نتایج

پیوست الف درک مشخصه‌های آپامپ

۲۰۳.....	۱-الف	مقدمه
۲۰۴.....	۱-۱-الف	مقادیر بیشینه‌ی مطلق
۲۰۴.....	۲-۱-الف	شرایط عملکردی توصیه‌شده
۲۰۶.....	۳-۱-الف	مشخصه‌های الکتریکی

۲۰۷	الف-۲	ضریب دمای جریان آفست ورودی (αI_{IO})
۲۰۷	الف-۳	ضریب دمای ولتاژ آفست ورودی (αV_{IO} یا αV_{IO})
۲۰۸	الف-۴	خطای بهره‌ی تفاضلی، (A_D)
۲۰۸	الف-۵	مشخصه‌ی حاشیه‌ی بهره، (A_m)
۲۰۸	الف-۶	مشخصه‌ی بهره‌ی ولتاژ حلقه‌باز، (A_{OL})
۲۰۹	الف-۷	اندازه‌ی بهره‌ی تقویت ولتاژ سیگنال‌بزرگ، A_V
۲۰۹	الف-۸	مشخصه‌ی تقویت ولتاژ سیگنال‌بزرگ تفاضلی، (A_{VD})
۲۱۰	الف-۹	مشخصه‌ی پهنای باند بهره‌واحد، (B_1)
۲۱۰	الف-۱۰	مشخصه‌ی پهنای باند بیشینه‌نوسان خروجی، (B_{OM})
۲۱۰	الف-۱۱	اندازه‌ی پهنای باند، (BW)
۲۱۱	الف-۱۲	مشخصه‌ی کاپاسیتانس ورودی، C_i
۲۱۲	الف-۱۳	مشخصه‌ی کاپاسیتانس ورودی حالت مشترک، ($C_{i(c)}$ یا C_{ic})
۲۱۲	الف-۱۴	مشخصه‌ی کاپاسیتانس ورودی تفاضلی، (C_{id})
۲۱۲	الف-۱۵	اندازه‌ی کاپاسیتانس بار، (C_L)
۲۱۳	الف-۱۶	حساسیت ولتاژ تغذیه، $\Delta V_{DD\pm}/\Delta V_{IO}$ یا $\Delta V_{CC\pm}/\Delta V_{IO}$ یا k_{SVR} یا $PSRR$
۲۱۳	الف-۱۷	مشخصه‌ی نسبت حذف حالت مشترک ($CMRR$ یا k_{CMR})
۲۱۴	الف-۱۸	اندازه‌ی فرکانس، f
۲۱۴	الف-۱۹	مشخصه‌ی حاصلضرب بهره در پهنای باند آپ‌آمپ GBW
۲۱۴	الف-۲۰	مشخصه‌ی (خاموشی) جریان تغذیه ($I_{DD(SHDN)}$ یا $I_{CC(SHDN)}$)
۲۱۴	الف-۲۱	مشخصه‌ی جریان تغذیه، (I_{DD} یا I_{CC})
۲۱۵	الف-۲۲	مشخصه‌ی محدوده‌ی جریان ورودی، (I_I)
۲۱۵	الف-۲۳	مشخصه‌ی جریان بایاس ورودی، (I_{IB})
۲۱۶	الف-۲۴	مشخصه‌ی جریان آفست ورودی، (I_{IO})
۲۱۶	الف-۲۵	مشخصه‌ی جریان نویز ورودی، (I_n)
۲۱۶	الف-۲۶	مشخصه‌ی جریان خروجی، I_O
۲۱۷	الف-۲۷	اندازه‌ی جریان خروجی سطح پایین، I_{OL}
۲۱۷	الف-۲۸	مشخصه‌ی جریان خروجی اتصال‌کوتاه، (I_{OS} یا I_{CS})
۲۱۷	الف-۲۹	مشخصه‌ی نسبت حذف تغذیه، k_{SVR}
۲۱۸	الف-۳۰	مشخصه‌ی توان تلفاتی، (P_D)
۲۱۸	الف-۳۱	مشخصه‌ی نسبت حذف منبع تغذیه، $PSRR$
۲۱۸	الف-۳۲	مشخصه‌ی مقاومت حرارتی اتصال به محیط، (θ_{JA})
۲۱۸	الف-۳۳	مشخصه‌ی مقاومت حرارتی اتصال به بدنه، θ_{JC}

۲۱۹.....	الف-۳۴	مشخصه‌ی مقاومت ورودی، I_i
۲۱۹.....	الف-۳۵	مشخصه‌ی مقاومت ورودی تفاضلی (r_{id} یا r_{id})
۲۲۰.....	الف-۳۶	اندازه‌ی مقاومت بار، (R_L)
۲۲۰.....	الف-۳۷	اندازه‌ی مقاومت صفر، (R_{null})
۲۲۰.....	الف-۳۸	مشخصه‌ی مقاومت خروجی، T_o
۲۲۱.....	الف-۳۹	اندازه‌ی منبع سیگنال، (R_S)
۲۲۱.....	الف-۴۰	مشخصه‌ی مقاومت انتقالی حلقه‌باز، (R_t)
۲۲۱.....	الف-۴۱	مشخصه‌ی نرخ چرخش آپ‌امپ، SR
۲۲۲.....	الف-۴۲	اندازه‌ی دمای هوای آزاد عملکرد، (T_A)
۲۲۲.....	الف-۴۳	مشخصه‌ی زمان خاموش شدن، t_{DIS} یا $t_{(off)}$
۲۲۲.....	الف-۴۴	مشخصه‌ی زمان روشن شدن، t_{EN}
۲۲۳.....	الف-۴۵	مشخصه‌ی زمان نزول، t_f
۲۲۳.....	الف-۴۶	مشخصه‌ی اعوجاج هارمونیک کل، THD
۲۲۳.....	الف-۴۷	مشخصه‌ی اعوجاج هارمونیک کل به‌اضافه‌ی نویز، THD+N
۲۲۳.....	الف-۴۸	مشخصه‌ی بیشینه‌دمای اتصال، T_J
۲۲۴.....	الف-۴۹	مشخصه‌ی زمان صعود، t_r
۲۲۴.....	الف-۵۰	مشخصه‌ی زمان نشست، t_s
۲۲۴.....	الف-۵۱	مشخصه‌ی دمای نگهداری، T_S یا T_{stg}
۲۲۵.....	الف-۵۲	اندازه‌ی ولتاژ تغذیه، V_{DD} یا V_{CC}
۲۲۵.....	الف-۵۳	مشخصه یا اندازه‌ی محدوده‌ی ولتاژ ورودی، (V_I)
۲۲۵.....	الف-۵۴	اندازه‌ی ولتاژ ورودی حالت مشترک، (V_{ic})
۲۲۶.....	الف-۵۵	مشخصه‌ی محدوده‌ی ولتاژ ورودی حالت مشترک (V_{ICR})
۲۲۶.....	الف-۵۶	مشخصه‌ی ولتاژ ورودی تفاضلی، (V_{ID})
۲۲۶.....	الف-۵۷	مشخصه‌ی محدوده‌ی ولتاژ ورودی تفاضلی (V_{IDR})
۲۲۷.....	الف-۵۸	مشخصه‌ی ولتاژ روشن شدن، $(V_{(ON)}$ یا $V_{IH-SHDN}$)
۲۲۷.....	الف-۵۹	مشخصه‌ی ولتاژ خاموش شدن، $(V_{(OFF)}$ یا $V_{IL-SHDN}$)
۲۲۷.....	الف-۶۰	اندازه‌ی ولتاژ ورودی، V_{IN}
۲۲۷.....	الف-۶۱	مشخصه‌ی ولتاژ آفست ورودی، $(V_{OS}$ یا $V_{IO})$
۲۲۸.....	الف-۶۲	مشخصه‌ی ولتاژ نویز ورودی معادل، V_n
۲۲۸.....	الف-۶۳	مشخصه یا اندازه‌ی ولتاژ خروجی سطح بالا (V_{OH})
۲۲۹.....	الف-۶۴	مشخصه یا اندازه‌ی ولتاژ خروجی سطح پایین (V_{OL})
۲۲۹.....	الف-۶۵	مشخصه‌ی بیشینه‌نوسان ولتاژ خروجی قله‌به‌قله $(V_{OM\pm})$

۲۲۹	الف-۶۶	مشخصه یا اندازه‌ی نوسان ولتاژ خروجی قله‌به‌قله ($V_{O(PP)}$)
۲۳۰	الف-۶۷	اندازه‌ی قله‌به‌قله‌ی ولتاژ پله‌ای ($V_{(STEP)PP}$)
۲۳۰	الف-۶۸	مشخصه‌ی تداخل، X_T
۲۳۰	الف-۶۹	مشخصه‌ی امپدانس خروجی (Z_O)
۲۳۰	الف-۷۰	مشخصه‌ی امپدانس انتقالی حلقه‌باز (Z_T)
۲۳۰	الف-۷۱	مشخصه‌ی خطای فاز تفاضلی (Φ_D)
۲۳۱	الف-۷۲	مشخصه حاشیه‌ی فاز (Φ_m)
۲۳۱	الف-۷۳	پهنای باند برای همواری ۱ dB / ۰
۲۳۱	الف-۷۴	دمای بدنه در مدت ۶۰ ثانیه
۲۳۱	الف-۷۵	مشخصه‌ی تلفات کلی پیوسته
۲۳۲	الف-۷۶	مدت‌زمان جریان اتصال کوتاه
۲۳۲	الف-۷۷	مشخصه‌ی راندگی طولانی ولتاژ آفست ورودی
۲۳۲	الف-۷۸	دمای لحیم برای ۱۰ یا ۶۰ ثانیه

پیوست ب تئوری نویز آپ‌امپ ۲۳۳

۲۳۳	ب-۱	مقدمه
۲۳۴	ب-۲	توصیف
۲۳۴	ب-۲-۱	نویز جذر میانگین مربعات در مقایسه با نویز قله‌به‌قله
۲۳۶	ب-۲-۲	طبقه‌ی نویز
۲۳۶	ب-۲-۳	نسبت سیگنال‌به‌نویز
۲۳۶	ب-۲-۴	منابع نویز چندگانه
۲۳۷	ب-۲-۵	واحدهای نویز
۲۳۷	ب-۳	رنگ‌های نویز
۲۳۸	ب-۳-۱	نویز سفید
۲۳۹	ب-۳-۲	نویز صورتی
۲۳۹	ب-۳-۳	نویز قرمز / قهوه‌ای
۲۳۹	ب-۴	نویز آپ‌امپ
۲۴۰	ب-۵	جمع‌بندی
۲۴۱	ب-۶	ابزار طراحی: صفحه‌گسترده‌ی محاسبه‌ی نویز

۲۴۳	پیوست پ روش‌های طراحی برد مدار
۲۴۳	پ-۱ ملاحظات کلی
۲۴۳	پ-۱-۱ برد مدار چاپی جزئی از طراحی آپامپی است
۲۴۴	پ-۱-۲ نمونه‌سازی، نمونه‌سازی، نمونه‌سازی!
۲۴۵	پ-۱-۳ منابع تولید نویز
۲۴۵	پ-۲ ساختار مکانیکی برد مدار چاپی
۲۴۵	پ-۲-۱ مواد: انتخاب مورد مناسب برای کاربرد
۲۴۷	پ-۲-۲ آبکاری و روکش
۲۴۷	پ-۲-۳ چه تعداد لایه بهتر است؟
۲۴۹	پ-۳ زمین‌کردن
۲۴۹	پ-۳-۱ مهمترین قاعده، زمین‌ها و تغذیه‌ها را مجزا نگه دارید
۲۴۹	پ-۳-۲ دیگر قوانین زمین‌کردن
۲۵۱	پ-۳-۳ یک مثال خوب
۲۵۲	پ-۴ مشخصه‌های فرکانسی عناصر غیرفعال
۲۵۲	پ-۴-۱ مقاومت‌ها
۲۵۳	پ-۴-۲ خازن‌ها
۲۵۴	پ-۴-۳ القاگرها
۲۵۵	پ-۴-۴ قطعات غیرفعال ناخواسته‌ی PCB
۲۶۰	پ-۵ جداسازی
۲۶۰	پ-۵-۱ مدار دیجیتال، یک مشکل مهم برای مدار آنالوگ
۲۶۱	پ-۵-۲ انتخاب خازن مناسب
۲۶۲	پ-۵-۳ جداسازی در سطح مدارهای مجتمع
۲۶۳	پ-۵-۴ جداسازی در سطح برد
۲۶۳	پ-۶ ایزولاسیون ورودی و خروجی
۲۶۴	پ-۷ بسته‌بندی‌ها
۲۶۵	پ-۸ خلاصه
۲۶۵	پ-۸-۱ نکات عمومی
۲۶۶	پ-۸-۲ ساختار برد
۲۶۶	پ-۸-۳ قطعات
۲۶۶	پ-۸-۴ مسیربندی
۲۶۷	پ-۸-۵ کنارگذر کردن

۲۶۹.....	پیوست ن مجموعه مدارهای آپامپی
۲۶۹.....	ت-۱ مقدمه
۲۶۹.....	ت-۲ القاگر شبیه‌سازی شده
۲۷۱.....	ت-۳ تولیدکننده‌ی جریان ثابت
۲۷۲.....	ت-۴ مرجع ولتاژ وارون‌شده
۲۷۲.....	ت-۵ قدرمطلق
۲۷۲.....	ت-۶ یکسوساز دقیق
۲۷۳.....	ت-۷ مدول AC به DC
۲۷۴.....	ت-۸ یکسوساز تمام‌موج
۲۷۴.....	ت-۹ کنترل تن
۲۷۵.....	ت-۱۰ فیلترهای منطبق بر منحنی