



آندروسینگمین

فوتوفن وریزه کاری های

تقویت کنند ه های صوتی

مترجم :

شروین هنریختس

این کتاب ترجمه‌ای است از:

Practical Audio Amplifier Circuit Projects

Andrew Singmin

Newnes is an imprint of Butterworth-Heinemann.
Copyright © 2000 by Butterworth-Heinemann

 A member of the Reed Elsevier group

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data
Singmin, Andrew. 1945-

Practical audio amplifier circuit projects / Andrew Singmin.

p. cm.

ISBN 0-7506-9149-1 (pbk. : alk. paper)

1. Electronics Amateurs' manuals. 2. Audio amplifiers Amateurs' manuals. I. Title.

TK9963 .S345 1999

621.381—dc21



Newnes

Boston Oxford Auckland Johannesburg Melbourne New Delhi

مسئولیت صحت برگردان فارسی، به عهده‌ی مترجم است.

سرشناسه : سینگمین، اندرو، ۱۹۴۵ - ۱۹۹۷ م
 Singmin, Andrew
 عنوان و نام پدیدآور : فوت و فن و ریزه‌کاری‌های تقویت‌کننده‌های صوتی / اندرو سینگمین؛
 مترجم سروین هنریخش،
 تهران : چرتکه ، ۱۳۹۰.
 مشخصات نشر :
 مشخصات ظاهری :
 شابک : 978-964-6463-77-6
 وضعیت فهرست‌نویسی :
 یادداشت :
 یادداشت :
 موضوع :
 موضوع :
 شناسه افزوده :
 رده‌بندی کنگره :
 رده‌بندی دیویی :
 شماره کتابشناسی ملی :
 عنوان اصلی : Practical audio amplifier circuit projects, 1999.
 واژه‌نامه.
 الکترونیک -- دستنامه‌های آماتوری
 دستگاه‌های صوتی -- دستنامه‌های آماتوری
 هنریخش، سروین، ۱۳۶۷ - مترجم
 ۱۳۹۰ ق ۹۶/س ۹۶۵/TK9۹۶۵
 ۶۲۱/۳۸۱
 ۲۶۰۰۳۳۹



انتشارات چرتکه

نام کتاب : فوت و فن و ریزه‌کاری‌های تقویت‌کننده‌های صوتی

ناشر : انتشارات چرتکه

مؤلف : آندرو سینگمین

مترجم : سروین هنریخش

صفحه آرای : هفت‌رنگ گرافیک (امیر میکائیل زاده - شیوا صدقاتی)

نوبت چاپ : اول - بهار ۱۳۹۱

چاپ : بیک فرهنگ

صحافی : کیمیا

لیتوگرافی : امیدگرافیک

ناظر فنی چاپ : محسن پورحسین

تیراژ : ۶۰۰ جلد

شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۶۴۶۳-۷۷-۶

www.chortkehbooks.com

مراکز پخش :

۱- تهران، میدان انقلاب، ابتدای جمالزاده جنوبی، کوچه جهانگرد، شماره ۱۳، نشر آترا - تلفن : ۶۶۹۲۲۰۸۲

۲- تهران، خیابان انقلاب، روبروی دانشگاه تهران، ابتدای خیابان ۱۲ فروردین، پلاک ۳۲۴، کتابفروشی هنر - تلفن : ۶۶۴۹۲۲۴۲

۳- تهران، خیابان انقلاب، روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران، ساختمان جیبی، پلاک ۱۳۳۲، کتابفروشی عصر دانش - تلفن : ۶۶۹۷۱۲۵۱

فهرست

مقدمه‌ی مؤلف

مقدمه‌ی مترجم

۹

۱۳

فصل اول

مقدمه

۱۵

۱۸

۲۰

شماتیک مدارها

شناسایی و آگاهی از طریق اداری

فصل دوم

قطعات الکترونیک

۲۳

۲۳

۳۰

۳۴

۳۶

۳۷

۴۰

۴۳

۴۵

۴۶

۴۷

عناصر بلوک‌های ساختمانی

خازن‌ها

دیودها

ترانزیستورها

آی‌سی‌ها

کلیدها

سرفیش‌های تر و سوکت‌ها

LEDها

پایه‌های مدارهای مجتمع

تهیه شاسی برای سرهم کردن مدار

فصل سوم

- ۴۹ ساخت یک مدار LED ساده
- ۵۰ LED ها
- ۵۱ گیره یا سر باتری ۹ ولت
- ۵۲ مقاومت ها
- ۵۳ باتری کتابی ۹ ولتی
- ۵۳ کلیدها
- ۵۳ صفحه مدار

فصل چهارم

- ۵۵ پیش تقویت کننده های صوتی
- ۵۷ پیش تقویت کننده ی معکوس کننده
- ۶۰ پیش تقویت کننده ی غیر معکوس کننده
- ۶۲ انتخاب مقادیر قطعات در یک گستره ی امن

فصل پنجم

- ۶۵ تقویت کننده های قدرت صوتی

فصل ششم

- ۷۱ طراحی فیلترهای ساده
- ۷۱ شناخت فیلترها
- ۷۴ فیلتر پایین گذر
- ۷۸ فیلتر بالا گذر
- ۷۹ فیلتر پایین گذر بافرشده

فصل هفتم

- ۸۱ شماتیک مدارها

فصل هشتم

- ۸۷ ابزارهای اندازه گیری
- ۸۸ مالتی متر
- ۹۲ سیگنال ژنراتور

۹۴	فانکشن ژنراتور
۹۵	اسیلوسکوپ
۹۷	خلاصه مطالب این فصل

فصل نهم

۹۹	سرهم کردن سیستم‌های صوتی
۹۹	آزمایش بلندگو
۱۰۱	آزمایش تقویت‌کننده‌ی قدرت با یک پخش کاست معمولی
۱۰۲	آزمایش تقویت‌کننده‌ی قدرت با واکمن
۱۰۳	آزمایش تقویت‌کننده‌ی قدرت با یک گرامافون
۱۰۴	آزمایش پیش‌تقویت‌کننده
۱۰۵	پتانسیومتر

فصل دهم

۱۰۹	ساخت پروژه‌ها
۱۱۱	تقویت‌کننده‌ی عملیاتی معکوس‌کننده با بهره‌ی ۱۰۰ ×
۱۱۵	تقویت‌کننده‌ی عملیاتی غیرمعکوس‌کننده با بهره‌ی ۱۰۰ ×
۱۲۰	تقویت‌کننده‌ی عملیاتی معکوس‌کننده با بهره‌ی تغییرپذیر
۱۲۵	بافر معکوس‌کننده
۱۲۹	بافر غیرمعکوس‌کننده
۱۳۳	تقویت‌کننده‌ی معکوس‌کننده با بهره‌ی زیاد مجهز به فیلتر حذف فرکانس‌های بالا
۱۳۸	پیش‌تقویت‌کننده‌ی مجهز به کنترل صداهای زیر و بم
۱۴۴	تقویت‌کننده‌ی قدرت با امکان افزایش بهره و تقویت صدای بم
۱۴۸	سیگنال ژنراتور صوتی
۱۵۳	پیش‌تقویت‌کننده و مخلوط‌کننده‌ای با دو ورودی
۱۵۹	تقویت‌کننده و پیش‌تقویت‌کننده‌ی مرکب
۱۶۳	آزمایشگر میکروفون
۱۶۹	مجموعه‌ی آزمایشگر صوتی
۱۷۴	پیش‌تقویت‌کننده و بافر برای گیتار برقی
۱۷۸	پیش‌تقویت‌کننده و فاز برای گیتار برقی
۱۸۲	مدار کمکی برای گیتار برقی

۱۸۷	روایت تصویری برخی از قطعات و دستگاه های اشاره شده در کتاب
۲۰۱	نگاهی گذرا به مهمترین خصوصیات چهار آی سی معروف کتاب
۲۰۷	ریز قطعات و سایر وسایل لازم برای ساخت کلیه ی پروژه ها
۲۰۹	علائم اختصاری قطعات و لوازم مصرف شده در مدارات کتاب
۲۱۱	لغت نامه ی انگلیسی به فارسی

مقدمه‌ی مؤلف

در خلال تألیف این کتاب این فرصت فراهم پیش آمد که در سایر کتب الکترونیکی و وبسایت‌های وابسته، به دنبال مداراتی که بر پایه تقویت‌کننده‌های عملیاتی بنیان گذاشته شده‌اند، تحقیقی انجام دهم. چیزی که در این راه به آن رسیدم این بود که کتاب یا مرجعی که عملی بوده یعنی با دادن ورودی مناسب به مدارهای آن، بتوان از خروجی مدار به نتیجه واقعی و قابل قبولی دست یافت، یا وجود ندارد و یا تعداد آن‌ها بسیار اندک و انگشت‌شمار است. البته کتاب‌هایی که قسمت‌های نظری را عرضه کرده و توضیح می‌دهند کم نیستند ولی مرجعی که بتوان با مراجعه به آن یک تقویت‌کننده یا پیش تقویت‌کننده‌ی صوتی بر مبنای تقویت‌کننده‌های عملیاتی را طراحی و راه‌اندازی کرد، عملاً بسیار نادر است. چیزی که من به دست آوردم مطالب متداولی است که توسط دیتابوک‌های کارخانه‌های سازنده به مشتری عرضه می‌شود. البته این‌ها مراجع بدی نیستند ولی فقط از چند یادداشت کاربردی تشکیل می‌گردند. در بهترین حالت، ممکن است در شروع کار یک مدار عرضه شود که تازه آنهم معلوم نیست که واقعاً کار بکند یا نکند. هرچه برای به دست آوردن مرجعی که به صورت واضحی این مطالب را توضیح داده باشد تلاش کردم، نتیجه‌ای نگرفتم و مستأصل شدم و ایده‌ی تألیف و تدوین کتابی که مفید و عملی باشد و لااقل از نظر معنوی خودم را ارضاء کند، در ذهنم مبادر گردید. چند بار هم از فرط استیصال می‌خواستم ادامه کار را متوقف کنم ولی وقتی چهره‌ی مبتدیان مصمم جلوی چشمم می‌آمد از این تصمیم منصرف می‌شدم.

کتاب ایده‌آل من کتابی است که مطالبی که در آن به رشته تحریر در آمده‌اند، عملی بوده و بدانم که مؤلف، قبل از چاپ، آن‌ها را ساخته و از صحت عملکردشان اطمینان حاصل کرده است. به عنوان مثال، یک تقویت‌کننده‌ی عملیاتی ac واقعی، مداری است که قبل از آنکه عملاً به مرحله‌ی راه‌اندازی برسد، به تعدادی قطعات ضروری و حساس نیاز دارد. در اکثر کتاب‌های موجود، در قسمت تشریح مدار فقط به قطعات تنظیم‌کننده‌ی بهره پرداخته و مشخص نمی‌کنند که طرز کار و نحوه‌ی

عملکرد بقیه قطعات چگونه است. توصیه من به مبتدیان این است که حتی اگر در برخی مراجع، مدارهای واقعی هم عرضه شده باشند، بهتر است از اینگونه یادداشت‌های کاربردی دوری جویند. علاوه بر این، مداراتی که در این مراجع به کار بر عرضه می‌شوند به ولتاژ تغذیه دوگانه نیاز دارند. با توجه به اینکه امکانات مبتدیان به گونه‌ای است که اکثراً از یک منبع تغذیه ۹ ولت واحد استفاده می‌کنند، این خود می‌تواند محدودیتی به شمار آید. متأسفانه در کتاب‌هایی که مجموعه‌ای از مدارات مختلف را به خواننده ارائه می‌دهند، تعداد این جور مدارها کم نیستند.

روشی که من در این کتاب پیش گرفته‌ام، ارائه مدارهای صد در صد عملی و واقعی می‌باشد. البته کتاب‌های بیش‌شماری وجود دارند که جزئیات کارکرد داخلی تقویت‌کننده‌های عملیاتی را تشریح می‌نمایند. در بسیاری از موارد هم کتاب‌هایی که عملکرد اساسی و پایه‌ای تقویت‌کننده‌های عملیاتی معمولی را تشریح می‌کنند، مداراتی را ارائه می‌دهند که:

۱- واقعاً عملی و کاربردی نمی‌باشند.

۲- اندازه مقادیر قطعات، عمداً یا سهواً مخدوش هستند.

ضمناً، درست یا غلط، سعی کرده‌ام به رابطه بین چگونگی ترسیم شماتیک مدارها و اینکه آیا آن‌ها مدارهای واقعی هم هستند نیز اشاره نمایم. مدارهای واقعی غالباً بین دو خط موازی که بالایی، ولتاژ مثبت تغذیه و پایینی، زمین می‌باشد ترسیم می‌گردند. جالب اینجاست که در یادداشت‌های کاربردی که جلوتر هم از آن‌ها سخن به میان آمد، به جای این روش، مرتباً و با ترسیم یک بردار یا فلش، کارتر به سمت ولتاژ تغذیه و زمین، حواله داده می‌شود. ملاک من از یک مدار عملی به صورت زیر است:

۱- دوست دارم مداری را ببینم که مقادیر حقیقی قطعات روی آن‌ها درج گردیده باشد تا اگر آن را دقیقاً مطابق شکل داده شده ساختم، واقعاً کار کند.

۲- ترجیح می‌دهم محاسبات ساده بوده و کاملاً مشخص باشند.

همان طوری که قبلاً هم اشاره کردم اکثر مراجعی که در زمینه تقویت‌کننده‌های عملیاتی به آن‌ها برخوردیم، یادداشت‌های کاربردی کارخانه‌های سازنده بودند. یعنی متونی که به تشریح نظری کار با OPAMP ها می‌پردازند و در کاربردهای عملی جایی ندارند. این در حالی است که مبتدیان بیشتر به دنبال اطلاعات واقعی هستند. انگیزه اصلی تألیف این کتاب و بخصوص شوه‌ای که به رشته تحریر درآمده ناشی از همین محدودیت‌ها در بسیاری از متون و مراجع الکترونیکی در دسترس است. به شما اطمینان می‌دهم که مدارات حاضر صددرصد عملی و واقعی هستند. برای مثال، اگر شخصاً بخواهم یک پیش‌تقویت‌کننده را بسازم، در هنگام طراحی فقط به داشتن دو چیز احتیاج دارم:

۱- چگونه بهره‌ی تقویت‌کننده را کنترل کنم.

۲- چگونه مدار را طراحی کنم که عملاً کار کند.

در این مدارات، عملکرد هر کدام از قطعات ضروری، برای اینکه وظیفه اصلی خود را به درستی انجام دهند، تشریح گردیده است. در این نقشه‌ها، قطعات بسیار حساسی وجود دارند که کارکردن مدار کاملاً به آن‌ها وابسته بوده و در اکثر متونی که به آن‌ها برخوردیم، متأسفانه توضیح و تشریح کامل و جامعی از آن‌ها ارائه نشده است. یکی از وجوه تمایز کتاب حاضر با سایر مراجع موجود در بازار، در همین رابطه می‌باشد.

آندرو سینگمین

جولای ۱۹۹۹

www.ketab.ir

مقدمه‌ی مترجم

تقویت‌کننده‌های صوتی جزو پر مصرف‌ترین مدارهای الکترونیکی بوده و تقریباً در قریب به اتفاق دستگاه‌های صوتی و تصویری از قبیل رادیو، تلویزیون، ضبط و پخش کاست، گرامافون، ضبط و پخش ویدئو، CD خوان، واکمن و غیره به کار می‌روند. وجه مشترک همه‌ی این وسایل این است که سیگنال صوتی تولیدشده در آن‌ها، از دامنه‌ی کمی بر خوردار بوده و برای آنکه خروجی‌شان در حد شنوایی انسان، قابل شنیدن باشند، باید به طریقی تقویت گردیده و سپس راهی بلندگو گردند. وظیفه‌ی انجام این مهم به دستگاه یا طبقه‌ای به نام تقویت‌کننده یا آمپلی فایر سپرده می‌شود. آمپلی فایرهای قدیمی‌تر که از نوع لامپی بودند، مشکلات زیادی داشتند: مصرف زیاد، تولید گرمای اضافی، حجیم بودن و مهمتر از همه نیاز به سپری شدن یک زمان خاص برای آماده به خدمت شدن لامپ‌ها جزو نقاط ضعف این نمونه‌ها محسوب می‌شدند. پس از ظهور نیمه هادی‌ها و علی‌الخصوص ترانزیستورها، پرونده‌ی تقویت‌کننده‌های لامپی به تدریج بسته شد و قطعات تازه وارد، که کوچکتر و کم مصرف‌تر بوده و مشکل تولید گرمای آنجانی هم نداشتند، جایگزین سلف خود گردیدند. این قطعات نوظهور پیام تازه‌ای را هم با خود همراه داشتند و آن اینکه به مجرد فرمان فعال می‌گردیدند. البته نکته‌ی بارزی که در تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری مشاهده می‌شود، آن است که تعداد قطعات مدار نسبتاً زیاد بوده و به این لحاظ مونتاژ آن‌ها، زمان زیادی را می‌طلبد و نظارت بر عملکرد آن‌ها، منوط به کنترل پارامترهای مختلفی می‌باشد. با ظهور مدارات مجتمع و تولید آی‌سی‌ها، دروازه‌های دنیای نوینی به علم الکترونیک گشوده شد و ارکان این رشته بر طرفدار را به لرزه درآورد و تمام زیرمجموعه‌های وابسته را، تحت تأثیر خود قرار داد. بالطبع مقوله‌ی تقویت‌کننده‌ها هم از این تحول شگرف مستثنی نمانده و دگرگونی‌های زیادی را تجربه نمود. در این راستا، تقویت‌کننده‌هایی که با آی‌سی‌ها، طراحی و ساخته شده‌اند، علاوه بر مزایای قبلی، باز هم کم‌حجم‌تر و کم مصرف‌تر گردیده و با توجه به قطعات جانبی بسیار کمتر، طبیعتاً ارزانتر تمام شده و ضمناً کنترل آن‌ها نیز بسیار سهل‌تر

گردیده است.

خوشبختانه و به همت اساتید فن، در این زمینه کتاب‌های وزین و ارزشمندی ترجمه، تألیف یا تدوین گردیده که بار نظری بالایی داشته و اصول کار این طبقات در آن‌ها مورد بررسی واقع شده و می‌تواند نیازهای علمی علاقمندان را مرتفع سازد.

اما مجلد حاضر که شاید بتوان آن را در حد یک جزوه خلاصه و مختصر به حساب آورد، چکیده‌ای از خصوصیات تقویت‌کننده‌های صوتی آی‌سی‌دار را به صورت بسیار فشرده و مقدماتی در اختیار مبتدیان و تازه‌واردین به این رشته می‌گذارد. در فصول ۱ تا ۹ کتاب، تئوری‌ها و سفارشات لازم به صورت بسیار خلاصه و مختصر ارائه گردیده و فصل پایانی به عرضه‌ی ۱۶ پروژه‌ی ساخته شده، اختصاص داده شده است. این پروژه‌ها کاملاً عملی بوده و در ساخت آن‌ها از ساده‌ترین قطعات غیر فعال و همچنین از معمول‌ترین تراشه‌های ذیربط موجود یعنی تایمر ۵۵۵، LM386، LM324 و LM741 استفاده گردیده است. ساخت این مدارها ساده بوده و به قطعات بسیار کمی نیاز دارند و شما با کمی حوصله قادر خواهید بود همگی آن‌ها را راه‌اندازی کرده و ثمره‌ی تلاش‌تان را مشاهده نمایید. مترجم امیدوار است، خوانندگان مبتدی با مطالعه‌ی اندک صفحات این مجموعه، دید اولیه لازم از تقویت‌کننده‌های صوتی را به دست آورده و باعث تشویق و ترغیب آن‌ها به خواندن منابع غنی‌تر و وزین‌تر گردد.

در این راه، برگرداننده‌ی اثر دست‌یاری و استعانت به سوی خوانندگان تیزبین و علاقمند دراز کرده و از تذکرات و انتقادات سازنده آن‌ها استقبال می‌نماید.

و کلام پایانی، ابراز یک خسته نباشید و دست‌مریزاد به پرسنل پرتلاش مؤسسه هفت‌رنگ و گرافیک، به ویژه آقایان محسن پورحسین و امیر میکائیل‌زاده و خانم شیوا صداقتی که دست نوشته‌های درهم و برهم و ناخوانای حقیر را به شکل آراسته‌ای حاضر، به زیور طبع آراستند.

سروین هنریخش

زمستان ۱۳۹۰

فصل اول

مقدمه

با جستجو کردن در وبسایت‌های فروشگاه‌های بزرگ یا قفسه‌های کتابخانه‌ها، شما می‌توانید تقریباً به هر جنبه قابل تصویری در زمینه الکترونیک، دست پیدا کنید. من اعتقاد دارم هنوز هم که هنوز است، تعداد و عناوین کتاب‌های موجود قابل استفاده برای آماتورها و غیر حرفه‌ای‌ها، در مقایسه با عناوین نوشته شده در زمینه الکترونیک صنعتی، در اقلیت است. اگر به دهه‌ی ۱۹۵۰ میلادی، قبل از ابداع میکروپروسسور برگردیم ملاحظه می‌کنیم که تنوع پروژه‌های الکترونیکی دست‌ساز در سال‌های اخیر روند تأسف‌باری را به خود گرفته است. ساخت چنین پروژه‌هایی با استفاده از قطعات مجزا و گوناگون در منزل، به مراتب گرانتر از انواع مشابه آماده در بازار می‌باشد. ولی اگر هدف تجاری نداشته و بیشتر مقصودتان متوجه پرکردن اوقات فراغت با یک سرگرمی جالب و آموزنده بوده و به نوعی هم در صدد ارضاء حس کنجکاوی خودتان باشید، سرهم کردن قطعات الکترونیکی و ساختن مدارها فکر بدی نیست. مطالعه‌ی بسیاری از کتاب‌هایی که در این زمینه و برای افراد غیر حرفه‌ای نوشته شده به من ثابت کرده که هر کدام‌شان نواقصی داشته و لذتی را که خواننده کتاب باید با ساخت مدارات ارائه شده از آن منتفع شود، منقص می‌کنند. خودم شخصاً همیشه حس عجیبی در مورد شناسایی آنچه که کمبود کتاب‌های مختلف و مشابه بود داشتم و سعی می‌کردم که متناسب با رؤس مطالب ارجح‌تر، اطلاعات لازم را به طریقی به دست آورم.

براساس تجربیاتی که در این راه کسب کرده‌ام، برخی از مهمترین این کمبودها به شرح زیر می‌باشند:

۱- مدارهایی که در بعضی از کتاب‌ها مطرح می‌شوند، حاوی قطعات و علی‌الخصوص آی‌سی‌های

خاصی هستند که همه جا یافت نمی شوند. به نظر من این جور مدارها ارزش زیادی ندارند چون وقتی لوازم ضروری و قطعات مورد نیاز برای ساخت آن ها یافت نشود، ارائه ی اینطور طرح ها چه سودی دارد؟

۲- در پروژه های ارائه شده، اکثراً و باز هم علی الخصوص از آی سی های استفاده می شود که آنقدر تخصصی هستند که پیدا کردن آن ها در گستره ی کارهای غیر تجاری، عملاً مقدور نیست. البته گاهی اوقات کارآیی ها و توانایی های مدار ارائه شده بسیار جالب و حیرت آور است ولی وقتی قطعه ی اصلی مدار یعنی آی سی آن یافت نشود، تعریف و تمجید و ... چه سود؟ حتی گاهی اوقات شرکت های بزرگ تجاری هم در تهیه ی چنین قطعاتی با اشکال مواجه می شوند مگر اینکه تعداد مورد سفارش آن ها آنقدر بالا باشد که کارخانه سازنده را به نوعی به تأمین نیاز آن ها، قانع سازد. بررسی کردن چنین مدارهایی، البته خیلی هم بی فایده نیست و به نوعی به معلومات خواننده می افزاید و به گونه ای حس کنجکاوی را در فرد برمی انگیزاند ولی در نهایت، باز هم دست ما به قطعه ی مورد نظر و مدار مربوطه نمی رسد.

۳- پروژه های در رابطه با فرکانس های رادیویی (RF)، به الفاها یا پیچک های خاصی نیاز دارند. به عقیده من جور کردن قطعات مربوط به این گونه مدارها، جزو مشکل ترین کارها می باشد. خودم شخصا به مدارهایی که به پیچک های خیلی تخصصی نیاز دارند، اصلاً علاقه ای ندارم. کریستال ها هم به نوعی زیرمجموعه ی طبقه بندی RF محسوب می شوند. پیدا کردن این جور قطعات تقریباً غیرممکن بوده و در حالت های استثنایی، اگر هم یافت شوند، مستلزم صرف هزینه های زیادی هستند. پیچیدن شخصی پیچک ها هم از نظر زمان و هزینه و دقت کار، اصلاً مقرون به صرفه نبوده و در مجموع غیرممکن است.

۴- برخی از کتاب ها، خواننده را به ساخت مداراتی تشویق می کنند که ولتاژ تغذیه ی مورد نیاز آن ها، خارج از استاندارد باتری های موجود در بازار است. همه ما خوب میدانیم که ولتاژ باتری های استاندارد و پر مصرف و فراوانی که در بازار هستند یا ۱/۵ و یا ۹ ولت می باشند. که در این میان، توان باتری های ۱/۵ ولتی کمتر از آن است که قادر به راه اندازی مدار به دردیخوری باشند و لذا می توان به این نتیجه رسید که بهترین ولتاژ تغذیه، ۹ ولت می باشد. به علاوه در جمیع بسیاری از پروژه ها، فضایی پیش بینی شده که یک باتری کتابی ۹ ولت به راحتی در آن جای می گیرد. از آنجایی که مدارهایی که با باتری تغذیه می شوند، ایمن تر از انواع مشابهی هستند که با برق شهر کار می کنند، و به علاوه، مدارهای باتری دار، پُر تابل و قابل حمل و نقل هم هستند، به نظر می رسد که انتخاب باتری برای تأمین تغذیه لازم بهترین راه باشد. البته سازندگان مدارهای تجارتی، با ولتاژهای dc دیگری مثل ۱۲ ولت هم کار می کنند ولی در این کتاب، ما فقط با مدارهای سرگرم کننده، سر و کار داریم. اگر تصمیم دارید ولتاژ تغذیه ی مداری را به ۹ ولت تبدیل کنید، انجام موفقیت آمیز این عمل به آرایش مدار بستگی داشته و پس از آن، مدار ممکن است کار کند و امکان هم دارد که از کار باز ماند. تلاش کردن برای انجام این کار و ایجاد این تبدیل، فکر خوبی نیست.

۵- برخی مدارات به تغذیه‌ی دوگانه یعنی «مثبت و منفی» نیاز دارند، برای مثال $+9$ ولت و -9 ولت. در این جور مدارها از دو باتری 9 ولتی سود می‌جویند. در مجموع انجام این کار ضروری نیست. استفاده از دو باتری بسیار دست و پاگیر بوده و تا جایی که من اطلاع دارم، کمتر جعبه مداری را میتوان یافت که دو باتری 9 ولتی در آن جا شوند. در این جور موارد بهتر است ولتاژ مثبت و منفی مورد نظر را به کمک یک مقسم ولتاژ ایجاد نمود. این جور مدارات با یک تک باتری 9 ولتی که ولتاژ آن با یک شبکه مقاومتی نصف می‌شود، بهتر کار می‌کنند. البته از آن جایی که ولتاژ تغذیه نصف شده است، توان خروجی هم کاهش خواهد یافت. به هر حال، خودم، شخصا، به مداراتی که به ولتاژ دوگانه نیاز دارند، خیلی علاقه‌ای ندارم.

۶- برخی از طرح‌ها به مدارهای چاپی بزرگی نیاز دارند که بتوانند چندین آی‌سی را در خود جای دهند. من اینطور استنباط کرده‌ام که مدارهایی که بیش از 3 یا 4 آی‌سی دارند به درد افراد مبتدی نمی‌خورند، چون هر چه تعداد قطعات بیشتر شود، این امکان که در مرحله ساخت، اشتباهی رخ داده و در نهایت مدار کار نکند، بیشتر می‌گردد. در بسیاری از مجلات الکترونیکی سطح بالا، مداراتی معرفی می‌شوند که تعداد قطعات آن‌ها بسیار زیاد است و همان طوری که اشاره شد، بررسی و تعقیب اینگونه مدارات به درد افراد مبتدی نمی‌خورد.

۷- در برخی از پروژه‌ها ممکن است از خازن‌ها و مقاومت‌های با اندازه‌های ناچور و غیراستانداردی استفاده شده باشد. خودم به ندرت و در موارد بسیار اندکی مجبور به استفاده از چنین قطعاتی شده‌ام و در اکثر موارد از مقادیر استاندارد و معمول سود جستفام. در موقع بررسی و تعقیب مدارات کتاب حاضر، به این مقادیر توجه داشته باشید. در اکثر موارد و به استثنای حالاتی که اجباری در کار بوده، از مقاومت‌های سرراست و فراوان 10 ، 100 و 1000 کیلو اهم استفاده شده است.

بحث راجع به نقاط ضعف و نکات منفی کافی است! فکر می‌کنم حالا دیگر با روحیات من کم و بیش آشنا شده‌اید و متوجه گردیده‌اید که از چه چیزهایی بدم می‌آید. چیزی که در این کتاب خواهید یافت (لااقل امیدوارم که این‌گونه باشد)، پروژه‌هایی است که به طور کامل تشریح گردیده‌اند و در آن‌ها از قطعات فراوانی مثل تقویت‌کننده عملیاتی LM741 استفاده شده است. برای پایین آمدن هزینه‌ی ساخت مدارات، تا حد امکان سعی شده تعداد قطعات به کار رفته محدود بوده و اندازه‌های آن‌ها هم طوری باشد که قطعات خریداری شده را بتوان در مدارات متعددی به کار برد. طراحی مدارات بسیار ساده بوده و قبل از چاپ کتاب، همه‌ی آن‌ها ساخته شده و آزمایش گردیده‌اند. علاوه بر این وقتی از ابتدا ساخت آن‌ها را شروع کرده و به تدریج جلو می‌روید، ملاحظه می‌کنید که مدارات مفیدی بوده و کاربردی هستند. تأکید کتاب حاضر بر روی مدارات تقویت‌کننده صوتی بوده و در خاتمه در خواهید یافت که این گونه طرح‌ها چرا و چگونه ساخته می‌شوند.

یکی از مهمترین انتظاراتی که از ساخت یک پروژه‌ی الکترونیکی می‌رود آن است که در خاتمه‌ی کار، سازنده، عملکرد مدار را به چشم دیده و یا با گوش بشنود. اگر از این دیدگاه به قضیه نگاه کنیم، هیچ گروه از مدارات الکترونیکی را نمی‌توان با لذتی که ساخت یک تقویت‌کننده‌ی صوتی به سازنده

می دهد، مقایسه نمود. چرا؟ برای اینکه همه ی ما با وسایل صوتی از قبیل دستگاه های استریو، تلویزیون، CD خوان، واکمن و غیره آشنا و دم خور هستیم. تمام فضای اطراف ما پر از سر و صدا است و ما به کمک حس شنوایی خود قادریم صداهای مختلف را از هم تمیز دهیم.

البته شناسایی اصوات تولید شده به وسیله مدارات میکروپروسسوری پیچیده، بسیار دشوار بوده و فقط برای کسانی که به طور تخصصی با این حرفه در ارتباط هستند، مقدور می باشد. هر کسی که به صدای خروجی اولین پروژه ی تقویت کننده ی صوتی شما گوش فرا دهد ممکن است بگوید: «چه صدای نابهنجاری! خودتان درست کرده اید؟» خودم پروژه های تقویت کننده صوتی را خیلی دوست دارم چون دست به نقد بوده و ساخت آن ها هم ساده است و به محض درست شدن، نتیجه را می توان به طور واضحی ملاحظه نمود. مثلاً اگر یک تقویت کننده ی گیتار درست کردید، با وصل کردن خروجی گیتار برقی خود به آن، بلافاصله می توانید صدای جالبی را بشنوید و یا مثلاً اگر خروجی یک میکروفون را به ترکیبی از یک «پیش تقویت کننده-تقویت کننده» وصل کنید، نتیجه را بلافاصله ملاحظه خواهید کرد. به علاوه در ساخت و راه اندازی این جور مدارها، هیچ نقطه ابهامی باقی نمی ماند. اگر از خروجی مدار صدایی می شنوید، کار می کند.

یکی از احتیاجات مشترک و همیشگی دستگاه های الکترونیکی، مسئله ی تقویت کنندگی است. اگر تعداد زیادی از پروژه های الکترونیکی را به دقت مرور کنید خواهید دید که اکثریت آن ها یا تقویت کننده هستند و یا در قسمتی از آن ها از یک طبقه ی تقویت کننده، استفاده شده است.

در میان انواع تقویت کننده هایی که وجود دارند، به نظر من، تقویت کننده های صوتی ac یکی از مهمترین ها هستند زیرا به کمک آن ها و با استفاده از تعداد بسیار محدودی قطعات ساده، می توانیم صدا را به ارمان بیاوریم. برای تکمیل کار، نهایتاً به یک بلندگو نیاز خواهید داشت. چیزی که بسیار فراوان است و در هر جور وسیله ی صوتی و تصویری اطراف ما مثل رادیو، تلویزیون، CD خوان و غیره به وفور یافت می شود. پس از مطالعه فصول اصلی کتاب، در انتهای کار به گل سرسبد آن ها، یعنی فصل پروژه ها می رسید. در این فصل با اصول کار و طرز ساخت آن ها آشنا می شوید. با استفاده از روش آموزش از طریق ساخت و با رسیدن به انتهای کتاب، با خصوصیات تقویت کننده های صوتی آشنایی کامل پیدا خواهید کرد. به تدریج که جلوتر می روید، پروژه ها هم کمی پیچیده تر می شوند ولی حتی ساخت آخرین آن ها هم دشوار نمی باشد. مطمئن باشید که قبل از ارائه آن ها در این کتاب، همه آن ها را ساخته و آزمایش نموده و از صحت عملکرد آن ها، اطمینان دارم.

► شماتیک مدارها

در الکترونیک، شماتیک، راهی برای نمایش نحوه ی اتصالات الکتریکی لازم برای ایجاد یک عملکرد مشخص است. یک مثال ساده این موضوع مقسم ولتاژ مقاومتی است که برای تغییر دادن پیوسته ی ولتاژ ورودی، شبیه ولوم معمولی رادیو، به کار می رود.

در شماتیک مداری، پتانسیومتر، با سه پایه نشان داده می شود. دو ترمینال خارجی یا کناری،

پایه‌های ثابت هستند و پایه وسطی نشان‌دهنده ترمینالی می‌باشد که به یک جاروبک لغزنده متصل است.

در مدارها، همیشه یک ترمینال زمین (معمولاً شماره یک) وجود دارد که در واقع مسیر برگشت جریان می‌باشد و یک ترمینال ثابت تلقی می‌گردد و غالباً در قسمت پایینی قرار می‌گیرد. وقتی از روبرو به پتانسیومتر نگاه می‌کنیم، طوری که محور یا شافت پتانسیومتر روبروی ما واقع شود، پایه‌ی زمین، ترمینال یا پایه‌ی است که در سمت راست آن قرار دارد. در این صورت و طبق قرارداد، وقتی محور پتانسیومتر در جهت حرکت عقربه‌های ساعت چرخانیده شود، ولتاژ پایه‌ی متصل به جاروبک لغزنده‌ی آن، افزایش خواهد یافت. این حالت، در مورد همه‌ی پتانسیومترها صادق می‌باشد. ولتاژ ورودی، به پایه‌ی ۱، یعنی پایه ثابت سمت چپ متصل گردیده و خروجی از پایه ۳، یعنی ترمینال وسطی که به جاروبک لغزنده متصل است، اخذ می‌گردد. وقتی محور پتانسیومتر تا انتها پیمچانیده شود، کل ولتاژ ورودی، به خروجی منتقل می‌گردد. اتفاقی که در این حالت در داخل پتانسیومتر می‌افتد این است که، در اثر گردش محور آن، ترمینال‌های ۱ و ۳ به هم متصل می‌گردند. و برعکس، وقتی محور پتانسیومتر تا بیشترین مقدار ممکن در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت چرخانیده شود، ولتاژ خروجی صفر می‌شود.

با چرخاندن محور در جهت حرکت عقربه‌های ساعت، ولتاژ ترمینال متصل به جاروبک لغزنده، به تدریج اضافه می‌شود. این روند افزایشی آنقدر ادامه می‌یابد که محور به انتهای کورس خود رسیده و ولتاژهای ورودی و خروجی با هم مساوی شوند. آزمایش پتانسیومتر خیلی مشکل نیست و تنها با داشتن یکی از انواع ۱۰ کیلو اهمی آن‌ها، یک باتری ۹ ولت کتابی و بالاخره مالتی‌متری که روی یک گستره‌ی سنجش ولتاژ d.c. مناسب قرار گرفته باشد، می‌توان نتیجه را به عینه ملاحظه نمود.

حدس می‌زنم مقدمه‌ای که در مورد شماتیک‌ها بیان کرده، با چیزی که یک فرد مبتدی ممکن است ارائه دهد، تفاوت چندانی ندارد. حالا که به گذشته و دوران الکترونیک لامپی فکر می‌کنم، یاد می‌آید که از نقشه‌هایی که می‌دیدم چیزی دستگیرم نمی‌شد. برای یک فرد مبتدی، نگاه کردن به شماتیک‌ها یعنی قطعات و نشانه‌های عجیب و غریب و تعداد زیادی خطوط درهم و برهم که خیلی مسخره به نظر می‌رسند. بنابراین چون این درد را احساس می‌کنم می‌توانم حدس بزنم که حسن سردرآوردن از شماتیک‌های مفید، تا چه اندازه بالاست. اگر از قبل اطلاعات و زمینه‌ی از شماتیک‌ها ندارید، برای اینکه شروع مناسبی داشته باشید، کار را با فصل هفت آغاز نمایید. شماتیک‌ها در واقع یک عملکرد الکتریکی را تشریح می‌کنند. برای این کار سعی کنید مداری را ایجاد کنید که به کمک یک کلید بتوانید لامپی را روشن یا خاموش نمایید.

وقتی بخواهید لامپ را روشن کنید، کلید را وصل کرده و برای خاموش کردن لامپ ناچارید کلید را قطع نمایید. برای نشان دادن این عملکرد الکتریکی می‌توانیم شماتیکی را رسم نماییم. برای این کار به سه قطعه نیاز خواهیم داشت: یک کلید، یک لامپ و یک منبع تغذیه. در شماتیک، نحوه اتصال نقطه به نقطه قطعات به طور کامل مشخص می‌گردد. در این مثال ساده، شماتیک مدار فقط

یک اتصال سری ساده بین منبع تغذیه، کلید و لامپ خواهد بود. به این ترتیب هرچقدر هم که یک مدار پیچیده باشد، وقتی بلوک های عملیاتی به درستی تعریف شده و مشخص گردند، به کمک شماتیک ها می توان جزئیات اتصالات الکتریکی لازم را به راحتی به تصویر کشید.

در مورد پروژه های ساده، مثل مدارات این کتاب، شماتیک لازم را می توان در یک صفحه کاغذ ترسیم نمود. ولی در مورد مدارات پیچیده تر مثل مدارات میکروپروسسوری، شماتیک به فضای بیشتری نیاز داشته و درک آن فقط برای مهندسان و طراحان متخصص در آن رشته، قابل فهم خواهد بود ولی به هر حال اصول کار یکی است. در هر صورت، در هر حالتی می توان شماتیک های بزرگ را به قسمت های کوچکتر و قابل فهم تری تقسیم نمود. برای مثال، شماتیک یک «پیش تقویت کننده - تقویت کننده» پیچیده، شبیه دستگاه استریوی پر قدرتی که خودتان دارید را، در نظر بگیرید. چکش را بردارید و نقشه ی آن را به بلوک های ساده تری خرد کنید!

نه! شوخی کردم. برای این کار احتیاجی به چکش نیست. اول از همه، این، یک سیستم استریو یا دو کانالی است یعنی در شماتیک آن از دو بلوک مشابه راست و چپ استفاده شده است. لذا با صرف نظر کردن از یکی از طرفین، شماتیک را خلوت کرده و از شر یک قسمت خلاص می شویم. اکنون شماتیک، نصف اندازه اولیه شده است. حالا فکر کنید فقط می خواهیم قسمت تقویت کننده ی قدرت را مورد بررسی قرار دهیم. همه چیز حتی ولوم کنترل کننده، به قسمت پیش تقویت کننده مربوط می شوند، لذا آن ها را کنار بگذارید. حالا مدار کوچکتر شده است. اگر در این فکر هستید که چطور باید بفهمید که از چه چیزهایی باید صرف نظر کنید، باید بگویم که این قضیه فقط به صورت تجربی کسب می شود ولی به هر حال از طریقی که من توضیح می دهم هم می توانید در پیشرفت کارتان سود بجوید. دوباره به سراغ سیستم صوتی استریوی شما و تقویت کننده ی قدرت آن می رویم. در آن قسمت از طبقات مختلفی استفاده می شود و آخرین طبقه به بلندگو متصل می گردد. هر طبقه، دامنه سیگنال را قدرتی تقویت کرده و آن را تحویل طبقه بعدی می دهد. ولی دوباره و با کمی دقت می توان فهمید که عملکرد اصلی هر قسمت، فقط تقویت کنندگی است. اگر مدار مورد نظر بر مبنای تقویت کننده های عملیاتی طراحی گردیده باشد، در روی مدار، تعدادی آی سی را مشاهده خواهید کرد که زنجیره وار به هم متصل گردیده اند.

اگر روی یکی از این آی سی ها دقیق شوید به آرایش خاص آن پی خواهید برد. پناه بر خدا! به تدریج و گام به گام که جلوتر بروید خواهید دید که یک تعداد قطعات خاص و آشنا، در مدارات مشابه تکرار می شوند و شما آرام آرام با آن ها خو می گیرید.

۲ شناسایی و آگاهی از طریق ادراک

در این کتاب من سعی کرده ام با اعمال این فلسفه که بهترین راه یادگیری، تشریح چگونگی عملکرد قطعات از طریق آزمایشها و پروژه های مداری می باشد، مطالب را به خواننده القاء نمایم. مثال مورد علاقه ی من که چگونه این روش تدریس به انجام می رسد، در تشریح این مسئله است

که ترمینال ورودی و مثبت یک تقویت کننده عملیاتی ac همیشه به ولتاژی که مساوی نصف ولتاژ تغذیه مدار است، متصل می گردد. این آموزه ممکن است کمی با لفظ و قلم همراه باشد ولی به کار بستن آن بسیار سهل و ساده است. در صورتی که ولتاژ تغذیه ی مدار ۹ ولت باشد، که در مورد کلیه مدارات این کتاب، چنین است، در این صورت نصف آن $4\frac{1}{2}$ ولت خواهد بود. در واقع ما اصلاً نیازی به دانستن ولتاژ واقعی تغذیه مدار نداریم، تنها کاری که باید انجام دهیم آن است که ولتاژ تغذیه را به دو قسمت تقسیم کنیم. برای این کار کافی است دو مقاومت هم اندازه را به دو سر ولتاژ تغذیه یعنی ترمینال های مثبت و زمین متصل سازیم. برای مثال، ولتاژ تغذیه را ۹ ولت در نظر گرفته و دو مقاومت سری ۱۰۰ کیلو اهمی را به دو سر این ولتاژ متصل سازید. مالتی متر خود را روی گستره ی ولتاژ dc قرار داده و ولتاژ محل پیوند این دو مقاومت و زمین را اندازه بگیرید. بدیهی است که ولتاژ قرائت شده، نصف ولتاژ تغذیه خواهد بود.

به ندرت ممکن است به یک مدار تقویت کننده ی صوتی ac بر بخورید و ترمینال ورودی مثبت آی سی به چیزی غیر از محل پیوند همین دو مقاومت متصل شده باشد. برای اینکه این موضوع برای همیشه در ذهن تان باقی بماند کافی است بدانید که این ترمینال، به ولتاژ بایاس شده مشخصی نیاز دارد. دلیل اینکه چرا چنین حالتی لازم است موضوع دیگری بوده و تأثیری در درک طراحی مدار ندارد. اگر این مثال را به خاطر بسپارید، در آینده خواهید دید که در همه ی چنین مداراتی (یعنی تقویت کننده های صوتی ac)، بدون استثنا، چنین اتصالاتی وجود دارند.

اینجاست که یک دفعه متوجه می شوید که علم بدیهی را فرا گرفته اید. اکنون یک مجله ی الکترونیکی را باز کرده و در آن به دنبال یک تقویت کننده ی عملیاتی ac بگردید و پس از یافتن آن، به سراغ شبکه بایاس کننده ولتاژ تغذیه ی آی سی بروید. با وجودی که ممکن است در ترسیم این شبکه تغییرات جزئی وجود داشته و یا آن را پیچ در پیچ طراحی کرده باشند ولی من تضمین می کنم که مطمئناً شبکه ی مورد نظر در آنجا وجود داشته و فقط ممکن است شکل ظاهری آن قدری عوض شده باشد. گاهی اوقات علت این وضعیت از آن ناشی می شود که شخصی که مدار را طراحی کرده الزاماً یک فرد متخصص در رشته الکترونیک نبوده و حرفه اصلی اش چیز دیگری می باشد.

به نظرم مقدمه گویی کافی است چون احساس می کنم شما بی صبرانه ثانیه شماری می کنید که وارد مقوله اصلی شده و راهی قسمت ساخت پروژه ها شوید. و در نهایت بد نیست اشاره کنم که اگر با اصول مقدماتی الکترونیک آشنا هستید می توانید مستقیماً به سراغ مدارهای فصل دوم رفته و ساخت آن ها را آغاز کنید!