



کاربرد الکترونیک در شیمی

(رشته شیمی)

دکتر سهراب ارشاد

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک‌درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و کمک‌درسی (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست مطالب

۱	فصل اول: نقش الکترونیک در شیمی
۲	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ تاریخچه الکترونیک در شیمی
۳	۳-۱ پیشگامان ایرانی در الکترونیک
۴	۴-۱ الکترونیک رقمی
۴	۵-۱ علامت‌های رقمی و قیاسی
۵	۶-۱ اجزاء تشکیل دهنده
۷	۷-۱ تقویت کننده‌های عملیاتی
۹	۸-۱ نوفه
۱۰	۹-۱ تعدیل و تلفیق
۱۲	۱۰-۱ صافی‌های جریان متناوب
۱۴	۱۱-۱ روابط فازی
۱۶	۱۲-۱ ریزپردازشگرها
۱۷	۱۳-۱ کمیت‌های الکتریکی
۲۱	فصل دوم: مقدمه‌ای بر مدارهای الکترونیک
۲۱	۱-۲ مدار الکترونیکی و اجزاء آن
۲۲	۲-۲ نیمه‌هادی‌ها
۲۳	۳-۲ دیودها
۲۵	۴-۲ ترانزیستورهای دو قطبی
۳۰	۵-۲ ترانزیستورهای اثر میدان (FET)
۳۳	۶-۲ منابع تغذیه در مدارهای الکترونیک
۳۵	۷-۲ تنظیم و اندازه‌گیری ولتاژ
۳۷	۸-۲ تنظیم و اندازه‌گیری شدت جریان
۳۸	۹-۲ متشکرکننده دنباله‌رو

۴۱	فصل سوم: علامت‌های قیاسی و رقمی
۴۲	۱-۳ رایانه‌های قیاسی
۴۴	۲-۳ الکترونیک رقمی
۴۵	۳-۳ شمارشگرهای الکترونیکی و شمارشی
۴۵	۱-۳-۳ سیستم اعداد دودویی
۴۵	۲-۳-۳ تبدیل اعداد دودویی و اعشاری
۴۷	۴-۳ اعمال ریاضی در سیستم دودویی
۴۸	۵-۳ شمارشگرها
۴۸	۶-۳ شکل دهنده‌های علامت
۴۹	۱-۶-۳ شمارشگر دودویی
۵۲	۲-۶-۳ شمارش اعشاری
۵۳	۷-۳ نوسان‌کننده
۵۶	۸-۳ سیستم‌های تصحیح‌کننده
۵۶	۹-۳ رسم‌کننده‌های خودکار
۶۱	فصل چهارم: تقویت‌کننده‌های عملیاتی
۶۱	۱-۴ تقویت‌کننده‌های جریان مستقیم
۶۳	۲-۴ تقویت‌کننده‌های عملیاتی
۶۸	۳-۴ خطا در تقویت‌کننده‌های عملیاتی
۶۹	۴-۴ کاربرد تبدیلی تقویت‌کننده‌های عملیاتی
۷۲	۵-۴ فوتوسل
۷۴	۶-۴ کاربردهای دیگر تقویت‌کننده‌های عملیاتی
۷۷	فصل پنجم: نوفه و روش‌های افزایش علامت به نوفه
۷۷	۱-۵ نوفه
۷۸	۲-۵ نسبت علامت به نوفه
۸۰	۳-۵ منابع نوفه دستگاهی
۸۰	۱-۳-۵ نوفه جانسون
۸۱	۲-۳-۵ نوفه شلیک
۸۲	۳-۳-۵ نوفه رانشی
۸۲	۴-۳-۵ نوفه محیطی
۸۴	۴-۵ افزایش نسبت علامت به نوفه
۸۴	۱-۴-۵ روش‌های سخت افزاری جهت کاهش نوفه
۹۱	۵-۵ روش‌های نرم افزاری
۹۵	فصل ششم: رایانه‌ها در شیمی
۹۵	۱-۶ مقدمه
۹۶	۲-۶ انواع رایانه‌ها

۹۷	۳-۶ ساختمان یک رایانه
۹۹	۴-۶ اتصال رایانه
۱۰۱	۵-۶ برنامه ریزی رایانه
۱۰۳	۶-۶ به کار بردن رایانه ها
۱۰۳	۱-۶-۶ کاربرد غیرفعال رایانه ها
۱۰۴	۲-۶-۶ کاربرد فعال رایانه ها
۱۰۷	فصل هفتم: پرسش های مدارها
۱۰۷	۱-۷ پرسش های مدارها
۱۱۳	منابع

پیشگفتار

پیشرفت روزافزون علوم و فناوری و تأثیر شگرف آن‌ها در همه شئون زندگی، بدون توسعه و تکامل الکترونیک امکان‌پذیر نبوده است. امروزه دستیابی انسان به کرات آسمانی، سفر به اعماق کهکشان‌ها و پرده برداشتن از رازهای دیرینه در زمینه حیات موجودات، نجوم، روانشناسی و... و نیز پیشرفت فناوری در زمینه تولید انبوه و خودکار فرآورده‌ها، کنترل از راه دور و موارد بی‌شمار دیگر، با استفاده از الکترونیک امکان‌پذیر گردیده تا آنجا که عصر حاضر «عصر الکترونیک» نامیده شده است.

بی‌شک علم شیمی نیز از این تأثیرپذیری جدا نبوده و آگاهی از توانایی‌های الکترونیک و ارتباط تنگاتنگ آن در شیمی به‌ویژه در تجزیه اهمیت یادگیری مقدمات آن را دو چندان می‌کند.

کتاب حاضر در نظر دارد تا بخشی از مفاهیم و کاربردهای علم الکترونیک و کاربردهای آن‌ها را در شیمی برای دانشجویان بیان کند و شاید به‌عنوان اولین منبع فارسی در این درس باشد که گردآوری شده است.

در تألیف کتاب سعی شده از واژه‌های متعارف و تا حد امکان آشنا برای دانشجویان رشته شیمی استفاده شود و برای بعضی از واژه‌ها نیز معادل‌های جدیدی ارائه شده است. در فصل آخر، نمونه‌ای از مسائل مدارهای الکترونیکی آورده شده است تا دانشجویان رشته شیمی را به تفکر و کار بیشتر در این زمینه وادارد. جواب مسائل به‌صورت دفترچه‌ای ضمیمه متن اصلی ارائه می‌شود.

امید است استادان، صاحب نظران، دانشجویان و خوانندگان گرامی، پس از مطالعه کتاب، از یادآوری لغزش‌ها و اشتباهات و ارائه هرگونه نظر اصلاحی، که مسلماً در چاپ‌های بعدی مفید و راهنما خواهد بود، دریغ نورزند.

در پایان لازم می‌دانم مراتب قدردانی و سپاس خود را از مدیر کل فعال و توانمند دفتر تدوین آقای دکتر صادقی و خانم خواجه‌پور کارشناس محترم تدوین به خاطر علاقه‌مندی و کوشش بی‌دریغ در فراهم آوردن امکانات چاپ کتاب ابراز دارم. از سرکار خانم دکتر مظفری ویراستار توانمند و راهنمای علمی اثر و حروف چین با ذوق سرکار خانم زهرا علی‌پور نهایت تقدیر و تشکر را دارم و همچنین از دانشجویان رشته شیمی کاربردی دانشگاه پیام‌نور مرند که در ترجمه و جمع‌آوری بخش‌هایی از کتاب تلاش کرده‌اند تشکر می‌نمایم.

دکتر سهراب ارشاد

استادیار شیمی تجزیه

دانشگاه پیام نور مرکز مرند

فصل اول

نقش الکترونیک در شیمی

هدف کلی

در این فصل، دانشجو با تاریخچه الکترونیک در شیمی، الکترونیک قیاسی و رقمی، مدارهای الکترونیکی و اجزای آن، تقویت‌کننده‌های عملیاتی، نوفه، تعدیل و تلفیق علامت و در نهایت روابط فازی و ریزپردازشگرها آشنا می‌شود که به‌عنوان مقدمات کلی برای یادگیری سایر فصول نیاز است.

هدف‌های رفتاری

- پس از پایان این فصل دانشجو باید توانایی‌های زیر را کسب کرده باشد:
۱. سیر تاریخچه الکترونیک در شیمی را بداند.
 ۲. انواع علامت شیمیایی را یاد گرفته و مزایای آن‌ها را توضیح دهد.
 ۳. اجزاء تشکیل‌دهنده یک مدار الکترونیکی را بیان کند.
 ۴. تقویت‌کننده عملیاتی را ترسیم و شیوه کارکرد آن را توضیح دهد.
 ۵. نوفه را تعریف نموده و انواع آن را به اختصار بیان نماید.
 ۶. مفهوم تعدیل و تلفیق و صافی را شرح دهد.

۱-۱ مقدمه

تعداد زیادی از روش‌های دستگاهی در شیمی نوین نیاز به مدارهای الکترونیکی دارند

که حتی در ساده‌ترین حالت بر ضرورت کاربرد الکترونیک تأکید می‌کنند. بنابراین، فهم دستگاه‌های تجزیه‌ای، محدودیت‌های آن‌ها و این که چه اشکالاتی ممکن است در حین کار آن‌ها به وجود آید، داشتن اطلاعات عمومی از الکترونیک را ضروری می‌سازد. در مباحث این کتاب کاربرد و نقش الکترونیک در شیمی مطرح شده ولی بسط روابط ریاضی مربوط به آن‌ها ارایه نشده است. بحث کامل آن‌ها را می‌توان در کتاب‌های متعددی یافت.

۱-۲ تاریخچه الکترونیک در شیمی

علم الکترونیک در سال‌های ۱۹۳۰ با اختراع الکتروود شیشه‌ای جهت اندازه‌گیری pH برای شیمیدان‌ها اهمیت یافت که در نتیجه توسعه و تولید یک pH متر الکترونیکی ضرورت یافت. در ادامه با ابداع دستگاه‌های دیگر الکترونیکی، به خصوص طیف‌سنج که جایگزین مشاهده پر زحمت و اغلب غیردقیق طیف‌های جذبی روی فیلم‌های عکاسی گردید، بر ضرورت کاربرد الکترونیک تأکید شد.

در سال‌های بعد از ۱۹۶۰ انقلاب دیگری به وقوع پیوست. در طرح‌های جدید دستگاه‌های آزمایشگاهی، ترانزیستور جانشین لامپ خلأ گردید. ابتدا، ترانزیستوری کردن شامل جایگزین کردن لامپ‌های خلأ با ترانزیستور یا حداقل تغییرات مداری نظیر ترجمه لفظی از یک زبان به زبان دیگر بود. اخیراً با درک بیشتر امکانات ترانزیستور، مدارهای جدیدی جهت تامین نیازهای موجود طرح ریزی شده است. امروزه مهندسين دستگاه‌های الکترونیکی غیر از موارد بسیار خاص به ندرت لامپ خلأ را مورد استفاده قرار می‌دهند. در سال‌های اخیر انقلاب الکترونیکی دیگری در حال توسعه است که در آن ترانزیستورهای مجزا و اجزاء همراه آن توسط مدارهای مجتمع و چاپی (IC)^۱ جانشین می‌گردند. هر IC ممکن است دارای چندین ترانزیستور به همراه خازن‌ها و مقاومت‌ها باشد که همگی بر روی یک قطعه کوچک از سیلیسیم خیلی خالص قرار گرفته‌اند. در این کتاب از لامپ‌های خلأ ذکری نخواهد شد و اگر اطلاعاتی در

خصوص لامپ‌های خلأ و کاربرد آن‌ها مورد نیاز باشد خواننده می‌تواند به کتاب‌های الکترونیک عمومی مراجعه نماید.

۱-۳ پیشگامان ایرانی در الکترونیک

یکی از پیشگامان علم الکترونیک در دنیا دانشمند ایرانی پروفسوز لطفی زاده بوده، که در جهان به پروفسور زاده مشهور است وی استاد دانشگاه کالیفرنیا در برکلی بوده که در سال ۱۹۹۱ بازنشسته شد. تحقیقات وی با تئوری سیستم‌ها و تجزیه و تحلیل تئوری تصمیمات آغاز و بعنوان کاشف و مبتکر منطق فازی در دنیا مطرح گردید وی با استفاده از منطق فازی توانست وسایل، تجهیزات و سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی به ارزش میلیاردها دلار به روش برساند و در زمینه کاربردهای این تئوری در هوش مصنوعی، زبان شناسی، منطق، تئوری تصمیمات تئوری کنترل سیستم‌های خبره و شبکه اعصاب به تحقیقات پرداخت وی مدال‌ها و دکترای افتخاری فراوانی کسب نموده و عضو هیأت تحریریه خیلی از نشریات معتبر الکترونیک دنیا می‌باشد.

دیگر دانشمند ایرانی سرآمد در الکترونیک علی حاجی میری استاد مهندسی برق در موسسه فن آوری کالیفرنیا است که در سال ۲۰۰۲ برای اولین بار موفق به ساخت یک تراشه الکترونیک یکپارچه شد که از قابلیت خود ترمیمی برخوردار است او و دانشجویانش در سال ۲۰۰۴ اولین رادار روی تراشه جهان را با فن آوری سیلیکون ابداع کردند او در ۳۲ سالگی بعنوان یکی از ۳۵ نوآور برتر زیر ۳۵ سال جهان انتخاب شد.

حاجی میری اظهار کرد اولین بار که این سیستم خود را ترمیم کرد، بسیار جالب بود. به نظر می‌رسد که گام بعدی در تکامل مدارهای یکپارچه را مشاهده می‌کردیم. ما نیمی از آمپلی فایر را منفجر کرده و بسیاری از قطعات آن از جمله یک ترانزیستور را تبخیر کردیم و این سیستم توانست خود را تا نزدیکی عملکرد ایده آل خود ترمیم کند. ورود این سیستم ایمنی الکترونیکی در تراشه‌های مدار یکپارچه می‌تواند جهانی از امکانات را به روی انسان باز کند.

علی‌اکبر جلالی، دیگر دانشمند برتر ایرانی در زمینه الکترونیک فوق دکترای مهندسی برق در رشته کنترل، و عضو هیأت علمی دانشگاه، علم صنعت ایران و استاد

پاره وقت دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه ویرجینیای غربی است وی موسس نخستین روستای الکترونیکی جهان بوده، طراحی شهر الکترونیک کیش و طراح اولین مرکز جامع خدمات کاربردی اینترنت در ایران است.

۴-۱ الکترونیک رقمی^۱

در طول ۲۰ تا ۲۵ سال اخیر، بسیاری از دستگاه‌های قیاسی^۲ در شیمی کامل شده یا با طرح‌های رقمی جایگزین شده‌اند که در آن‌ها مدارها توسط ترانزیستورهایی که کاملاً رسانا یا نارسانا هستند، تکمیل شده‌اند. مدارهای رقمی در مقابل قیاسی چندین مزیت دارند یکی از مهم‌ترین مزیت‌ها، تأثیرپذیری کم از نوفه‌های محیطی، مانند جریان‌های ۶۰Hz که ناشی از القای خطوط انتقال نیروی ۱۱۰ولتی است. به علاوه، عموماً مدارهای رقمی پایدارترند و کمتر از نوفه لرزشی متأثر می‌شوند. مزیت دیگر علامت‌های^۳ رقمی آن است که امکان انتقال آن‌ها در مسافت‌های طولانی بوده و برای پردازش‌های بعدی می‌توانند ذخیره شوند. برای مثال، عکس‌های ماهواره‌ای از زحل، به شکل رقمی به زمین رسیده، ذخیره شده و در نهایت نتایج به شکل اطلاعاتی قیاسی می‌توانند چاپ گردند. مهم‌ترین ویژگی اطلاعات و دستگاه‌های رقمی این است که آن‌ها با رایانه‌ها سازگارند و می‌توان از توان دستگاه‌های نیرومند کمک گرفت.

۵-۱ علامت‌های رقمی و قیاسی

علامت‌های شیمیایی بر دو نوعند: پیوسته یا قیاسی و گسسته. علامت‌های پیوسته یا قیاسی بسیار رایج هستند که به‌طور پیوسته تغییر می‌کنند و می‌توانند هر مقداری در یک محدوده وسیع را داشته باشد. یک مثال pH محلول آبی است که می‌تواند هر مقداری از بین تقریباً ۱- تا ۱۵ را داشته باشند. پتانسیل یک الکتروود شیشه‌ای که در یک محلول آبی فرو برده شده به تغییرات pH به‌طور پیوسته پاسخ می‌دهد و بنابراین مثالی از یک علامت الکتریکی قیاسی است. یک مثال واضح از علامت شیمیایی تابش گسسته ناشی

1 Digital
2. Analog
3. Signals

از مواد رادیو اکتیو است. در اینجا، علامت شامل یک سری تپ‌های^۱ انرژی است که می‌تواند به تپ‌های الکتریکی تبدیل و شمرده شود. نتیجه اطلاعات که می‌تواند به صورت عددی صحیح یا کامل بیان شود، معمولاً اطلاعات رقمی نامیده می‌شود. دانستن این که آیا اطلاعات قیاسی است یا رقمی مهم بوده و به طرز مشاهده آن بستگی دارد. برای مثال در طیف اتمی نوری تابش‌های زرد با حرارت دادن اتم‌های سدیم به وجود می‌آیند که در یک طیف‌سنج شعله‌ای، با آشکارساز حساس به نور اندازه‌گیری می‌شوند. انرژی تابشی به جریان الکتریکی قیاسی تبدیل می‌شود که می‌تواند به طور پیوسته در یک محدوده تغییر کند و تابش قابل اندازه‌گیری شود. بنابراین بسته‌های انرژی که فوتون نامیده می‌شوند و هر کدام ناشی از یک رخداد اتمی خاص هستند، منتشر و اندازه‌گیری می‌شوند.

زمان پاسخ آشکارساز بسیار کند است به طوری که فوتون‌های مجزا نمی‌توانند شمارش شوند و فقط میانگین جواب در یک فاصله زمانی داده شده اندازه‌گیری می‌شود. با وجود این طراحی آشکارساز در شدت تابش کم به طور مناسب می‌تواند به فوتون‌های مستقل پاسخ دهد و علامت‌های رقمی تولید کند که در آن یک سری از تپ‌های الکتریکی شمارش شوند.

۱-۶ اجزاء تشکیل دهنده

اجزاء تشکیل دهنده مدار الکتریکی به دو دسته غیرفعال^۲ و فعال^۳ تقسیم می‌شوند. اجزاء غیرفعال نمی‌توانند سطح قدرت یک علامت را افزایش دهند. این اجزاء عبارتند از: مقاومت‌ها^۴، خازن‌ها^۵، القاکننده‌ها^۶ و دیودها^۷. مبدل‌ها^۸. مبدل‌ها القاکننده‌های دوگانه‌ای هستند که می‌توانند سطوح پتانسیل و جریان علامت‌های ac را تغییر دهند ولی شدت جریانی که می‌تواند تولید شود همواره در جهت عکس پتانسیل تغییر نموده همان

1. Pulse
2. passive
3. Active
4. Resistors
5. Capacitors
6. Inductors
7. Diodes
8. transformers

قدرت اسمی را حفظ می‌کند. خازن‌ها و مبدل‌ها هر دو می‌توانند برای فراهم ساختن یک مسیر با امپدانس پایین برای علامت‌های ac به کار روند در صورتی که عایق بودن خود را برای علامت‌های dc حفظ می‌نمایند (از عبور جریان dc جلوگیری می‌کنند).

دیودها ابزارهای نیمه‌هادی و دو پایانه‌ای^۱ هستند که جریان را فقط در یک جهت از خود عبور می‌دهند. از آن‌ها به‌طور گسترده، به‌عنوان یک‌سوکننده^۲ استفاده می‌شود. دیودهای زنر^۳ از این جهت از سایر دیودها متفاوت‌اند که اعمال ولتاژی در خلاف جهت معمولی عبور جریان، موجب می‌شود که دیود باز از پتانسیلی معین‌هادی گردد. این امر در ایجاد یک پتانسیل ثابت به‌عنوان پتانسیل مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اجزاء فعال، آنهایی هستند که دارای استعداد افزایش قدرت یک علامت باشند (با این که آن‌ها همیشه برای این منظور به کار نروند). این اجزاء باید با یک منبع یا قدرت خارجی تغذیه شوند. اساسی‌ترین جزء فعال، ترانزیستور است که دارای شکل‌های گوناگون می‌باشد. ترانزیستور یک ابزار نیمه‌هادی سه پایانه^۴ است. این ابزار طوری ساخته شده که با اعمال یک علامت کوچک متغیر به یکی از پایانه‌های آن می‌توان عبور جریان قابل ملاحظه‌ای را بین دو پایانه دیگر کنترل نمود. ترانزیستور معمولی یا دوقطبی^۵ دارای امپدانس ورودی نسبتاً پایین است و این بدین معنی است که ترانزیستور شدت جریان قابل توجهی را از منبع علامت خواهد کشید. از این رو، ترانزیستور معمولی را نمی‌توان در مواردی که منبع علامت، خود دارای امپدانس بالاست به کار برد. با این حال ترانزیستور یک ابزار ارزان قیمت و محکم است و به خوبی در موارد زیادی به کار می‌رود. ترانزیستورهای با اثرمیدانی (FET's) دارای امپدانس ورودی بسیار بالا می‌باشند.

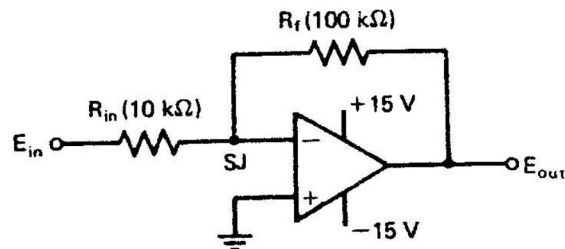
طراحان دستگاه‌های امروزی، درموارد بسیار نادر از ترانزیستور به‌عنوان یک جزء مجزا استفاده می‌کنند. آن‌ها، بیشتر مدارهای مجتمع (IC) را به کار می‌برند. هر مدار

1. Two - terminal
2. Rectifier
3. Zener
4. Three – terminal
5. Bipolar

مجتمع حاوی ده‌ها تا چندین هزار ترانزیستور است که بر روی قطعه واحد و نازکی از سیلیسیم بنام چیپ^۱ ساخته شده است.

۷-۱ تقویت‌کننده‌های عملیاتی^۲

تقویت‌کننده‌های عملیاتی (که غالباً به نام "op amp" نامیده می‌شوند)، یکی از متنوع‌ترین مدارهای مجتمعی هستند که در دسترس طراحان الکترونیک قرار دارند. این تقویت‌کننده‌ها، ابزارهای چند ترانزیستوری می‌باشند که دارای دو ورودی و یک خروجی بوده و معمولاً به یک منبع تغذیه دوگانه^۳ ± 15 ولت مستقیم نیاز دارند. شکل ۱-۱، علامت قراردادی مثلی شکل برای یک تقویت‌کننده عملیاتی و یک مدار اساسی را نشان می‌دهد. در این تصویر، تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان جزء مرکزی مدار به کار رفته است. این مدار تقویت‌کننده یک علامت را با یک ضریب از قبل انتخاب شده تقویت می‌کند که در اینجا، این ضریب دقیقاً برابر با ۱۰ است.



شکل ۱-۱ یک تقویت‌کننده عملیاتی (op - amp)، مدار شناخته شده به‌عنوان یک معکوس‌کننده^۴، تقویت‌کننده عملیاتی، به تنهایی به‌صورت مثلی نشان داده شده است. مقاومت‌های نشان شده باید به‌عنوان اجزاء بیرونی فراهم شوند. ارتباط با $+15$ و -15 ولت منبع تغذیه معمولاً از شکل حذف می‌شوند.

عملکرد اساسی یک تقویت‌کننده عملیاتی، فراهم ساختن آن چنان خروجی کافی است که جریان عبورکننده از مقاومت R_f ، مسیر بازخورد^۵ برنقطه مشخص شده "SJ" فشار

1. Chip
2. Operational amplifier
3. Dual supply
4. Inverter
5. Feedback path

آورد تا پتانسیلی برابر با زمین (یعنی صفر ولت) به خود بگیرد. این امر توسط عملکرد اساسی تقویت‌کننده عملیاتی به وجود می‌آید. این عملکرد شامل حفظ فعالانه دو ورودی خود (مشخص شده با + و -) در پتانسیل یکسان با تقویت چند میلیونیوم است. در مدار نشان داده شده، ورودی "+" به زمین وصل شده و پتانسیل در SJ نیز، با زمین برابر خواهد بود حتی اگرچه مستقیماً به آن وصل نشده است. چنین وضعیتی به عنوان "زمین مجازی"^۱ شناخته می‌شود.

این امر نتیجه‌گیری مهمی درباره مدار ورودی ممکن می‌سازد. به موجب قانون اهم، پتانسیل اعمال شده بین دو سر یک مقاومت جریانی برابر با نسبت E/R درون آن به وجود می‌آورد. در این مدار، یک سر مقاومت R_{in} در پتانسیل برابر با E_{in} ولت قرار دارد، در صورتی که سر دیگر این مقاومت به زمین (مجازی) وصل شده است. بنابراین جریانی باید از درون آن بگذرد. این جریان عملاً به کجا می‌رود؟ امپدانس ورودی بالای تقویت‌کننده (ده‌ها یا صدها مگا اهم) مانع از ورود جریان در مثلث می‌گردد. از این رو تنها محلی که جریان می‌تواند به آن برود، از طریق مقاومت پس‌خور، R_f به طرف خروجی تقویت‌کننده (رأس مثلث) است. طبیعت تقویت‌کننده طوری است که جریان می‌تواند آزادانه و بدون تأثیر چشمگیر بر ولتاژ خروجی از آن عبور کند.

این موضوع، با در نظر گرفتن مقادیر ویژه داده شده در شکل، روشن خواهد شد. فرض می‌کنیم که $E_{in} = 200\text{ mV}$ است. جریانی که از R_{in} می‌گذرد، بر اساس قانون اهم برابر است با:

$$\frac{0.2}{10^4} = 2 \times 10^{-5} \quad , \quad A = 20\text{ }\mu\text{A}$$

این جریان، با عبور از R_f افت پتانسیلی برابر با:

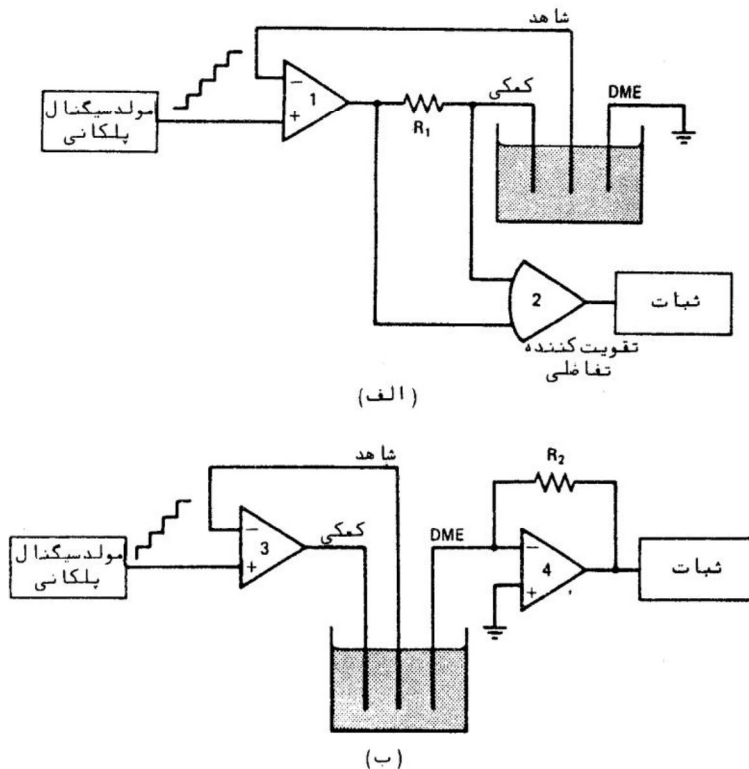
$$R_f I = (2 \times 10^{-5})(10^5) = 2/00\text{ V}$$

ایجاد خواهد کرد که دقیقاً ۱۰ برابر پتانسیل ورودی است. طبق قرارداد عبور جریان از نقطه‌ای با پتانسیل مثبت، به طرف منفی در نظر گرفته می‌شود.

۸-۱ نوفه^۱

نوفه را می‌توان به منزله یک علامت مزاحم تعریف نمود. نوفه الکتریکی همیشه تا یک حد در تمام مدارها وجود دارد و یکی از کوشش‌های بزرگ طراحان دستگاه‌ها افزایش نسبت علامت به نوفه (S/N) است، نوفه در یک مدار از دو جزء مشخص تشکیل می‌شود: در یکی از این دو جزء نوفه تابع خود فرکانس نیست ولی تابع فاصله فرکانس‌هایی که مشاهده می‌شود Δf است. نوع دیگر نوفه با توانی متناسب با نسبت $\Delta f/f$ است. نوع اول، مستقل از فرکانس بوده و به نام نوفه سفید^۲ شناخته می‌شود (بدلیل تشابه با نور سفید که دارای تمام فرکانس‌هاست) در صورتی که نوع دوم به نام نوفه $1/f$ نامیده می‌شود. قسمتی از نوفه سفید، از جنبش حرارتی تصادفی الکترون‌ها در اجزاء دارای مقاومت ناشی می‌شود. این نوع نوفه را می‌توان با استفاده از اجزاء با مقاومت پایین و یا با سرد کردن آن‌ها کاهش داد. نوفه نوع $1/f$ از عبور جریان از خلال برخی اجزاء و از آن جمله ترانزیستورها حاصل می‌شود. این نوع نوفه را می‌توان به‌طور جدی با تعدیل و تلفیق^۳ کردن علامت دلخواه، به گونه‌ای که به طرف فرکانس‌های بالاتر جابه‌جا شود، کاهش داد. علاوه بر نوفه‌هایی که از داخل دستگاه‌ها سرچشمه می‌گیرند، نوفه می‌تواند از منابع بیرونی نظیر خطوط انتقال نیرو و ایستگاه‌های پخش امواج رادیویی به وجود آید. همچنین نوفه ممکن است از ارتعاشات مکانیکی، که موجب تغییر ظرفیت بین اجزاء مدار می‌شود، حاصل گردد. نوفه‌های بیرونی (یا محیطی) را می‌توان به مقدار زیاد با محافظت^۴ دقیق تجهیزات و اتصال سیم زمین به آن‌ها و نیز با به کارگیری صافی‌های نوفه‌گیر در خطوط انتقال نیرو تا حد زیادی تقلیل داد. به‌عنوان مثالی برای کاهش نوفه بیرونی با استفاده دقیق از سیم زمین، به شکل ۱-۲ مراجعه شود.

1. Noise
2. White noise
3. Modulation
4. Shielding



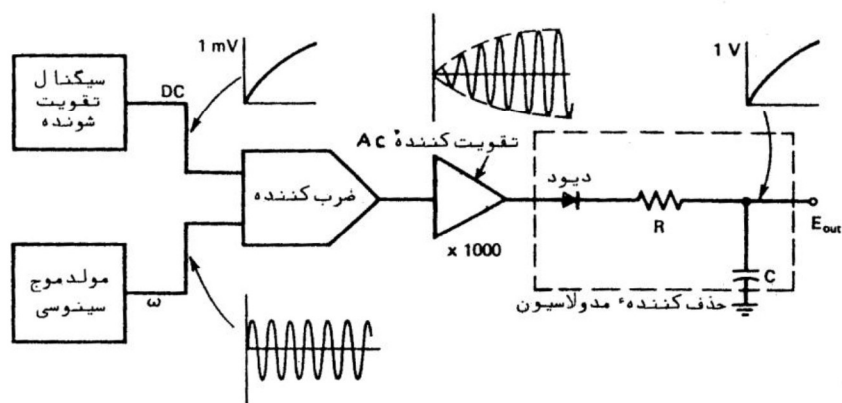
شکل ۱-۲ طرح‌های ساده شده دو مدار پلاروگرافی

این شکل دو نوع مدار برای تبدیل جریان به ولتاژ را نشان می‌دهد که در بحث مربوط به دستگاه‌های پلاروگرافی مورد توجه قرار می‌گیرند. در شکل (ب)، الکتروود قطره جیوه به نقطه "SI" یک تقویت‌کننده عملیاتی وصل شده است. در صورتی که در شکل (الف) این الکتروود به زمین متصل است. از نقطه نظر نوفه، الکتروود قطره جیوه با مخزن جیوه مرتفع خود آنتن مؤثری برای دریافت علامت‌های سرگردان به وجود می‌آورد. در مدار (ب)، نوفه دریافت شده در علامتی که به سوی ثبات می‌رود مشارکت می‌نماید در حالی که در مدار (الف) این نوفه به طرف زمین منحرف می‌شود.

۹-۱ تعدیل و تلفیق

به‌طوری که در بالا گفته شد، نسبت S/N را می‌توان با انتقال اطلاعات از فرکانسی پایین

یا dc به فرکانسی بالا، بهبود بخشید، چنین عملی به نام تعدیل و تلفیق یا مدولاسیون نامیده می‌شود که نمونه‌ای از آن در شکل ۳-۱ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱ یک سیستم تعدیل و تلفیق

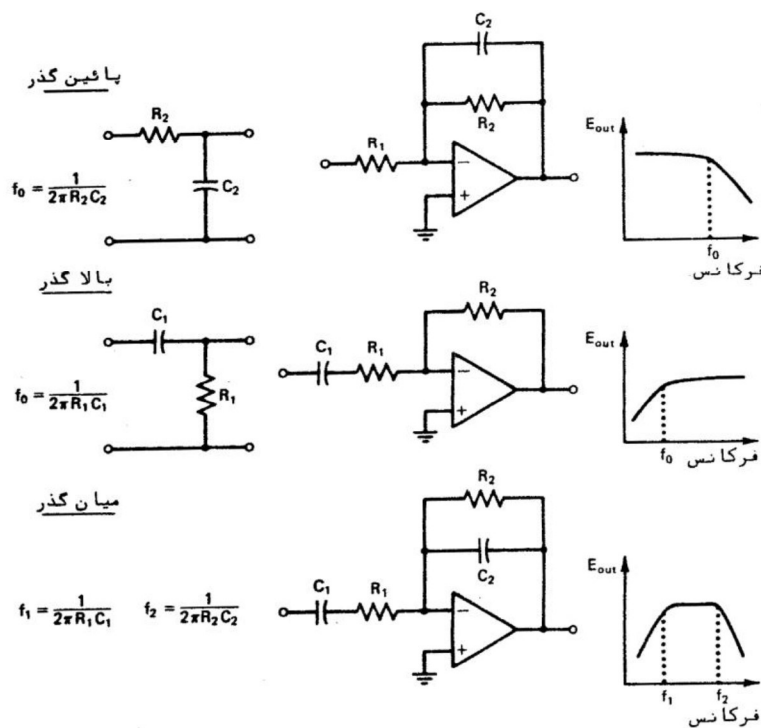
در این شکل، عمل تعدیل و تلفیق با استفاده از یک تکثیرکننده قیاسی^۱ انجام گرفته است، وسیلهٔ اخیر، مدار تجمعی است که دو علامت ورودی E و $A \sin \omega t$ را می‌پذیرد و یک علامت خروجی متشکل از حاصل ضرب آن دو، $(E, A \sin \omega t)$ را که یک موج سینوسی با دامنهٔ تعدیل و تلفیق شده است، تولید می‌نماید. علامتی که از تکثیرکننده خارج می‌شود، فرکانس ω (فرکانس حامل^۲) را با دامنه‌ای متناسب با علامت E ، حفظ می‌کند. علامت حامل تعدیل و تلفیق شده به داخل یک تقویت‌کنندهٔ تنظیم شده وارد می‌شود که به‌طور مؤثر آن را از نوفه جدا می‌نماید. علامت اصلی توسط حذف‌کنندهٔ تعدیل و تلفیق^۳ متشکل از یک دیود یکسوکننده و یک صافی پایین‌گذر RC، بازیابی می‌شود.

پلاروگرافی با جریان متناوب از این ویژگی‌های مربوط به حذف نوفه بهره می‌گیرد ولی وضعیت در این مورد بسیار پیچیده است زیرا الکتروشیمی در الکترودها نیز خود از تعدیل و تلفیق جریان متناوب تأثیرپذیر است.

1. Analog multiplier
2. Carrier frequency
3. Demodulator

۱-۱۰ صافی‌های جریان متناوب

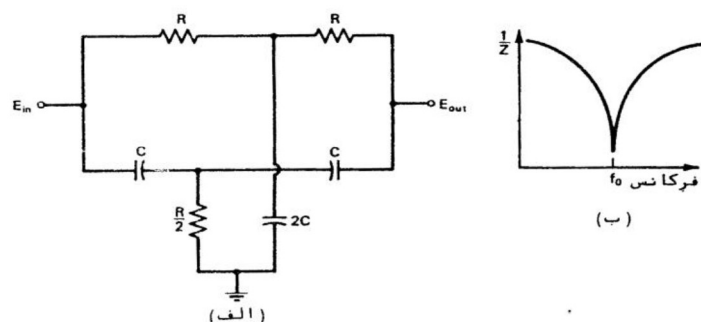
از آنجا که نوفه در سرتاسر تمام فرکانس‌ها گسترش می‌یابد و تنها لازم است که علامت مورد نظر به صورت نوار باریک، Δf ، باقی بماند از این رو حذف فرکانس‌های ناخواسته مفید است. این امر را می‌توان به کمک صافی‌ها انجام داد. سه نوع از صافی‌ها در شکل ۱-۴ نشان داده شده‌اند که عبارتند از صافی پایین‌گذر^۱، بالاگذر^۲ و میان‌گذر^۳. این صافی‌ها هرکدام به بخش مطلوبی از طیف فرکانس که اطلاعات در آن قرار دارد، تعلق می‌گیرند.



شکل ۱-۴ مدارهای متعلق به صافی‌های پایه در شکل‌های غیر فعال و فعال

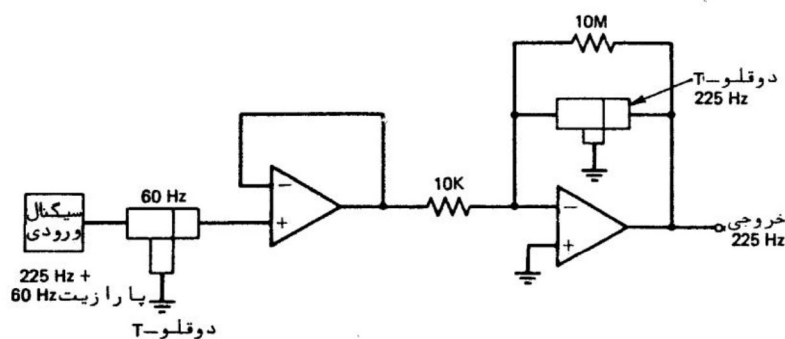
نوع دیگری از صافی که به نام "صافی T دوقلو"^۴ نامیده می‌شود. در شکل ۱-۵ نشان داده شده است.

1. Low - pass
2. High - pass
3. Band - pass
4. Twin - T filter



شکل ۱-۵ صافی حذف‌کننده T دوقلو

این شبکه دارای امپدانس ورودی بسیار بالا برای فرکانس مخصوص، f_0 ، است. این گونه صافی می‌تواند برای فرکانس برق شهر (۶۰ هرتز) به منظور تقلیل نوفه‌های آن تنظیم گردد. در حالت دیگر، این صافی را می‌توان در مسیر بازخورد یک تقویت‌کننده عملیاتی جای داد که نتیجه آن تقویت شدید فرکانس مرکزی و تضعیف فرکانس‌های بالاتر و پایین‌تر از آن می‌باشد. کاربرد آن‌ها در هر یک از این دو مورد، در شکل ۱-۶ نشان داده شده است، این شکل، نمودار کلی وسیله‌ای را که برای تقویت یک علامت ۲۲۵ هرتز ولی ممانعت از فرکانس ۶۰ هرتز به کار رفته است، نشان می‌دهد.



شکل ۱-۶ یک تقویت‌کننده تنظیم شده برای ۲۲۵ هرتز با مدار حذف‌کننده ۶۰ هرتز. مقاومت ۱۰ مگا اهم قرار گرفته به موازات صافی T دوقلوی ۲۲۵ هرتز، امپدانس بازخورد را در رزونانس، به منظور جلوگیری از اشباع تقویت‌کننده، محدود می‌سازد.