

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دعای پیش از مطالعه

اَللّٰهُمَّ اَخْرِجْنِيْ مِنْ ظُلُمَاتِ الْوَهْمِ وَاكْرِمْنِيْ بِنُوْرِ الْفَهْمِ
اَللّٰهُمَّ افْتَحْ عَلَيْنَا اَبْوَابَ رَحْمَتِكَ وَاَنْشُرْ عَلَيْنَا خَزَائِنَ عُلُوْمِكَ
بِرَحْمَتِكَ يَا اَرْحَمَ الرَّاحِمِيْنَ

پروردگارا، خارج کن مرا از تاریکی های فکر و گرامی بدار به نور فهم
پروردگارا، بگشای بر ما در های رحمت را و بگستران کنج های دانشت را به امید رحمت
تو ای مهربان ترین مهربانان

بیایید به حقوق دیگران احترام بگذاریم

دوست عزیز، این کتاب حاصل دسترنج چندین ساله ی مؤلف، مترجم و ناشر آن است. تکثیر و فروش آن به هر شکلی بدون اجازه از پدیدآورنده کاری غیراخلاقی، غیرقانونی، غیرشرعی و کسب درآمد از دسترنج دیگران است، نتیجه ی این عمل نادرست، موجب رواج بی اعتمادی در جامعه و بروز پی آمدهای ناگوار در زندگی و محیط ناسالم برای خود و فرزندانمان می گردد.



درسنامه الکترونیک

ویژه کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی پزشکی «بیوالکتریک»

تألیف و گردآوری:

امین ابوطالبی

سرشناسه

: ابوطالبی، امین، ۱۳۶۴ -

عنوان و نام پدیدآور

: AGK درسنامه الکترونیک: ویژه کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی پزشکی «بیوالکتریک» / تألیف و

گردآوری امین ابوطالبی

مشخصات نشر

: تهران: آناهید گستر خلیلی، ۱۴۰۴.

مشخصات ظاهری

: ۱۸۶ص: مصور، نمودار؛ ۲۲ × ۲۹ س.م.

شابک

: 978-622-4907-75-2

وضعیت فهرست نویسی

: فیپا

موضوع

: الکترونیک -- راهنمای آموزشی -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)

Electronics -- Study and teaching -- Examinations, questions, etc (Higher)

مهندسی پزشکی -- راهنمای آموزشی -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)

Biomedical engineering -- Study and teaching -- Examinations, questions, etc (Higher)

رده‌بندی کنگره

: TK۷۸۶۰

رده‌بندی دیویی

: ۶۲۱/۳۸۱۰۷۶

شماره کتابشناسی ملی

: ۹۹۰۱۳۷۱



انتشارات آناهید گستر خلیلی

نام: AGK درسنامه الکترونیک

(ویژه کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی پزشکی «بیوالکتریک»)

تألیف و گردآوری: امین ابوطالبی

ناشر: آناهید گستر خلیلی

نوبت و سال چاپ: اول. ۱۴۰۴

شمارگان: ۱۰۰۰

چاپ و صحافی: گیلان

مدیر تولید: امیرحسین خلیلی

مدیر فنی و هنری: مریم آرده

تایپ و صفحه‌آرایی: آرزو راضی

بهاء: ۳۵۰۰۰۰ تومان

آموزشگاه/فروشگاه: ۰۲۱۶۶۵۶۸۶۲۱

مرکز پخش: ضلع جنوب غربی میدان انقلاب . جنب بانک پارسیان . مجتمع تجاری پارس . طبقه اول

مدیر فروش: ۰۹۱۹۱۶۸۵۹۷۰ (ارتباط از طریق پیامک)

 agkpublisher@gmail.com

 www.agkins.com

طلیحه سخن مدیر تولید:

سپردن کار به اهلش نشانه‌ی خردمندی است.

برای تولید بسته‌های آموزشی تمام تلاش خود را به کار گرفته‌ایم تا محصولی شایسته را تقدیم شما عزیزان نماییم.

مجموعه‌ای که پیش روی شماست براساس معتبرترین و به‌روزترین منابع کنکور و به قلم مجرب‌ترین اساتید تألیف شده است و مطالعه آن موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه شما خواهد شد. ارائه بالاترین آمار قبولی در کنکور کارشناسی ارشد و دکتری در دهه اخیر بیان‌گر توانایی این مجموعه در راستای اهداف آموزشی خود می‌باشد. اینک با اتکا به تجربه‌ای ۱۷ ساله می‌توانیم ادعا کنیم که مجموعه حاضر، بی‌شک از جمله کامل‌ترین و به‌روزترین بسته‌های آموزشی موجود در عرصه کنکور می‌باشد.

❧ برخی از ویژگی‌های بسته‌های آموزشی:

- منطبق با معتبرترین و به‌روزترین منابع کنکور
- گردآوری و تألیف توسط مجرب‌ترین اساتید کنکور
- تدریس مطالب از سطح پایه تا پیشرفته به بیان ساده و روان
- انتقال بهتر مفاهیم با استفاده از شکل، جدول و نمودار
- تألیف مبتنی بر نحوه‌ی طراحی سوالات کنکور
- مطالعه یک منبع منسجم به جای مطالعه چندین منبع مختلف
- منبعی خودآموز و بدون نیاز به مدرس

اینک علاوه بر مطالعه بسته‌های آموزشی استفاده از خدمات و محصولات زیر را به عنوان ضمانتی برای قبولی به شما داوطلبان عزیز توصیه می‌کنم؛

❧ آزمون‌های آزمایشی: خوش بود گر محک تجربه آید به میان

داوطلب شجاع کیست؟ داوطلبی است که خود را مورد سنجش (خود را با خود) و ارزیابی (خود را با دیگران) قرار دهد تا پیش از کنکور به نقاط ضعف خود پی ببرد و آن‌ها را تقویت نماید. آزمون‌های آزمایشی دارای یک برنامه‌ریزی منسجم است و به شما اولتیماتوم می‌دهد. یعنی شما باید در یک زمان معین مطالب معینی را مطالعه نمایید.

آزمون‌های آزمایشی مجموعه دارای سوالات استاندارد، پاسخنامه تشریحی و کارنامه تحلیلی می‌باشد. صادقانه شرکت در آزمون‌های آزمایشی را به شما عزیزان توصیه می‌کنم.

❧ مشاوره تخصصی و برنامه‌ریزی: زیر نظر حرفه‌ای‌ها درس بخوانید ...

در صورتی که نمی‌توانید با توجه به زمان آزادتان برنامه‌ی مطالعاتی استاندارد را برای خود تدوین کنید حتماً از افراد متخصص کمک بخواهید. افرادی که تجربیات خود را صادقانه در اختیار شما قرار می‌دهند و برنامه‌ریزی مناسب با شرایط شما را انجام می‌دهند.

📖 کتاب تست:

کوچک‌ترین واحد یادگیری در کنکور، تست است. شما می‌توانید برای این‌که سطح یادگیری خود را پس از مطالعه بسنجید از کتاب‌های تست مجموعه (تست کنکور) و ماطراحان (تست‌های تألیفی) استفاده کنید. این کتاب‌ها به‌صورت موضوعی طبقه‌بندی شده‌اند و می‌توانند نحوه‌ی طرح سوالات کنکور و سطح آن‌ها را به‌صورت واضح به شما نشان دهند.

📖 درسنامه‌های نکات داغ و کتاب‌های الگوریتم مناسب‌ترین منابع برای دوران مرور و جمع‌بندی:

بیش‌تر داوطلبان حین مطالعه نگران خلاصه‌نویسی و مرور آموخته‌های خود هستند و برای خلاصه‌نویسی زمان زیادی را صرف می‌کنند. اینک به شما مژده می‌دهیم که این‌بار زمان به نفع شما در حال گذر است و دیگر با استفاده از درسنامه‌های نکات داغ و کتاب‌های الگوریتم نیاز به خلاصه‌نویسی ندارید.

شما می‌توانید نظرات، انتقادات و پیشنهادهای سازنده خود را در مورد بسته‌های آموزشی به شماره‌تلفن همراه ۰۹۱۹۱۶۸۵۹۷۰ فقط و فقط پیامک نمایید.

مشاور و مدیر تولید

امیرحسین خلیلی

طلیحه سخن مؤلف:

رشته‌ی نسبتاً نوپای مهندسی پزشکی که امروزه با سرعتی بسیار زیاد در حال فراگیر شدن است، نه فقط به دلیل عمر کم، بلکه علاوه بر آن به خاطر ماهیت بین رشته‌ای آن نیز دچار کم‌لطفی‌های بسیاری گشته و علیرغم تلاش‌های گوناگون متخصصان، استادان و دانشجویان آن، هنوز تا کسب جایگاه واقعی خود در دانشگاه، جامعه، صنعت و حوزه سلامت فاصله زیادی دارد.

درس «الکترونیک» یکی از دروس تخصصی دانشجویان مهندسی پزشکی محسوب می‌شود که از مجموعه دروس پایه رشته مهندسی برق می‌باشد. این درس پایه و اساس کلیه دروس مهندسی الکترونیک و مهندسی پزشکی بوده به‌طوری که می‌توان گفت این درس پایه و اساس طراحی کلیه مدارات و سیستم‌های الکترونیکی می‌باشد. از سوی دیگر این درس یکی از مواد امتحانی مهم مورد نیاز دانشجویان مهندسی پزشکی در آزمون‌های کارشناسی ارشد و دکتری محسوب می‌گردد و به همین خاطر ضرورت وجود منبعی مناسب و کامل برای این درس به خوبی محسوس است. کتاب پیش رو که برای پاسخ به همین ضرورت و نیاز ارائه گردیده است، حاصل تجربه‌ی تدریس نویسنده کتاب در دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی مختلف در رشته مهندسی برق و مهندسی پزشکی و آنالیز سؤالات آزمون‌های کارشناسی ارشد و دکتری در رشته‌های مختلف مهندسی برق، مهندسی کامپیوتر، مهندسی پزشکی و ... می‌باشد.

در تألیف این کتاب سعی شده با استفاده از جدیدترین و بروزترین روش‌ها، مباحث مربوطه توضیح داده شوند و در بیان مسائل آزمونی حداکثر ساده‌سازی و نکات مهم و کلیدی بیان شوند.

همچنین مطالب این کتاب به صورتی کامل و در عین حال خلاصه و مختصر و مفید جمع‌آوری و سعی شده است تا علاوه بر این که شامل کلیه سرفصل‌های یک درس دانشگاهی باشد، تمامی نکات مورد نیاز داوطلبان آزمون‌های کارشناسی ارشد دکتری را نیز پوشش دهد.

استقبال کم‌نظیر دانشجویان، استادان و علاقه‌مندان از کتاب‌های «الکترونیک» در طی این چند سال، همواره انگیزه بخش نگارنده این کتاب در تألیف کتابی جامع و کامل با بیانی ساده و مورد نیاز آزمون‌های تحصیلات تکمیلی بوده است.

البته ناگفته نماند که هیچ‌گاه چاپ این کتاب امکان‌پذیر نمی‌شد مگر با پیگیری مداوم و مستمر دست‌اندرکاران انتشارات آناهیدگستر خلیلی به ویژه جناب آقای دکتر احمد خلیلی، جناب آقای امیرحسین خلیلی و سرکار خانم مریم آرده که بی‌شک سزاوار ادای احترام خالصانه مؤلف کتاب الکترونیک هستند.

نگارنده کتاب دست تمامی منتقدان و صاحب نظران وادی بی‌انتهای مهندسی برق و بیوالکتریک را می‌فشارند و بی‌صبرانه مهبای شنیدن هرگونه نظر و پیشنهادی به منظور افزایش کیفیت این اثر ناقابل می‌باشد.

با تشکر

امین ابوطالبی

aminabutalebi@gmail.com

فصل اول: دیودها.....	۹
فصل دوم: ترانزیستورهای پیوندی دوقطبی (BJT)	۲۳
فصل سوم: ترانزیستورهای اثر میدانی (FETها)	۶۶
فصل چهارم: منابع جریان مستقل	۸۶
فصل پنجم: تقویت کننده‌های تفاضلی	۹۹
فصل ششم: تقویت کننده‌های با پس خورد منفی (فیدبک منفی)	۱۱۷
فصل هفتم: تقویت کننده‌های توان	۱۳۸
فصل هشتم: تقویت کننده‌های عملیاتی	۱۵۶
فصل نهم: تنظیم کننده‌های ولتاژ (رگولاتورهای ولتاژ)	۱۶۶
فصل دهم: پاسخ فرکانس پایین تقویت کننده‌ها	۱۷۵

۱-۱- مقدمه

تمام مدارهای الکترونیکی مجموعه‌ای از عناصر خطی و غیرخطی هستند که برحسب نوع فرایند مورد نظر، ترکیب‌های گوناگونی را به خود اختصاص می‌دهند. عناصر خطی شامل مقاومت‌ها، خازن‌ها و سلف‌ها هستند. عناصر غیرخطی شامل دیودها و انواع ترانزیستورها، انواع تریتورها و ... می‌باشد. همه‌ی عناصر غیرخطی از پیوندهای نیمه رسانا تشکیل می‌شوند.

۱-۲- پیوند pn

پیوند pn از نیمه هادی‌های نوع p و نوع n تشکیل شده است که به‌صورت یک مجموعه به‌کار گرفته می‌شوند. این پیوندها در حالت گرایش مستقیم (یعنی ولتاژ مثبت به p و ولتاژ منفی به n) و یا در حالت گرایش معکوس (یعنی ولتاژ مثبت به n و ولتاژ منفی به p) مورد استفاده قرار می‌گیرند. اصطلاح بایاس مستقیم و بایاس معکوس، رفتار اساسی دیودها و ترانزیستورهای دو قطبی و ترانزیستورهای اثر میدانی و تریتورها را توسط تغییر اندازه پهنای ناحیه تهی (Depletion Region) تعریف می‌کند. ماده نیمه رسانای نوع p از بلور سیلیسیمی است که با آلایند 3 ظرفیتی نظیر بور و ماده نیمه رسانای نوع n از بلور سیلیسیمی است که با آلایند 5 ظرفیتی نظیر فسفر ساخته می‌شوند. بلور سیلیسیم در هر سانتی‌متر مکعب تعداد 5×10^{22} اتم دارد. سیلیسیم ذاتی، شبکه منظمی دارد که در آن اتم‌ها با پیوند کووالانسی 4 ظرفیتی در محل خود قرار گرفته‌اند. در دمای معمولی برخی از پیوندها به سبب گرما شکسته شده و تعدادی الکترون آزاد می‌شود. هنگامی که یک پیوند شکسته شود، یک الکترون از اتم آزاد می‌شود و آن اتم دارای بار مثبتی برابر با بار الکترون خواهد شد. الکترون از اتم مجاور جذب این بار مثبت می‌شود، در این صورت حفره‌ای (بار مثبت) در اتم مجاور ایجاد می‌شود. این فرایند دمایی خود به خود تکرار می‌شود و در نتیجه حامل‌هایی با بار مثبت یا به عبارتی حفره‌هایی وجود دارند که در ساختار بلور سیلیسیم حرکت می‌کنند که می‌توان آن‌ها را برای هدایت جریان الکتریکی به‌کار برد. در بلور سیلیسیم ذاتی در دمای حوالی ۲۷ درجه سانتی‌گراد تقریباً $\frac{\text{حامل}}{\text{cm}^3} = 1.5 \times 10^{10}$ وجود دارد که به

آن n_i گفته می‌شود، به همین دلیل سیلیسیم یک عنصر نیمه رساناست.

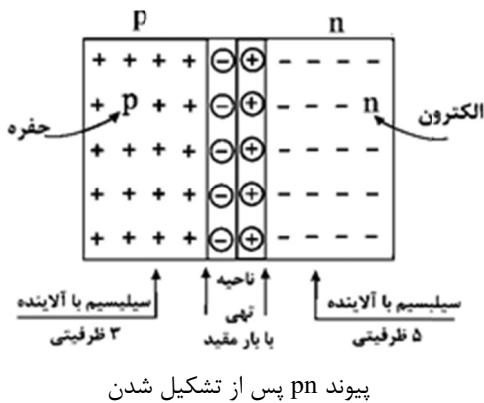
سیلیسیم نوع n	سیلیسیم نوع p
------------------	------------------

پیوند pn

در این صورت n_i حامل‌های ذاتی در بلور سیلیسیم است.

چگالی آلایند نوع n (ماده ۵ ظرفیتی)، $N_D \left(\frac{\text{اتم}}{\text{cm}^3} \right)$ و چگالی آلایند نوع p (ماده ۳ ظرفیتی)، $N_A \left(\frac{\text{اتم}}{\text{cm}^3} \right)$ نامیده می‌شود. به فرض اگر $N_D = 10^{16} \left(\frac{\text{اتم}}{\text{cm}^3} \right)$ و $N_A = 10^{15} \left(\frac{\text{اتم}}{\text{cm}^3} \right)$ باشد، دیده می‌شود که به ازای هر 5×10^6 اتم سیلیسیم، فقط یک اتم ۵ ظرفیتی در شبکه بلور و به ازای هر 5×10^7 اتم سیلیسیم، فقط یک اتم ۳ ظرفیتی در شبکه بلور وجود دارد؛ بنابراین هر اتم ۵ ظرفیتی مانند فسفر در بلور سیلیسیم یک الکترون اضافی ایجاد می‌کند که اتم‌دهنده نامیده می‌شود و به همین ترتیب یک اتم ۳ ظرفیتی مانند بور در بلور سیلیسیم یک حفره ایجاد می‌کند که اتم گیرنده نامیده می‌شود. قطعه‌ی سیلیسیم نوع n و نوع p از نظر الکتریکی خنثی است.

۱-۳- ناحیه تهی در پیوند pn



پیوند pn پس از تشکیل شدن

در شکل روبه‌رو یک پیوند pn نشان داده شده است:

در لحظه تشکیل پیوند الکترون‌هایی که در طول پیوند با سرعت به سمت ناحیه p پخش می‌شوند، با حفره‌های اکثریت موجود در ناحیه p ترکیب می‌شوند؛ در نتیجه بعضی از حفره‌های اکثریت از بین می‌روند و در نتیجه در ناحیه تماس در سمت p بارهای مفید منفی به جا می‌مانند. به همین ترتیب حفره‌هایی که در طول پیوند به سرعت به سمت ناحیه n پخش می‌شوند، با الکترون‌های اکثریت موجود در ناحیه n ترکیب می‌شوند و در ناحیه تماس در سمت n بارهای مفید مثبت به جا می‌مانند. به این ناحیه که دارای بارهای مفید است ناحیه تهی گفته می‌شود. ولتاژ درونی

پیوند در ناحیه تهی (دو سر پیوند) عبارت است از:

$$V_o = V_T \cdot \ln \left(\frac{N_A \cdot N_D}{n_i^2} \right)$$

که در این رابطه n_i چگالی حامل‌های ذاتی در سیلیسیم، N_D و N_A به ترتیب چگالی آلایندهای ۵ ظرفیتی و ۳ ظرفیتی است.

$$V_T = \frac{K}{q} T$$

ولتاژ معادل دمایی که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{در این رابطه } K \text{ ثابت بولتزمن و برابر } 1.38 \times 10^{-23} \left(\frac{\text{ژول}}{\text{کولین}} \right), q \text{ بار الکترون } 1.6 \times 10^{-19} \text{ کولن و } T \text{ دما}$$

برحسب کلون می‌باشد. $(237 + T^{\circ}\text{C}) \cdot V_T$ در دمای اتاق بین ۲۵ تا ۲۶ میلی‌ولت در نظر گرفته می‌شود.

اگر نفوذ ناحیه تهی در ناحیه p برابر W_1 و در ناحیه n برابر W_2 باشد، در این صورت خواهیم داشت:

$$W_1 \cdot N_A = W_2 \cdot N_D$$

کل بار در واحد سطح هر دو طرف مرز پیوند هم‌اندازه و دارای علامت مخالف هستند.

$$W_1 = \left[\frac{2\varepsilon(V_o)}{qN_A \left(1 + \frac{N_A}{N_D} \right)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$W_2 = \left[\frac{2\varepsilon(V_o)}{qN_D \left(1 + \frac{N_D}{N_A} \right)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

و عرض ناحیه تهی برابر مجموع W_1 و W_2 است:

$$W = W_1 + W_2$$

روابط بالا نشان می‌دهند که نفوذ ناحیه تهی در سمت نیمه هادی با چگالی آلایند کم‌تر، بیش‌تر است.

در این روابط ε ثابت دی‌الکتریک سیلیسیم و برابر $\frac{\text{فاراد}}{\text{سانتی‌متر}}$ 1.40×10^{-12} می‌باشد.

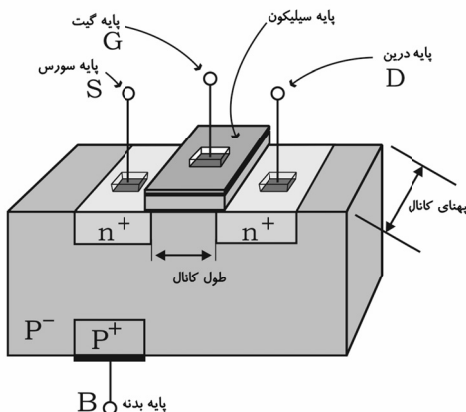
ترانزیستورهای اثر میدانی (FETها)

۳-۱- مقدمه

کنترل جریان در این نوع ترانزیستورها به واسطه اعمال میدان الکتریکی انجام می‌گیرد؛ بنابراین به نام ترانزیستورهای اثر میدانی شناخته می‌شوند. این نوع ترانزیستورها یا کانال n و یا کانال p هستند که جریان کنترل شده در آن‌ها با الکترون‌ها (در نوع N) و با حفره‌ها (در نوع P) است. در حالی که در ترانزیستورهای دوقطبی (BJT) کنترل جریان ناشی از مجموعه الکترون‌ها و حفره‌هاست. به همین سبب به ترانزیستورهای فت، ترانزیستور تک قطبی هم گفته می‌شود. ترانزیستورهای فت، گونه‌های مختلفی دارند.

۳-۲- ترانزیستورهای ماسفت نوع افزایشی (Enhancement Type)

در شکل زیر ساختار ساده شده ماسفت نوع افزایشی (کانال n) و ساختار ساده شده ماسفت افزایشی (کانال p) و نماد ترانزیستورهای کانال n و کانال p نشان داده شده است:



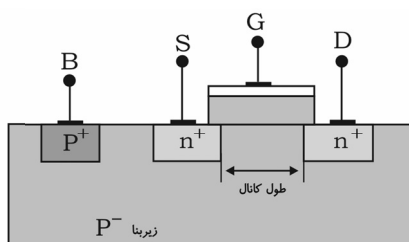
ℓ = طول کانال

W = پهنای کانال

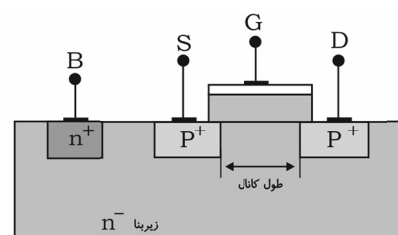
n^+ = سیلیکون نوع n با آلاینده زیاد

SiO_2 = بخش هاشورخورده

P^+ = سیلیکون نوع p با آلاینده زیاد

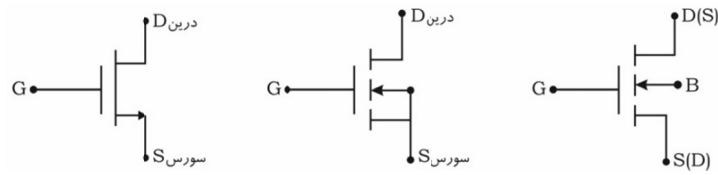


ساختار ساده شده ترانزیستور ماسفت افزایشی کانال (n)

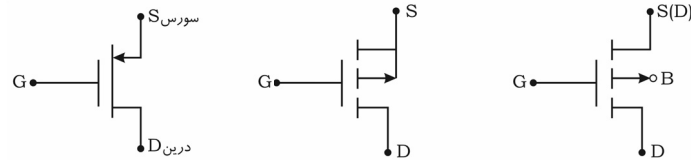


ساختار ساده شده ترانزیستور ماسفت افزایشی کانال (p)

ترانزیستورهای اثر میدانی (FET)



نماد ترانزیستورهای ماسفت افزایشی کانال (n)

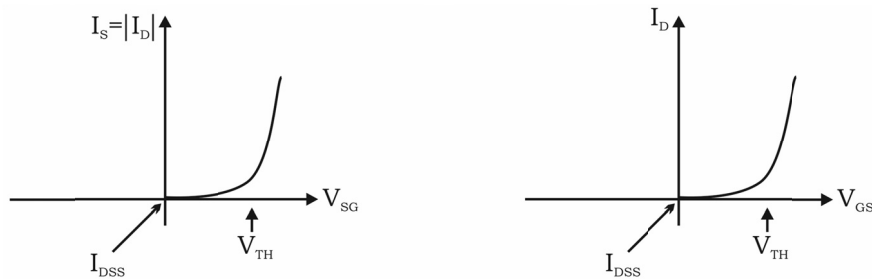


نماد ترانزیستورهای ماسفت افزایشی کانال (p)

همان گونه که در شکل دیده می‌شود، پایه‌های درین و سورس قابلیت جابه‌جایی دارند؛ زیرا از این نظر کاملاً متقارن هستند. هرگاه یکی از این پایه‌ها به بدنه (B) اتصال داده شود، آن پایه از آن به بعد سورس (S) است و پایه دیگر درین (D) خواهد بود و قابل جابه‌جا شدن نیستند.

۳-۳- مشخصه ولتاژ-جریان در ترانزیستورهای ماسفت افزایشی

در شکل زیر منحنی تغییرات جریان درین برحسب V_{GS} در ترانزیستورهای کانال n و کانال p نشان داده شده است:

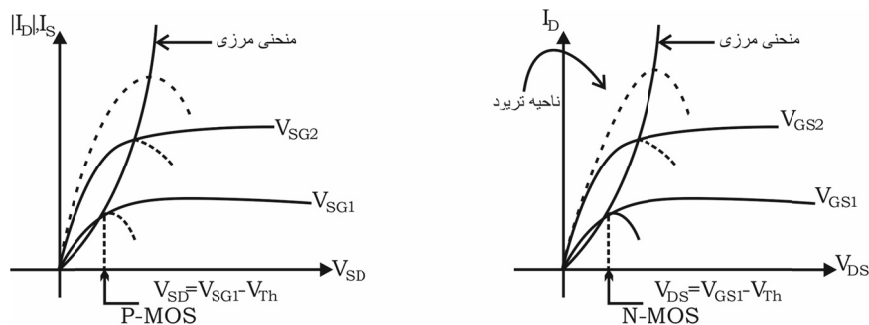


مشخصه V_{GS} برحسب جریان درین یا سورس (سمت راست: کانال n، سمت چپ: کانال p)

برای سهولت، ترانزیستورهای ماسفت نوع n را به اصطلاح n ماس (N-Mos) و ترانزیستورهای ماسفت نوع p را به اصطلاح p ماس (P-Mos) می‌نامند. ترانزیستورهای ماسفت برحسب چگونگی بایاس اعمال شده می‌توانند به صورت روشن فعال (اصطلاحاً اشباع جریان) که به عنوان تقویت کننده یا منبع جریان به کار می‌رود و یا به صورت روشن حالت تریودی که به عنوان مقاومت قابل کنترل، استفاده می‌شود.

۳-۴- ترانزیستور ماسفت در ناحیه تریود (مقاومتی)

در شکل زیر منحنی تغییرات جریان درین، ولتاژ درین-سورس و ولتاژ گیت-سورس، نشان داده شده است.



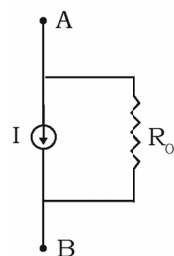
منحنی مشخصه $(I_D - V_{DS})$ برحسب V_{GS}

منابع جریان مستقل

۴-۱- مقدمه

منابع جریان که از ترانزیستورهای BJT یا FETها ساخته می‌شوند، به‌عنوان مدار بایاس‌کننده و همچنین به‌عنوان بار فعال در تقویت‌کننده‌ها و ایجاد ولتاژ و جریان مرجع به‌کار می‌روند. منابع جریان به‌صورت یک ترانزیستوری و یا چند ترانزیستوری طراحی شده است.

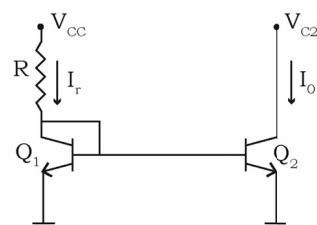
۴-۲- ویژگی‌های عمومی منابع جریان



نماد منبع جریان

در شکل زیر منبع جریان یا جریان‌دهی I و مقاومت داخلی R_O نشان داده شده است: در یک منبع جریان ایده‌آل، جریان I باید مستقل از تمام متغیرها باشد و همچنین وابسته به پتانسیل AB نباشد و در حالت ایده‌آل مقاومت داخلی $R_O = \infty$ است. در عمل منابع جریان با حالت ایده‌آل فاصله زیادی دارند. ساختمان غیرایده‌آل ترانزیستورها و محدود بودن ولتاژ ارلی و عدم انطباق ترانزیستورهای به‌کار گرفته شده و حساسیت دمایی ترانزیستورها و مقاومت‌ها و عدم تثبیت ولتاژ تغذیه از عوامل غیرایده‌آل بودن منابع جریان هستند.

۴-۳- منبع جریان آینه‌ای (آینه جریان) ساده با BJT



آینه جریان ساده

در شکل زیر یک آینه جریان ساده با ترانزیستور BJT نشان داده شده است. ترانزیستور Q_1 به‌صورت اتصال دیودی و فعال است. ترانزیستور Q_2 باید در حالت فعال قرار داشته باشد؛ یعنی $V_{CE_2} > V_{CE(sat)}$ باشد. در این صورت برای ترانزیستورها می‌توان روابط جریان را نوشت. بیس‌ها و امیترها به یکدیگر وصل شده‌اند؛ بنابراین $V_{BE_1} = V_{BE_2}$ است:

$$I_{C_2} = I_{S_2} e^{\frac{V_{BE_2}}{V_T}} \left(1 + \frac{V_{CE_2}}{V_{A_2}} \right) \text{ و } I_{C_1} = I_{S_1} e^{\frac{V_{BE_1}}{V_T}} \left(1 + \frac{V_{CE_1}}{V_{A_1}} \right) \rightarrow \frac{I_{C_1}}{I_{C_2}} = \frac{I_{S_1}}{I_{S_2}} \cdot \frac{\left(1 + \frac{V_{CE_1}}{V_{A_1}} \right)}{\left(1 + \frac{V_{CE_2}}{V_{A_2}} \right)}$$

$$\frac{I_{C1}}{I_{C2}} = \frac{I_{S1}}{I_{S2}}$$

اگر V_A بسیار بزرگ فرض شود، در این صورت $V_T L_n \frac{I_{C1}}{I_{S1}} = V_T L_n \frac{I_{C2}}{I_{S2}}$ و در نتیجه:

$$I_r = I_{C1} + I_{B1} + I_{B2} = I_{C1} + \frac{I_{C1}}{\beta_1} + \frac{I_{C2}}{\beta_2}$$

با نوشتن رابطه KCL در کلکتور Q_1 داریم:

$$I_{C2} = I_o = I_r \frac{1}{1 + \frac{2}{\beta}} = I_r \frac{\beta}{2 + \beta}$$

با استفاده از روابط فوق و فرض ترانزیستورهای کاملاً مشابه داریم:

$$I_r = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R} = \frac{V_{CC} - V_T L_n \frac{I_{C1}}{I_{S1}}}{R}$$

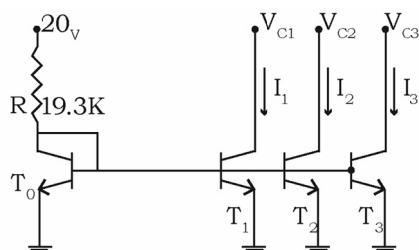
معمولاً در رابطه فوق مقدار V_{BE} در حد 0.6 یا 0.7 ولت منظور می‌شود تا بتوان به راحتی جریان I_o را به دست

آورد. مقاومت خروجی منبع جریان همان مقاومت r_{ce} ترانزیستور Q_2 است.

مثال: در مدار شکل روبه‌رو با فرض

$\beta = 40$ و $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ و جریان کلکتورهای T_1 و T_2 و T_3 را

حساب کنید. ولتاژ کلکتورهای T_1 و T_2 و T_3 این ترانزیستورها را در حالت فعال قرار داده است. ترانزیستورها مشابه هستند.



بیس‌ها و امیترها به یکدیگر وصل شده‌اند، در نتیجه:

۸۷

$$V_{BE0} = V_{BE1} = V_{BE2} = V_{BE3}$$

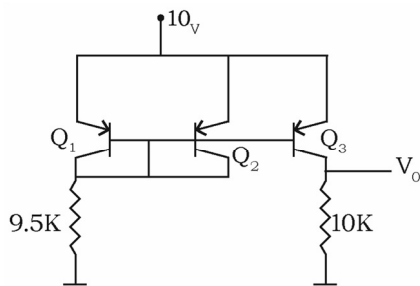
$$I_{C0} = I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = I_C$$

$$I_r = \frac{20 - 0.7}{19.3 \text{ k}} = 1 \text{ mA}$$

$$I_r = I_{C0} + I_{B0} + I_{B1} + I_{B2} + I_{B3}$$

$$I_r = I_{C0} + \frac{I_{C0}}{\beta} + \frac{I_{C1}}{\beta} + \frac{I_{C2}}{\beta} + \frac{I_{C3}}{\beta} = I_C + \frac{4I_C}{\beta} = I_C \left(1 + \frac{4}{\beta} \right)$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_C = \frac{I_r}{1 + \frac{4}{\beta}} = \frac{1 \text{ mA}}{1 + \frac{4}{40}} = 0.9 \text{ mA}$$



تست ۱: در مدار شکل زیر با فرض β بزرگ و ترانزیستورهای مشابه،

V_o برابر است با:

(۱) 10 ولت

(۲) 5 ولت

(۳) 2.5 ولت

(۴) 1 ولت

حل: با نوشتن KVL در حلقه سمت چپ داریم:

$$I_r = \frac{10 - 0.7}{9.3 \text{ k}} = 1 \text{ mA}$$

$$I_B \approx 0$$

$$I_{C1} + I_{C2} = I_r \Rightarrow I_{C1} = I_{C2} = 0.5 \text{ mA}$$

$$I_{C3} = I_{C1} = I_{C2} = 0.5 \text{ mA}$$

$$V_o = 10 \text{ k} \times I_{C3} = 10 \text{ k} \times 0.5 \text{ mA} = 5 \text{ V}$$

با فرض صفر بودن جریان بیس ترانزیستورها خواهیم داشت:

در نتیجه گزینه ۲ صحیح است.

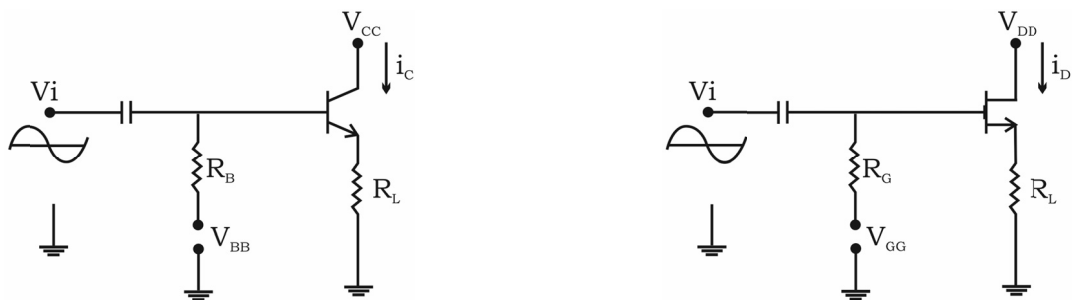
تقویت کننده های توان

۷-۱- مقدمه

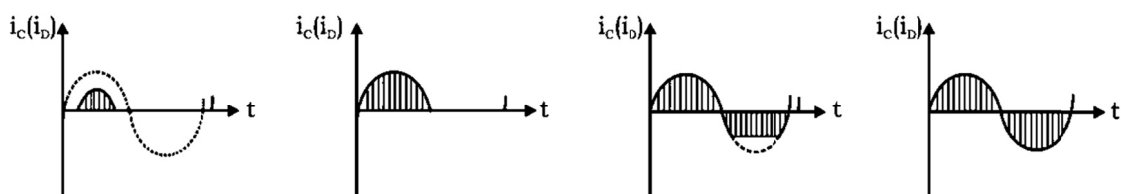
طبقه خروجی یک تقویت کننده باید قادر باشد توان مورد نیاز بار را با کمترین اعوجاج تأمین کند. طبقه خروجی باید مقاومت خروجی کم داشته باشد تا آن که بهره ولتاژ نسبت به تغییرات جریان بار تا حد ممکن ثابت بماند. طبقه خروجی باید توان تلفاتی کمی داشته باشد و یا به عبارتی بازده تقویت کننده زیاد باشد تا مصرف منبع تغذیه به حداقل برسد. در تقویت کننده های توان زیاد غالباً از ترانزیستور BJT استفاده می شود؛ زیرا ماسفت ها تلفات زیادی ایجاد می کنند.

۷-۲- دسته بندی تقویت کننده های توان

تقویت کننده کلکتور مشترک و تقویت کننده درین مشترک را که ولتاژ بایاس V_{BB} و یا V_{GG} دارند، در نظر بگیرید.



موج ورودی را سینوسی فرض کنید. برحسب مقدار بایاس اعمال شده، جریان کلکتور یا درین می تواند یکی از شکل های زیر را داشته باشد:



چهار نوع جریان ترانزیستور برحسب مقدار ولتاژ بایاس V_{BB} یا V_{GG}

اگر جریان بایاس I_Q به گونه‌ای باشد که نیم‌سیکل‌های مثبت و منفی بدون بریدگی ایجاد شوند، تقویت کننده توان را کلاس A یا رده A می‌نامند. اگر جریان بایاس صفر باشد، فقط نیم‌سیکل در خروجی وجود دارد. اگر جریان بایاس به گونه‌ای باشد که یکی از نیم‌سیکل‌ها کامل و نیم‌سیکل دیگر ناقص در خروجی باشد، کلاس AB است. در کلاس C جریان بایاس ترانزیستور صفر است و ولتاژ بایاس کمتر از ولتاژ آستانه هدایت، یعنی کمتر از V_{BE} یا V_{Th} است. در این صورت مدتی طول می‌کشد تا دامنه موج ورودی بتواند هدایت ترانزیستور را آغاز کند. در نتیجه فقط بخشی از یکی از نیم‌سیکل‌ها در خروجی وجود دارد.

۷-۳- پارامترهای مورد نظر در تقویت کننده‌های توان

در شکل زیر تقویت کننده توانی ملاحظه می‌شود که دارای ولتاژ تغذیه

$+V_{CC}$ با ورودی سینوسی و مقاومت بار R_L است:

پارامترهای زیر در تقویت کننده توان مورد توجه هستند:

$$\hat{P}_o = \hat{P}_{ac} \quad \text{حداکثر توان انتقال یافته روی بار}$$

$$\hat{P}_s = \hat{P}_{SUPPLY} \quad \text{حداکثر توان مصرف شده به وسیله منبع تغذیه}$$

$$\eta\% = \frac{\hat{P}_o}{\hat{P}_s} \times 100 \quad \text{حداکثر بازده بخش توان (برحسب درصد)}$$

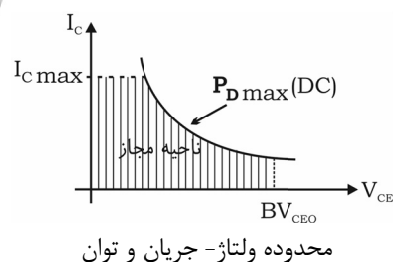
$$\hat{P}_D = \hat{P}_{DISSIPATION} \quad \text{حداکثر توان تلف شده به وسیله ترانزیستور خروجی}$$

$$\hat{V}_{CE} (\hat{V}_{DS}) \quad \text{حداکثر ولتاژ کلکتور-امیتر یا درین-سورس که دو سر ترانزیستور واقع می‌شود و ترانزیستور باید تحمل}$$

آن را داشته باشد.

$$\hat{I}_C (\hat{I}_D) \quad \text{حداکثر جریان کلکتور یا درین در ترانزیستور قدرت. این ترانزیستورها باید قابلیت ایستادگی در این جریان}$$

ماکزیمم مدار را داشته باشند.



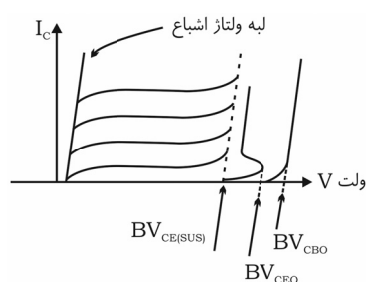
در شکل روبه‌رو منحنی V_{CE} ، I_C و P_D در یک ترانزیستور دیده می‌شود:

در شکل روبه‌رو ناحیه مجاز به صورت هاشور خورده نشان

داده شده است. با افزایش دمای بدنه ترانزیستور مقدار مجاز

توان تلفاتی کاهش می‌یابد که به وسیله منحنی در برگه

مشخصات ترانزیستور دیده می‌شود.



در شکل روبه‌رو مقادیر حدی ولتاژ ترانزیستور رسم شده است:

BV_{CB} : ولتاژ شکست کلکتور-بیس است که ولتاژ تکثیر به

همین پیوند کلکتور-بیس در حالت امیتر باز است.

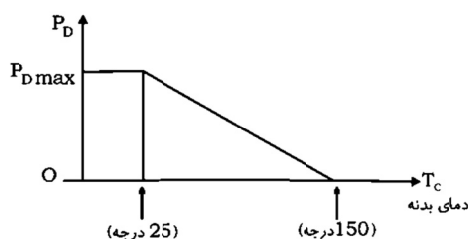
BV_{CE0} : ولتاژ شکست کلکتور-امیتر با حالت بیس باز است.

$BV_{CE(SUS)}$: ولتاژ شکست کلکتور-امیتر با جریان بیس ثابت است.

میزان مجاز جریان قابل عبور از ترانزیستور I_{Cmax} یا I_{Dmax} است. افزایش

جریان ترانزیستور از مقدار حدی ذکر شده سبب تخریب ترانزیستور می‌شود.

حداکثر توان تلفاتی ترانزیستور برحسب دمای بدنه در شکل زیر نشان داده شده است:



تنظیم‌کننده‌های ولتاژ (رگولاتورهای ولتاژ)

۹-۱- مقدمه

تمام مدارهای الکترونیکی برای عملکرد خود احتیاج به ولتاژهای DC ثابتی دارند که تا حد امکان نسبت به متغیرهای دیگر ثابت بمانند. در مدارهایی که تا این بخش مورد بررسی قرار گرفتند ولتاژ تغذیه، تحت نام $\pm V_{CC}$ یا $\pm V_{DD}$ یا $\pm V_S$ نام‌گذاری می‌شدند.

تنظیم‌کننده‌های ولتاژ که گاهی رگولاتور ولتاژ هم نامیده می‌شوند یا عملکردشان خطی است و یا به‌صورت سوئیچینگ کار می‌کنند. در تنظیم‌کننده‌های خطی (Linear) مدارهای تشکیل‌دهنده آن همگی در ناحیه فعال قرار دارند. در تنظیم‌کننده‌های متداول از فیدبک نمونه ولتاژ استفاده می‌شود تا امپدانس خروجی تنظیم‌کننده تا حد امکان ناچیز باشد و تغییرات جریان بار سبب تغییر ولتاژ بار نشود، در تنظیم‌کننده‌های سوئیچینگ ترانزیستور خروجی که به‌صورت سری یا موازی وصل می‌شود، در ناحیه روشن و خاموش کار می‌کند و حلقه فیدبک استفاده شده سبب تغییر زمان روشن و خاموش شدن ترانزیستور خروجی می‌شود و تنظیم ولتاژ خروجی انجام می‌گیرد. رگولاتورهای سوئیچینگ نیز یا از باتری در وسایل سیار استفاده می‌کنند و یا در مدارهای ثابت از برق AC صنعتی تغذیه می‌شوند.

در تنظیم‌کننده‌های ولتاژ کامل چه به‌صورت خطی و چه به‌صورت سوئیچینگ از سه اصل کلی استفاده می‌شود. این سه اصل کلی را زنجیره فرمان می‌نامند که این زنجیره فرمان عبارت است از:

۱- خاموش‌کننده دمایی (Thermal Shut Down): مفهوم این حالت آن است که اگر دمای مدار قدرت (ترانزیستور خروجی) به

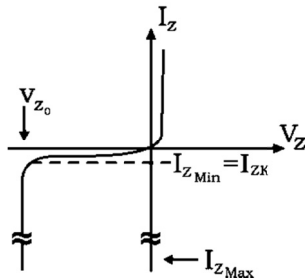
دلیلی بخواهد از مقدار پیش‌بینی شده تجاوز کند، خروجی تنظیم‌کننده ولتاژ قطع می‌شود.

۲- محدودکننده جریان: به این مفهوم است که اگر دما در حد مورد قبول باشد ولی جریان بار از حد مورد انتظار بخواهد تجاوز کند، مدار رگولاتور خاموش شده و خروجی صفر می‌شود.

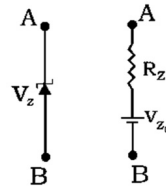
۳- حالت کار ایمن: به این مفهوم است که اگر دما و جریان در محدوده مجاز باشند، مدار فیدبک، کنترل ولتاژ خروجی را به عهده می‌گیرد و ولتاژ خروجی ثابت می‌ماند. در برخی از مدارهای تنظیم‌کننده ولتاژ، مدار آشکارساز ولتاژ در ورودی نصب می‌شود تا در صورت افزایش و یا کاهش ولتاژ ورودی نسبت به مقدار مجاز مورد نظر ورودی به تنظیم‌کننده ولتاژ قطع شود و در نتیجه خروجی تنظیم‌کننده ولتاژ صفر شود.

۹-۲- تنظیم‌کننده ولتاژ با دیود زener بدون مدار فیدبک

دیود زener یا ترانزیستورهای که در ناحیه معکوس قرار دارند، می‌توانند به‌عنوان تنظیم‌کننده ولتاژ اولیه مطرح شوند. در شکل زیر دیود زener و مدار معادل آن نشان داده شده است. همچنین منحنی ولتاژ-جریان یک دیود زener نیز رسم شده است.



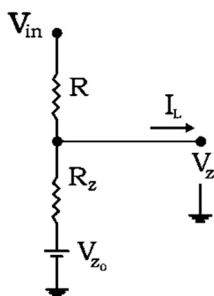
منحنی مشخصه دیود زener



دیود زener و مدار معادل آن

R_z مقاومت زener است.

دیودهای زenerی که ولتاژ شکست V_{z0} بیش‌تر از حوالی 5.6 ولت دارند، ضریب دمایی مثبت دارند و دیودهای زener با ولتاژ شکست حوالی 5 ولت دارای ضریب دمایی نزدیک صفر و دیودهای زenerی که ولتاژ شکست حوالی 5 ولت و کم‌تر دارند، دارای ضریب دمایی منفی هستند که به‌صورت $\frac{\Delta V_z}{\Delta T}$ برحسب میلی‌ولت بر درجه سانتی‌گراد ذکر می‌شود. توان تحمل زener $P_z = V_z I_{z_{max}}$ است. توان زener نیز به وسیله‌سازنده قطعه مشخص می‌شود که از آن می‌توان $I_{z_{max}}$ را نتیجه‌گیری کرد.

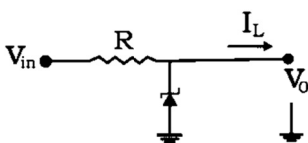


در کاربرد دیود زener باید توجه داشت که اولاً زener کار کند؛ یعنی جریان گذرنده از دیود زener بیش‌تر از I_{zk} باشد. اگر جریان عبوری از دیود زener کم‌تر از I_{zk} باشد، $V_z = V_{z0}$ نیست و تثبیت ولتاژی انجام نمی‌گیرد. دوم آن‌که جریان زener از $I_{z_{max}}$ بیش‌تر نشود، زیرا سبب سوختن دیود زener می‌شود؛ بنابراین محدوده عبور جریان از دیود زener بین I_{zk} و $I_{z_{max}}$ است. از نظر کیفیت ولتاژ خروجی مقدار R_z و تغییرات دمایی دیود زener مؤثر هستند. یک مدار تنظیم‌کننده ساده در شکل زیر نشان داده شده است:

در این شکل دیده می‌شود که تغییر ولتاژ V_z خروجی تابع ضریب دمایی دیود زener است. تغییر جریان بار و یا تغییر ولتاژ ورودی V_{in} سبب ایجاد تغییر در افت ولتاژ در R_z می‌شود و ولتاژ خروجی تغییر می‌یابد.

برای ایجاد کیفیت خوب ولتاژ خروجی می‌توان بین مصرف‌کننده I_L و دیود زener، بافر ولتاژ (کلکتور مشترک) وصل کرد تا تغییرات جریان بار در جریان زener I_z تأثیر کمی داشته باشد و دیود زener در بیس ترانزیستور قرار داده می‌شود. اگر مقاومت زener R_z خیلی کم باشد، تغییر ولتاژ ورودی در ولتاژ خروجی کم اثر می‌شود.

تست ۱: در شکل زیر حدود مقاومت R را برای آن‌که تنظیم‌کننده درست کار کند، به‌دست آورید.



$$I_{zk} = 5 \text{ mA}, P_z = 2 \text{ W}, V_z = 9 \text{ V}, I_{L_{max}} = 95 \text{ mA}, I_{L_{min}} = 50 \text{ mA}$$

ولتاژ ورودی V_{in} بین 15 ولت الی 20 ولت تغییر می‌کند.

$$30 \Omega < R < 80 \Omega \quad (۴) \quad 30 \Omega < R < 60 \Omega \quad (۳) \quad 40 \Omega < R < 60 \Omega \quad (۲) \quad 40 \Omega < R < 80 \Omega \quad (۱)$$

حل: $V_0 = V_z = 9 \text{ V}$ است. برای تعیین مقاومت R به راحتی می‌توان از نوشتن KCL در خروجی استفاده کرد:

$$\frac{V_0 - V_{in}}{R} + I_z + I_L = 0$$

ولتاژ ورودی باید حداقل مقدار را داشته باشد، در حالی‌که جریان بار حداکثر باشد و از دیود زener $I_{zk} = I_{z_{min}}$ بگذرد.

یعنی دیود زener در ناحیه شکست زenerی قرار بگیرد. این حالت تعیین‌کننده R_{max} است:

$$\frac{9-15}{R_{max}} + I_{zk} + I_{L_{max}} = 0 \rightarrow \frac{9-15}{R_{max}} + 5 \text{ mA} + 95 \text{ mA} = 0 \rightarrow R_{max} = 60 \Omega$$

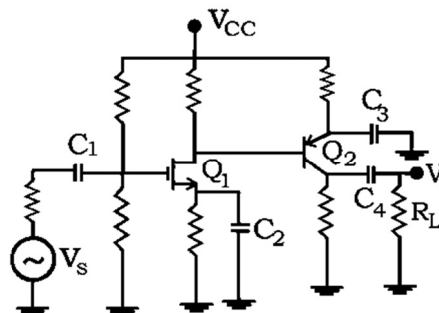
پاسخ فرکانس پایین تقویت کننده‌ها

۱۰-۱- مقدمه

پیام‌های دریافتی که از مدارهای حس کننده‌های مختلفی ایجاد می‌شوند و دامنه‌ی کم دارند، باید تا حد مناسبی تقویت شوند. این پیام‌ها برحسب نوع آن‌ها می‌توانند DC یا مؤلفه متناوب و یا مجموعه آن‌ها را داشته باشند. تقویت کننده‌ها را می‌توان از این نظر به دو دسته تقسیم کرد؛ اول تقویت کننده‌های DC که توانایی تقویت فرکانس صفر را هم دارند. در این نوع تقویت کننده‌ها هیچ نوع خازن کوپلاژ و یا بای‌پس نمی‌توان وصل کرد. تقویت کننده‌های عملیاتی (آپ‌امپ‌ها) از نوع تقویت کننده‌های DC هستند. دوم تقویت کننده‌های ac که می‌توان برای اتصال نواحی مختلف مدار از خازن کوپلاژ استفاده کرد و یا برای تغییر بهره مثلاً در سورس و یا امیتر ترانزیستور از خازن بای‌پس استفاده نمود. نصب این گونه خازن‌ها محدودیت فرکانسی در حد پایین ایجاد می‌کند.

۱۰-۲- محدوده فرکانس پایین در تقویت کننده‌ها

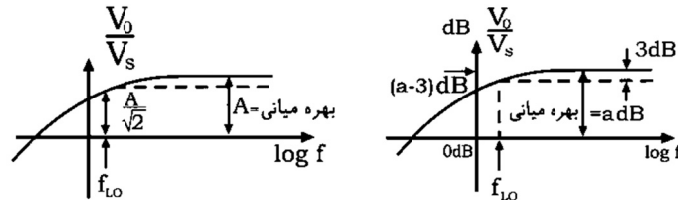
مدار شکل زیر را در نظر بگیرید که در آن از خازن‌های کوپلاژ و بای‌پس استفاده شده است:



تقویت کننده با خازن‌های کوپلاژ و بای‌پس

هدف از وصل خازن C_1 جدا کردن سطح DC گیت ماسفت از سطح DC منبع V_s است که مقادیر مساوی ندارند. هدف از نصب خازن C_4 جدا کردن سطح DC کلکتور Q_2 از بار R_L است. هدف از نصب C_2 و C_3 افزایش بهره ولتاژی تقویت کننده‌های Q_1 و Q_2 است. اگر سیگنال مؤلفه DC به‌عنوان پیام داشته باشد، به هیچ وجه از این مدار نمی‌توان استفاده کرد. هرگاه سیگنال V_s فقط متناوب باشد، می‌توان از این مدار استفاده کرد.

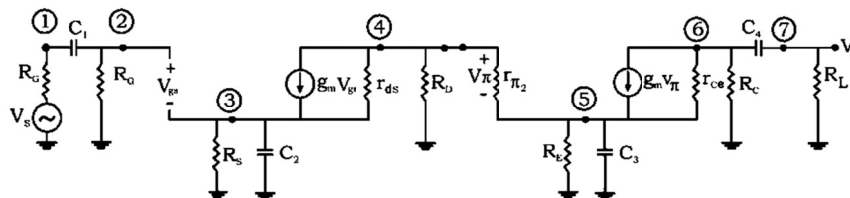
برحسب اندازه‌های ثابت زمانی نواحی مختلف، این مدار، حدود پایین فرکانسی دارد که به آن پاسخ فرکانس حد پایینی اطلاق می‌شود و تحت نام ω_{L_0} و یا f_{L_0} نام‌گذاری می‌شود. فرکانس ω_{L_0} فرکانسی است که دامنه بهره (یا هر دامنه دیگر) به $\frac{1}{\sqrt{2}}$ مقدار نهایی می‌رسد و چون $20 \log \frac{1}{\sqrt{2}} = -3\text{dB}$ است، به آن فرکانس -3dB پایینی و یا اصطلاحاً فرکانس قطع پایین گفته می‌شود. در شکل زیر پاسخ فرکانسی بهره $\frac{V_o}{V_s}$ مربوط به مدار شکل بالا نشان داده شده است:



پاسخ فرکانسی حد پایینی، بهره بر حسب d_B (نمودار سمت راست) و بهره خطی (نمودار سمت چپ)

۱۰-۳- محاسبه پاسخ فرکانسی و فرکانس ω_{L_0} (فرکانس قطع پایین)

مدار شکل اول فصل را در نظر بگیرید. فرکانس سیگنال کوچک آن با منظور کردن خازن‌های بیرونی نصب شده به صورت شکل زیر است:



مدل سیگنال کوچک فرکانس پایین تقویت‌کننده شکل اول فصل

در فرکانس میانی خازن‌های کوپلاژ و بای‌پس به صورت اتصال کوتاه (امپدانس ناچیز) در نظر گرفته می‌شوند. در حالی که در فرکانس پایین باید مقادیر خازن‌ها را هم به حساب آورد.

مثلاً KCL در گره ۵ و گره ۶ را در نظر بگیرید:

$$\text{KCL (گره ۵): } \frac{V_{(5)}}{R_E} + \frac{V_{(5)}}{\frac{1}{SC_3}} + \frac{V_{(5)} - V_{(4)}}{r_{\pi_2}} - g_m V_{\pi} + \frac{V_{(5)} - V_{(6)}}{r_{ce}} = 0$$

$$\text{KCL (گره ۶): } \frac{V_{(6)} - V_{(5)}}{r_{ce}} + g_m V_{\pi} + \frac{V_{(6)}}{R_C} + \frac{V_{(6)} - V_{(7)}}{\frac{1}{SC_4}} = 0$$

با نوشتن KCL در سایر گره‌ها و حل ۷ معادله حاصل برای تعیین $A_{(s)} = \frac{V_o}{V_s}$ رابطه زیر به دست می‌آید:

A_m مقدار $\frac{V_o}{V_s}$ است که در حالت خازن‌های اتصال کوتاه به دست می‌آید و $FL_{(s)}$ پاسخ فرکانسی ناشی از خازن‌ها و مقاومت‌ها و

مقادیر مندرج در مدل مدار است. اگر $FL_{(s)}$ را مرتب کرده و به صورت حاصل ضرب عوامل نوشته شوند، رابطه زیر به دست می‌آید:

$$FL_{(s)} = \frac{(S + \omega_{z_1})(S + \omega_{z_2}) \dots (S + \omega_{z_n})}{(S + \omega_{p_1})(S + \omega_{p_2}) \dots (S + \omega_{p_n})}$$

ω_p های قطب‌ها و ω_z های صفرها تابع انتقال رابطه بالا هستند. منحنی‌های ترسیم شده در شکل قبل، شکل ترسیم

فرکانس قطب) $\omega_p = \frac{1}{\tau_p}$

شده روابط فوق است:

فرکانس صفر) $\omega_z = \frac{1}{\tau_z}$

که τ مجموعه‌ای از ثابت زمانی‌های R و C است.

بانک سوالات

جمع آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی
کارشناسی ارشد و دکتری به صورت فصل بندی شده

سوالات تألیفی

تألیف سوالات مشابه کنکور

جامع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

الگوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع



دریافت نمونه‌ی کتاب به صورت رایگان



www.agkins.com

بانک سوالات

جمع آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی
کارشناسی ارشد و دکتری به صورت فصل بندی شده

سوالات تألیفی

تألیف سوالات مشابه کنکور

جامع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع

الگوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم
برای کنکور براساس منابع



دریافت نمونه‌ی کتاب به صورت رایگان



www.agkins.com

شماره تماس با نمایندگی‌های فعال و رسمی آناهید گستر خلیلی

شماره تماس	نمایندگی	شماره تماس	نمایندگی
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۲	شیراز (آقای فروردین/ خانم هوشمندی)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۵۰	اراک (آقای حسینی)
۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۲	فسا (خانم شعبانی)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۸	اردبیل (خانم عاصمی‌زاده)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۹	قزوین (خانم چگینی)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۱	ارومیه (آقای آرمیون)
۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۷	کرج (آقای دکتر علیرضاپور)	۰۹۱۹۶۳۲۱۸۵۲	اسفراین (خانم اسماعیل‌زاده)
۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۶	کاشان (خانم صادق‌پور)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۰	اصفهان (آقای نصری)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۸	کردستان (آقای ابراهیمی)	۰۹۱۹۰۹۸۰۳۱۸	ایلام (آقای دکتر بوچانی)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۸	کرمانشاه (آقای ابراهیمی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۴	اهواز (آقای امین‌فر)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۲	کهگیلویه (آقای فروردین/ خانم هوشمندی)	۰۹۱۹۵۹۰۷۲۰۳	بیرجند (آقای دکتر بهروان)
۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۷	گرگان (آقای شاه‌علی)	۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۷	تبریز (خانم عاصمی‌زاده)
۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹	مراغه (آقای صمدی)	۰۹۰۱۳۷۳۷۸۹۶	جهرم (آقای یاعلی جهرمی)
۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۴	مشهد (خانم دکتر شجاعی)	۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۸	خرم‌آباد (خانم میر)
۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹	میاندوآب (آقای صمدی)	۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۱	زنجان (خانم دکتر هوشیار)
۰۹۱۹۵۷۳۳۲۸۴	هرمزگان (آقای زارعی)	۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۴	ساری (آقای دکتر اکبری)
۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۵	همدان (آقای سوری)	۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۱	سمنان (آقای دکتر سلمانی)
۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۳	یزد (خانم مهندس آزاد)	۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۹	شهرکرد (خانم تقی‌پور)

بانک کتاب ناهید



«هر کتابی، از هر انتشاراتی را از ما بخواهید»

✓ جامع‌ترین بانک کتاب

✓ تحویل روزانه

✓ ارسال به تمامی نقاط کشور

✓ سفارش کتاب به صورت تلفنی و آنلاین

www.NIBS.ir



کتاب دانشگاهی، فنی و مهندسی، علوم پزشکی، علوم انسانی، عمومی،
ادبی، مذهبی، کمک آموزشی، کودک و نوجوان و کتاب نفیس

فروشگاه: تهران - خیابان انقلاب - روبه روی درب اصلی دانشگاه تهران

پاساژ فروزنده - طبقه همکف - پلاک ۳۳۱

تلفن: ۶۶۴۸۹۳۷۵ - ۰۲۱ - ۶۶۴۸۹۳۴۹ - ۰۲۱