

- کلیه حقوق قانونی و شرعی برای ناشر محفوظ است.
- تکثیر تماماً یا قسمتی از این اثر به صورت حروفچینی، چاپ مجدد، چاپ افست، پلی‌کپی، فتوکپی و انواع دیگر چاپ ممنوع است.
- این اثر مشمول قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب سال ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر، پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.



سری کتاب‌های راهیان ارشد

انتشارات آزاده

کنکور کارشناسی ارشد تحلیل نظری مسائل الکترونیک (جلد دوم)

- تألیف: محمدصادق اسلام‌پناه سندی
- ناظر فنی و چاپ: امیر بدوستانی
- طرح جلد: مهندس علی اخباریه
- حروفچینی: انتشارات آزاده
- لیتوگرافی: مهرشاد
- چاپ: اصلانی
- صحافی: صالحانی
- تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه
- چاپ دوم: پاییز ۱۳۹۳، اول ۹۲
- ناشر: انتشارات آزاده
- شابک جلد دوم: ۸ - ۸۲۹ - ۵۰۱ - ۹۶۴ - ۹۷۸
- دوره: ۶ - ۷۷۹ - ۵۰۱ - ۹۶۴ - ۹۷۸
- بها: ۲۵۰۰۰ تومان

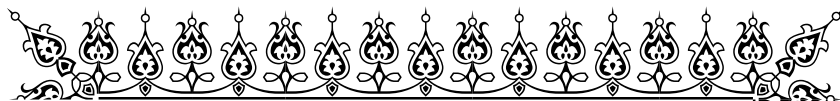
مسئولیت مطالب کتاب به عهده مؤلف و حق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ است.

- مرکز پخش: انتشارات آزاده - خیابان انقلاب، مقابل دانشگاه تهران (بین خ فخررازی و خ دانشگاه)، جنب بانک ملت، پاساژ پلاک ۱۲۰۲، طبقه زیرهمکف - کدپستی ۱۳۱۴۷۵۴۷۱۳ تلفن: ۶۶۴۱۴۳۷۴ - ۶۶۴۱۵۷۵۳ - ۶۶۴۱۴۵۱۰ دورنویس: ۶۶۴۱۴۵۱۰

| | |
|---------------------|--|
| سرشناسه | : اسلام‌پناه سندی، محمدصادق |
| عنوان و پدیدآور | : تحلیل نظری مسائل الکترونیک / محمدصادق اسلام‌پناه سندی. |
| مشخصات نشر | : تهران: آزاده، ۱۳۹۳. |
| مشخصات ظاهری | : ج ۲: ج ۱: ۵۶۴ ص: ج ۲: ۴۷۴: مصور، جدول، نمودار. |
| فروست | : کنکور کارشناسی ارشد. سری کتاب‌های راهیان ارشد. |
| شابک | : دوره: ۶ - ۷۷۹ - ۵۰۱ - ۹۶۴ - ۹۷۸؛ ج ۱: ۲ - ۷۷۷ - ۵۰۱ - ۹۶۴ - ۹۷۸؛ ج ۲: ۸ - ۸۲۹ - ۵۰۱ - ۹۶۴ - ۹۷۸. |
| وضعیت فهرست‌نویسی | : فیبای مختصر |
| رده‌بندی دیویی | : ۶۲۱/۳۸۱۰۷۶ |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۳۶۲۶۲۰۱ |

برای خرید **online** به آدرس زیر مراجعه کنید:

www.rahianarshad.com



تقدیم بہ:

روح بزرگوار پدرم و

وجود نازنین مادرم و

مہربانی و ہمدلی، ہمسر



یادداشت ناشر

«سری کتاب‌های آمادگی برای کنکور کارشناسی ارشد» در بیش از ۳۰۰ جلد، حاصل تلاش فراوان، دقت نظر و انتقال دانش و تجربه بیش از یکصد نفر از نیروهای جوان و متخصص با تحصیلات عالی دانشگاهی از دانشگاه‌های معتبر صنعتی امیرکبیر، علم و صنعت، صنعتی شریف و تهران با تجربه تدریس در دانشگاه‌ها و مؤسسات برتر کنکوری می‌باشد. در این مجموعه، سعی شده تا با بهره‌گیری از کادر فنی مجرب نشر، کیفیت کار را از نظر علمی و فنی بالا برده و به ویژه از نظر حروفچینی و صفحه‌بندی متن، کتاب را نسبت به موارد مشابه متمایز نماییم.

با توجه به نکات یاد شده، پیش‌بینی می‌شد که **راهیان کنکور کارشناسی ارشد** با مطالعه این مجموعه، ضمن صرفه‌جویی در وقت برای تهیه منابع معتبر، با مفاهیم و نکات ضروری مفیدی آشنا شوند که این مهم، با توجه به استقبال خوب و تماس‌های تشکرآمیز خوانندگان محترم در این مدت، بر ما مشخص شد.

راهیان ارشد اولین سعی و تلاش به سبک خود بوده برای ارائه مجموعه‌ای کاملی از بهترین خلاصه درس‌ها، نکات کاملاً ویژه کنکوری و تست‌های طبقه‌بندی شده موضوعی سال‌ها کنکور کارشناسی ارشد با پاسخ تشریحی براساس سرفصل‌های مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی و همچنین سرفصل‌های متداول در دانشگاه‌ها، که به عنوان مرجعی معتبر برای استفاده داوطلبان کنکور دانشگاه‌های سراسری و آزاد (برای اولین بار) به بازار عرضه شده است.

انتشارات آزاده از کلیه عزیزانی که به هر نوعی در تولید و توزیع این مجموعه سهمی داشته‌اند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نماید و نیز کلیه کاستی‌ها و اشکالات موجود را برعهده می‌گیرد و به همین منظور و برای رفع آن‌ها، در انتظار دریافت نظرات انتقادی از استادان گرانقدر، دانشجویان و دیگر خوانندگان این مجموعه و حتی همکاران است.

مدیر انتشارات آزاده

جعفر بدوستانی

درباره کتاب‌های «راهیان ارشد»

سری کتاب‌های آمادگی برای کنکور کارشناسی ارشد «**راهیان ارشد**» بی‌شک جزو اولین کتاب‌هایی هستند که در این زمینه به صورتی کامل طبقه‌بندی و تألیف گردیده‌اند. لزوم تهیه این مجموعه، نیاز مبرم دانشجویان علاقمند به ادامه تحصیل و عدم دسترسی آنها به مراجع جامع و مفید علمی بود، لذا بر آن شدیم تا با همراهی گروه مؤلفین دانشگاهی، سری کتاب‌های «**راهیان ارشد**» را منتشر نموده و در اختیار شما دانشجویان عزیز قرار دهیم. این انتشارات با کمک گروه مؤلفین که بیشتر از نخبگان و برگزیدگان دانشگاهی هستند، توانسته این کار بزرگ را به انجام برساند. برای هر رشته، چند جلد کتاب مربوط به دروس تخصصی آن رشته تهیه شده است. فصل‌های کتاب مطابق با سرفصل‌های آموزش عالی بوده و هر یک از آنها دارای سه بخش است:

بخش اول: خلاصه مطالب درس و نکات ویژه کنکور.

بخش دوم: تست‌های طبقه‌بندی شده موضوعی کنکورهای سراسری و دانشگاه آزاد اسلامی.

بخش سوم: پاسخ تشریحی تست‌ها.

این مجموعه شامل تست‌های کنکور سراسری و آزاد و تألیفی به همراه پاسخ‌های تشریحی می‌باشد و هر سال پس از برگزار شدن آزمون‌ها، سؤالات به همراه پاسخ تشریحی در هر چاپ جدید به انتهای کتاب افزوده می‌شود.

از آنجایی که هیچ کتابی عاری از نقص نیست، از اساتید و دانشجویان گرامی تقاضا داریم اشتباهات احتمالی ما را همراه با انتقادات و پیشنهادات خود به نشانی ناشر ارسال کنند تا در چاپ‌های بعدی از آنها استفاده شود و امیدواریم این مجموعه با کمترین اشکال در اختیار داوطلبان محترم قرار گیرد.

انتشارات آزاده

به نام خداوند بخشنده مهربان

خداوند سرنوشت هیچ قومی را تغییر
نمی‌دهد مگر آنکه آنان آنچه را در
خودشان است تغییر دهند.

رعد - ۱۱

مقدمه مؤلف

تحلیل و طراحی مدارهای الکترونیکی بحثی بسیار مهم در رشته‌هایی همچون مهندسی برق، مهندسی پزشکی، مهندسی کامپیوتر و ... می‌باشد.

در مجموعه حاضر نگارنده نگاهی نوین را در تحلیل مدارهای الکترونیکی مطرح کرده است. این دید جدید که **تحلیل نظری** خوانده می‌شود، راه حلی بسیار ساده و کارآمد در تحلیل مدارهای الکترونیکی پیشرو خواننده قرار می‌دهد.

از طرفی دیگر تسلط بر تحلیل نظری، فهم تحلیل‌گر را در تحلیل مدارهای الکترونیکی افزایش داده که این خود نیز یکی دیگر از مزایای این نوع تحلیل می‌باشد. در هنگام مطالعه این کتاب باید به چند نکته توجه داشت که در زیر آمده است:

۱- کتاب حاضر در ۱۰ فصل تدوین شده است، که جلد اول آن شامل پنج فصل و جلد دوم آن نیز شامل پنج فصل دیگر می‌باشد که هر فصل خود نیز به چهار بخش تقسیم‌بندی می‌شود. بخش اول به درسنامه هر فصل اختصاص دارد. مسائل تشریحی در بخش دوم از هر فصل کاملاً تألیفی بوده که گام به گام درس را به خواننده می‌آموزد. بخش سوم از هر فصل سؤالات کنکورهای گذشته را بررسی کرده است که با مطالعه این بخش داوطلبان می‌توانند تمامی تست‌های کنکورهای گذشته را در مقابل دیدگان خود داشته باشند. بخش چهارم نیز سؤالات تکمیلی هر فصل می‌باشد. در انتهای جلد دوم نیز سؤالات کنکور دکتری نیز گنجانده شده است.

۲- در بخش درسنامه، سعی شده است تمامی مباحث مربوط به الکترونیک (۱) و (۲) پوشش داده شود. در حین درس تست‌های کنکور فوتونیک جهت آشنایی با سؤالات کنکور آورده شده است. البته شایان ذکر است که سطح این سؤالات جزء سطوح آسان سؤالات کنکور برق می‌باشد.

۳- یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد این اثر وجود مسائل تشریحی متنوع در بخش دوم هر فصل می‌باشد. برخلاف تصور اکثر داوطلبان کنکور که موفقیت را در حل تست می‌بینند، نگارنده موفقیت در کنکور را در حل مسائل تشریحی به همراه حل تست می‌داند. چراکه داوطلبان کنکور برای موفقیت در جلسه کنکور باید دارای ذهنی منظم باشند. مسائل تشریحی طرح شده مفاهیم موجود در تحلیل مدارهای الکترونیکی را به صورت

گام به گام به خواننده می‌آموزد، که این خود باعث شکل‌گیری ذهنی منظم می‌باشد. لذا توصیه اکید نگارنده به داوطلبان کنکور این است که از بخش مسائل تشریحی غافل نشوند. در پاسخ تشریحی بخش دوم هر فصل درسنامه‌هایی به نام ایستگاه درس و نکته وجود دارد که مجموع این ایستگاه‌ها می‌تواند به عنوان یک درسنامه‌ای جامع برای داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد باشد. در مجموعه سؤالات تشریحی هر فصل، درس به صورت مسئله محور به خواننده آموخته می‌شود. لذا صرفاً خواندن ایستگاه‌های درس و نکته نمی‌تواند برای خواننده مفید باشد.

۴- در انتهای هر فصل تعداد سؤال تستی تکمیلی نیز اضافه شده است حل این سؤالات برای داوطلبانی که به دنبال سؤالات بیشتر هستند مفید خواهد بود.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم که مراتب قدردانی خود را از جناب آقای بدوستانی (مدیریت محترم انتشارات آزاده) و جناب آقای امیرحسین عالیخانی همراهی دلسوزانه خود را نصیب بنده نمودند، اعلام نمایم. همچنین از سرکار خانم فرزانه محمدلو و سرکار خانم شیروانی که با دقتی بی‌نظیر به ترتیب امور حروف‌چینی و طراحی شکل‌های کتاب حاضر را برعهده گرفتند، سپاسگزارم.

در انتها سپاس پایانی خود را به همسر عزیزم خانم مهندس الهه زنده روح که بازخوانی دوباره مجموعه را برعهده گرفتند تقدیم می‌نمایم.

تمامی تلاش نگارنده و دوستان ذکر شده در طی مدت آماده‌سازی این کتاب این بوده که اثری کامل و بی‌نقص را تقدیم عزیزان نمایم، لذا پیشاپیش از اینکه نظرات و ایرادات موجود را به بنده ابلاغ می‌نمایید سپاسگزارم و در نهایت خداوند را شاکرم به خاطر اینکه این توفیق را نصیب بنده نمود تا گامی هر چند ناچیز را در جهت اعتلای علمی میهن عزیزمان ایران بردارم.

آرزومند موفقیت شما

محمدصادق اسلام‌پناه سندی

تهران - ۱۳۹۳

فهرست مطالب

| | |
|---|-----|
| فصل ششم: فیدبک..... | ۱۳ |
| ۱-۶ - ساختار کلی فیدبک..... | ۱۴ |
| ۲-۶ - ویژگی‌های فیدبک منفی..... | ۱۶ |
| ۱-۲-۶ - کاهش حساسیت بهره..... | ۱۶ |
| ۲-۲-۶ - کاهش اعوجاج غیرخطی..... | ۱۷ |
| ۳-۲-۶ - افزایش پهنای باند..... | ۱۹ |
| ۴-۲-۶ - بهبود مقاومت خروجی و ورودی..... | ۲۰ |
| ۳-۶ - تشخیص فیدبک در مدارهای الکترونیکی..... | ۲۰ |
| ۴-۶ - تشخیص علامت فیدبک..... | ۲۳ |
| ۵-۶ - آرایش‌های مختلف فیدبک..... | ۲۵ |
| ۶-۶ - مراحل حل یک مسئله فیدبک منفی..... | ۲۹ |
| ۱-۶-۶ - تشخیص نوع فیدبک..... | ۲۹ |
| ۲-۶-۶ - اثر بارگذاری..... | ۲۹ |
| ۳-۶-۶ - محاسبه A تقویت کننده اصلی..... | ۳۴ |
| ۴-۶-۶ - محاسبه f شبکه فیدبک..... | ۳۸ |
| ۵-۶-۶ - محاسبه A_f | ۴۰ |
| ۷-۶ - محاسبه مقاومت ورودی و خروجی..... | ۴۲ |
| ۱-۷-۶ - فیدبک ولتاژ - سری..... | ۴۲ |
| ۲-۷-۶ - فیدبک ولتاژ - موازی..... | ۴۴ |
| ۳-۷-۶ - فیدبک جریان - سری..... | ۴۵ |
| ۴-۷-۶ - فیدبک جریان - موازی..... | ۴۶ |
| مسائل تشریحی فصل ششم..... | ۵۰ |
| پاسخ مسائل تشریحی فصل ششم..... | ۵۸ |
| تست‌های کنکور کارشناسی ارشد فصل ششم..... | ۹۱ |
| پاسخ تست‌های کنکور کارشناسی ارشد فصل ششم..... | ۱۰۵ |
| تست‌های تکمیلی فصل ششم..... | ۱۳۰ |
| پاسخنامه تست‌های تکمیلی فصل ششم..... | ۱۳۶ |
| فصل هفتم: تقویت‌کننده‌های توان..... | ۱۳۷ |
| ۱-۷ - هدف از داشتن تقویت کننده توان..... | ۱۳۹ |
| ۲-۷ - پارامترهای مهم در طراحی تقویت کننده توان..... | ۱۴۰ |

| | |
|-----|--|
| ۱۴۱ | ۳-۷ - دسته‌بندی تقویت توان..... |
| ۱۴۲ | ۴-۷ - طبقه خروجی کلاس A..... |
| ۱۴۶ | ۵-۷ - طبقه خروجی کلاس B..... |
| ۱۴۸ | ۱-۵-۷ - محاسبه توان خروجی به ازای سیگنال ورودی..... |
| ۱۴۸ | ۲-۵-۷ - توان تحویل گرفته شده از تغذیه به ازای سیگنال سینوسی..... |
| ۱۴۸ | ۳-۵-۷ - توان تلف شده در هر ترانزیستور..... |
| ۱۴۹ | ۴-۵-۷ - کار با یک منبع تغذیه..... |
| ۱۵۰ | ۶-۷ - طبقه خروجی کلاس AB..... |
| ۱۶۱ | مسائل تشریحی فصل هفتم..... |
| ۱۶۸ | پاسخ مسائل تشریحی فصل هفتم..... |
| ۱۹۰ | تست‌های کنکور کارشناسی ارشد فصل هفتم..... |
| ۲۰۲ | پاسخ تست‌های کنکور کارشناسی ارشد فصل هفتم..... |
| ۲۲۱ | تست‌های تکمیلی فصل هفتم..... |
| ۲۲۹ | پاسخنامه تکمیلی تست‌های فصل هفتم..... |
| ۲۳۱ | فصل هشتم: مدارهای تقویت‌کننده عملیاتی..... |
| ۲۳۳ | ۱-۸ - تقویت‌کننده عملیاتی..... |
| ۲۳۳ | ۱-۱-۸ - تقویت‌کننده عملیاتی ایده‌آل..... |
| ۲۳۴ | ۲-۸ - بررسی کاربردهای خطی - تقویت کننده عملیاتی ایده‌آل..... |
| ۲۳۴ | ۱-۲-۸ - تقویت کننده وارونگر..... |
| ۲۳۴ | ۲-۲-۸ - تقویت کننده ناوارونگر..... |
| ۲۳۶ | ۳-۲-۸ - مدار جمع کننده..... |
| ۲۳۶ | ۴-۲-۸ - تقویت کننده تفاضلی با آپ آمپ..... |
| ۲۳۸ | ۵-۲-۸ - مدار انتگرالگیر با آپ - امپ..... |
| ۲۳۹ | ۶-۲-۸ - مدار مشتق‌گیر با آپ - امپ..... |
| ۲۴۰ | ۳-۸ - بررسی مدارهایی که در آن آپ - امپ ایده‌آل نیست..... |
| ۲۴۲ | ۴-۸ - کاربردهای غیرخطی آپ - امپ..... |
| ۲۴۲ | ۱-۴-۸ - یکسوساز نیم موج دقیق..... |
| ۲۴۵ | ۲-۴-۸ - مقایسه کننده با خروجی محدود شده..... |
| ۲۵۰ | مسائل تشریحی فصل هشتم..... |
| ۲۵۵ | پاسخ مسائل تشریحی فصل هشتم..... |
| ۲۷۱ | تست‌های کنکور کارشناسی ارشد فصل هشتم..... |
| ۲۸۶ | پاسخ تست‌های کنکور کارشناسی ارشد فصل هشتم..... |

| | |
|--|------------|
| تست‌های تکمیلی فصل هشتم..... | ۳۱۵ |
| پاسخنامه تکمیلی تست‌های فصل هشتم | ۳۱۸ |
| فصل نهم: تنظیم‌کننده‌های ولتاژ | ۳۱۹ |
| ۱-۹ - ساختار کلی منبع تغذیه | ۳۲۰ |
| ۱-۱-۹ - چند تعریف اساسی در تثبیت‌کننده‌های ولتاژ | ۳۲۰ |
| ۲-۹ - بررسی توپولوژی‌های مختلف تنظیم‌کننده ولتاژ | ۳۲۲ |
| ۱-۲-۹ - تنظیم‌کننده ولتاژ ساده | ۳۲۵ |
| ۳-۹ - مدار تنظیم‌کننده ولتاژ پیشرفته | ۳۳۳ |
| ۱-۳-۹ - مدار محدود‌کننده جریان | ۳۴۰ |
| مسائل تشریحی فصل نهم..... | ۳۴۶ |
| پاسخ مسائل تشریحی فصل نهم | ۳۴۹ |
| تست‌های کنکور کارشناسی ارشد فصل نهم | ۳۶۳ |
| پاسخ تست‌های کنکور کارشناسی ارشد فصل نهم..... | ۳۷۱ |
| تست‌های تکمیلی فصل نهم | ۳۸۲ |
| پاسخنامه تکمیلی تست‌های فصل نهم | ۳۸۴ |
| فصل دهم: پاسخ فرکانسی..... | ۳۸۵ |
| مسائل تشریحی فصل دهم..... | ۳۸۶ |
| پاسخ مسائل تشریحی فصل دهم | ۳۹۰ |
| تست‌های کنکور کارشناسی ارشد فصل دهم | ۴۰۵ |
| پاسخ تست‌های کنکور کارشناسی ارشد فصل دهم | ۴۰۹ |
| تست‌های تکمیلی فصل دهم | ۴۱۴ |
| پاسخنامه تست‌های تکمیلی فصل دهم..... | ۴۱۸ |
| تست‌های کنکور کارشناسی ارشد و دکتری سراسری سال ۱۳۹۱ به بعد | ۴۱۹ |
| فهرست منابع..... | ۴۷۲ |



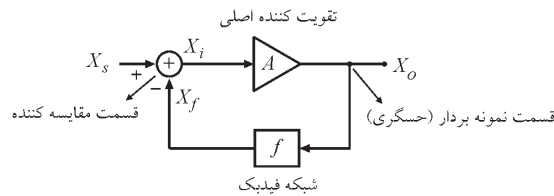
مقدمه:

فیدبک بخش جدایی‌ناپذیر از زندگی روزمره ماست. بحث مربوط به فیدبک منحصر به سیستم‌های الکترونیکی نمی‌باشد بلکه این قضیه در سیستم‌های طبیعی مانند بدن انسان نیز دیده می‌شود. به عنوان مثال زمانی که شما از این محیط روشن وارد محیط تاریک می‌شوید ابتدا جایی را نمی‌بینید ولی بعد از گذشت زمان کوتاهی مردمک چشم شما بازتر شده و بهتر می‌توانید محیط را ببینید. یک نمونه دیگری که می‌توان برای فیدبک مثال زد، زمانی است که شما می‌خواهید سرعت اتومبیل خود را به یک میزان مشخصی برسانید. در این حالت شما با چشم خود هر لحظه از صفحه نمایش سرعت اتومبیل خود فیدبک می‌گیرید و بسته به میزان سرعت، پدال گاز را بیشتر یا کمتر فشار می‌دهید. هدف از این فصل آشنایی با فیدبک، مزایای آن در مدارهای الکترونیکی و طریقه حل مسائل فیدبک می‌باشد.

در سنامه فصل ششم : فیدبک

۶-۱ - ساختار کلی فیدبک

در شکل زیر ساختار کلی یک فیدبک منفی نشان داده شده است.



همانطور که در شکل فوق مشاهده می شود هر سیستم فیدبک دار از بخش های تقویت کننده اصلی، قسمت نمونه بردار، شبکه فیدبک و قسمت مقایسه کننده تشکیل شده است. در مثالی که در مقدمه ذکر شد افزایش فشار بر پدال گاز قسمت تقویت اصلی ای می باشد چشم شما که هر لحظه سرعت را از صفحه سرعت اتومبیل می خواند قسمت نمونه بردار می باشد. تنظیم فشار بر پدال گاز برای رسیدن به سرعت مورد نظر شبکه فیدبک خواهد بود و در نهایت قسمت صفحه سرعت که در آن شما عقربه سرعت را با سرعت مورد نظر مقایسه می کنید قسمت مقایسه کننده است.

در این ساختار باید تابع $\frac{X_o}{X_s}$ را بدست آوریم لذا برای محاسبه این تابع روابط زیر را داریم:

$$X_i = X_s - X_f$$

$$X_o = A X_i$$

$$X_f = f X_o$$

اگر در رابطه اول X_i و X_f را برحسب X_o بیان کنیم رابطه زیر به دست می آید:

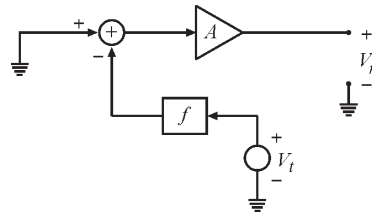
$$\frac{X_o}{A} = X_s - f X_o$$

لذا $\frac{X_o}{X_s}$ به صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{X_o}{X_s} = \frac{A}{1 + A f}$$

در یک فیدبک منفی $A f$ همواره مثبت است به همین خاطر فیدبک منفی باعث کاهش بهره مدار

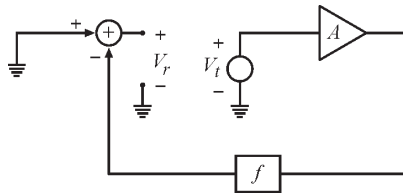
می‌شود. در رابطه فوق Af بهره حلقه^(۱) نامیده می‌شود. در یک مدار دارای فیدبک، بهره حلقه کاملاً مستقل از نوع ورودی بوده و کاملاً وابسته به حلقه موجود در مدار می‌باشد. برای درک این موضوع شکل زیر را در نظر بگیرید. در این شکل حلقه موجود در قسمت حسگری باز شده است. برای محاسبه بهره حلقه یک ولتاژ در ورودی شبکه فیدبک قرار می‌دهیم و خروجی تقویت‌کننده اصلی را به عنوان خروجی در نظر می‌گیریم. از طرفی ورودی را نیز صفر کرده‌ایم.



در این مدار نسبت $-\frac{V_r}{V_t}$ به صورت زیر خواهد بود:

$$-\frac{V_r}{V_t} = Af$$

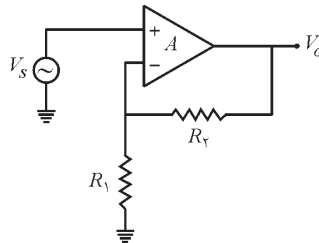
برای محاسبه بهره حلقه مهم نیست که کجای حلقه را باز کنیم برای درک این موضوع به شکل زیر دقت نمایید. در این شکل حلقه در ورودی تقویت‌کننده اصلی باز شده است و خروجی نیز بعد از قسمت مقایسه‌کننده در نظر گرفته شده است.



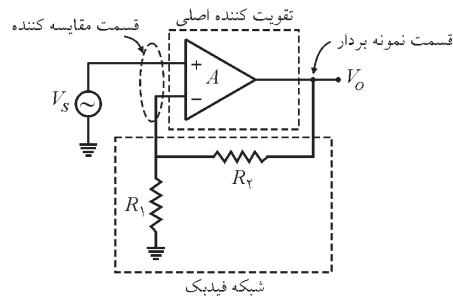
در این شکل نسبت $-\frac{V_r}{V_t}$ همان Af است.

مثال ۱: در مدار شکل زیر بهره تقویت‌کننده عملیاتی را A فرض کنید. در این صورت بهره حلقه مدار را

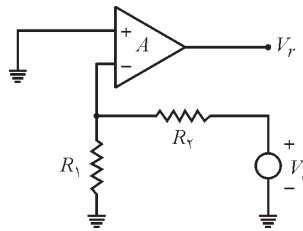
بدست آورید.



پاسخ: قسمت‌های مختلف ساختار کلی فیدبک در مدار فوق در شکل زیر آورده شده است:



برای محاسبه بهره حلقه، حلقه را در قسمت نمونه بردار باز می‌کنیم و خروجی را خروجی تقویت کننده اصلی در نظر می‌گیریم. در این صورت شکل زیر را داریم:



چون مقاومت ورودی تقویت کننده عملیاتی بی‌نهایت است لذا نسبت $\frac{V_r}{V_t}$ - به صورت زیر است:

$$Af = -\frac{V_r}{V_t} = \frac{AR_1}{R_1 + R_f}$$

۶-۲-ویژگی‌های فیدبک منفی

در ادامه در مورد خواص اساسی فیدبک منفی بحث خواهیم کرد.

۶-۲-۱-کاهش حساسیت بهره

همانطور که می‌دانیم در یک تقویت کننده فیدبک دار بهره کلی طبق رابطه $\frac{A}{1+Af}$ به دست می‌آید. حال اگر در یک مدار فیدبک دار Af بسیار بزرگ باشد آنگاه بهره کلی تقریباً $\frac{1}{f}$ خواهد شد. این موضوع خاصیت جالبی است، چرا که در این صورت بهره کلی دیگر به A وابسته نیست. به طور کلی حتی اگر Af هم بزرگ نباشد در یک تقویت کننده فیدبک دار حساسیت به A با ضریب $\frac{1}{1+Af}$ کم خواهد شد. اگر $\frac{A}{1+Af}$ با A_f ، بهره مدار با فیدبک، فرض کنیم در این صورت اگر از A_f نسبت به A مشتق