

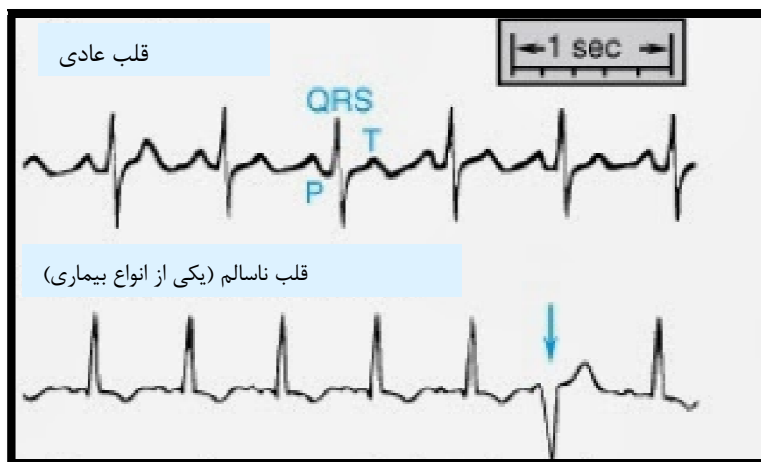
پروژه ابزار سنجش ضربان قلب با قیمت ارزان

توسط: دانشجویان دانشکده مهندسی پزشکی، دانشگاه امیرکبیر

درس الکترونیک - دکتر مهرداد ساویز

مقدمه: هدف ما طراحی یک وسیله ارزان برای خانواده‌هاست که بتواند ضربان قلب را تحت نظارت قرار دهد. بیشتر مدارهای رایج در بازار با رویکرد دیجیتال و با استفاده از آی‌سی‌های مخصوص طراحی شده‌اند. ما برای ارزان شدن و ساده شدن مدار، باید همان کار را با رویکرد آنالوگ انجام دهیم. ایده اصلی آن است که سیگنال را از بدن به کمک الکتروود دریافت کنیم، سپس تقویت کنیم، و سپس بتوانیم تعداد ضربان را به یک ولتاژ قابل قرائت در خروجی سیستم تبدیل کنیم. به عنوان مثال اگر ضربان ۷۰ بار در دقیقه است، یک ولتاژ ۰/۷ ولت ثابت (دی سی) در خروجی داشته باشیم و اگر تعداد ضربان ۱۲۰ بار در دقیقه است یک ولتاژ ۱،۲ ولت.

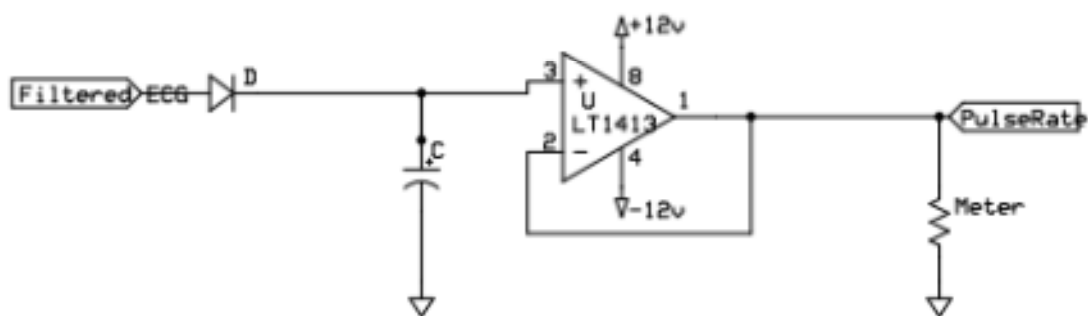
برای آن که در مقدمات زمانی بتوانیم کار را به پیش ببریم، از گرفتن سیگنال از خود بدن صرف نظر می‌کنیم. سیگنال ضربان قلب الکتریکی را با روشی مصنوعی تولید می‌کنیم و به ورودی مدار می‌دهیم (مثلاً با یک تقسیم پتانسیل حاوی پتانسیومتر و تغییر دستی پتانسیومتر و حتماً راه‌های بهتری هم هست). دقت نمایید که شکل این سیگنال قدری متفاوت از آن چیزی است که به عنوان سیگنال صوتی قلب در ابتدای درس معرفی شد و فایل صوتی آن روی سایت قرار گرفت.



تقویت کننده تفاضلی ابزار دقیق لازم با بهره قابل تنظیم نیز در طول ترم طراحی شده و بسته شده است. اکنون مرحله تبدیل فرکانس (تعداد ضربان در واحد زمان) به ولتاژ ثابت متناسب با فرکانس را مورد بحث قرار می‌دهیم. یک نکته ساده کننده دیگر هم هست: لازم نیست ارتباط ولتاژ ثابت خروجی با فرکانس، یک ارتباط خطی باشد. کافی است یک به یک باشد، و آن گاه می‌توان با یک مداری در خروجی با تابع تبدیل انتقال ولتاژ مناسب، آن را به مقادیر مناسبی «نگاشت» کرد.

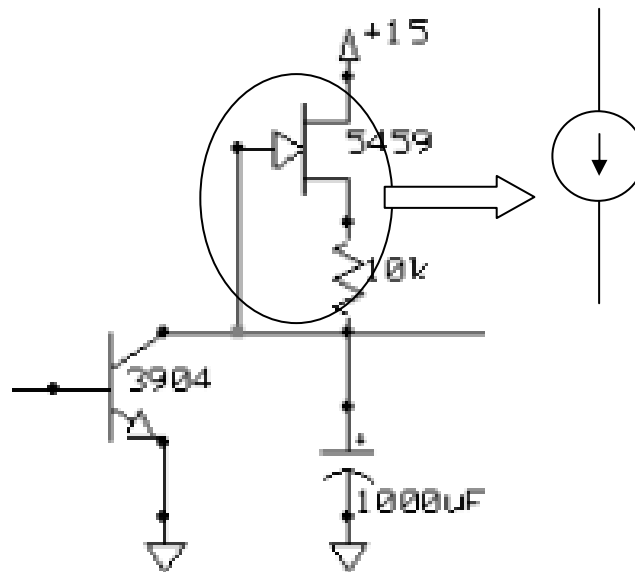
تبدیل ضربان به ولتاژ ثابت

با توجه به مطالبی که در قبل از میان ترم داشتیم، به نظر می‌رسد یک مدار یکسوساز و صافی خازنی بتواند این کار را انجام دهد، چرا که مقدار (میانگین گیری شده) دی سی به دست آمده در آن جا ارتباط خوبی با فرکانس داشت. هر چه فرکانس بیشتر بود، خازن خروجی فرصت کمتری برای دشارژ داشت و ولتاژ میانگین به قله سینوسی نزدیکتر می‌شد. این در واقع یک مدار آشکارساز قله است که یک بافر ولتاژ هم به انتهای آن اضافه شده باشد. (مقاومت دشارژ خازن در واقع مقاومت ورودی اپ امپ است-نه؟) اما این یک عیب هم دارد: مقدار آن به دامنه سیگنال الکتریکی هم وابسته بود که در مورد افراد مختلف ممکن است فرق کند. این عامل اضافه باعث می‌شود فکر دیگری بکنیم.

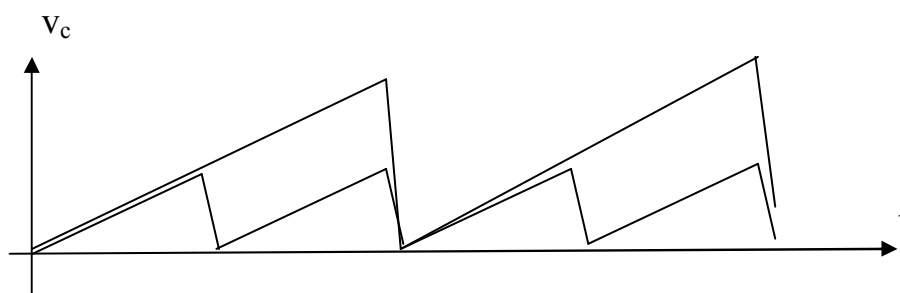


شما می‌توانید ایده‌های مختلفی را به کار ببندید. بهترین ایده‌ها معمولاً ساده‌ترین‌ها هستند. یک ایده هم در زیر ارائه می‌شود. طرح زیر «بخش بخش» است، به این معنا که هر بخش کارکرد معلومی دارد و به لحاظ فیزیکی ورودی و خروجی مشخصی دارد، مزیت این شکل از طراحی آن است که برای عیب یابی می‌شود هر بخش را به طور مجزا تست نمود و دید که رابطه بین ورودی و خروجی آن همان چیزی هست که ما فکر می‌کنیم یا نه.

ایده اصلی در این جا این است که از همان مدار یکسوساز و صافی خازنی استفاده کنیم اما با یک مدار در مقدمه آن، که فقط به ضربان حساس باشد.



این مدار در ورودی خود (چپ) سیگنال تقویت شده قلب را میگیرد. به همین دلیل ترانزیستور دوقطبی فقط در لحظات قلبه سیگنال قلب روشن می شود و جریان کلکتور آن خازن را تخلیه می کند. در سایر لحظات، منبع جریانی که در بالا قرار گرفته با نرخ ثابت در حال شارژ کردن خازن است. به همین دلیل شکل موج ولتاژ خازن تبدیل به یک شکل موج دندانه-اره‌ی می‌شود:

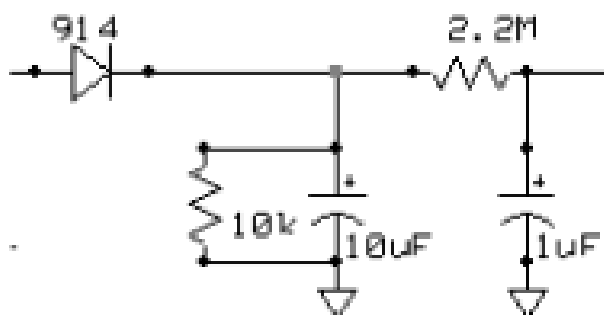


شما بایستی مقدار جریان لازم، و ظرفیت لازم را طوری تنظیم نمایید که در بازه یک- دو ثانیه فاصله بین ضربان قلب، ولتاژ خازن معقول باشد- نه زیاده از حد، نه کم‌تر از آن که بشود آن را سنجید.

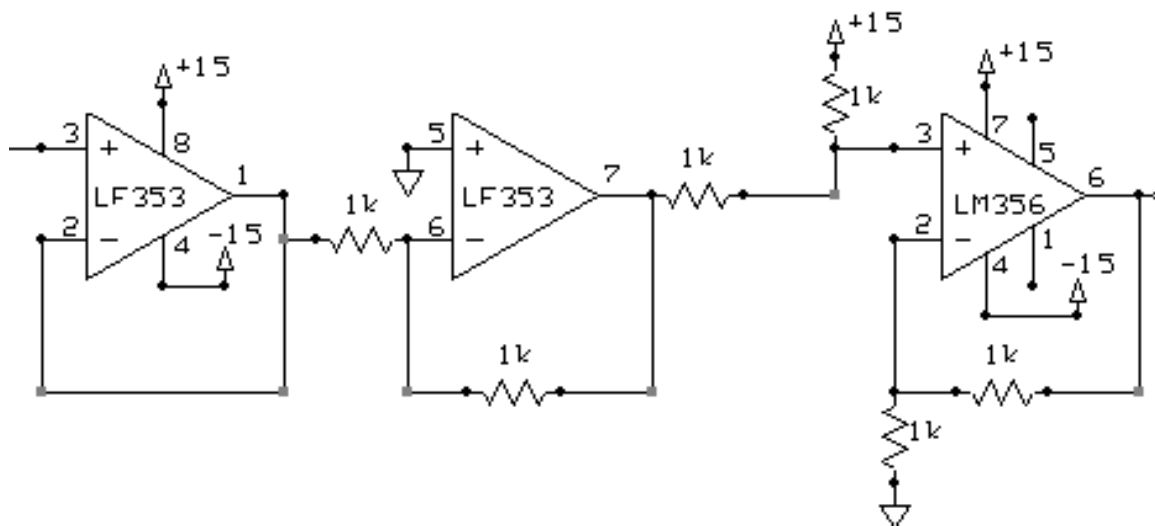
اگر از خازن‌های الکترولیتی (استوانه‌ای) استفاده می‌کنید، بدانید که این خازن‌ها پلاریته دارند. یعنی روی آن‌ها قطب مثبت و منفی مشخص شده و قطب مثبت آن‌ها در مدار باید ولتاژی مثبت تر از منفی آن‌ها داشته باشد. عدم رعایت این نکته می‌تواند به ترکیدن خازن و آسیب جسمی منجر شود. توصیه می‌شود در صورتی که اولین تجربه شماست، از خازن‌های سرامیکی (عدسی) استفاده شود.



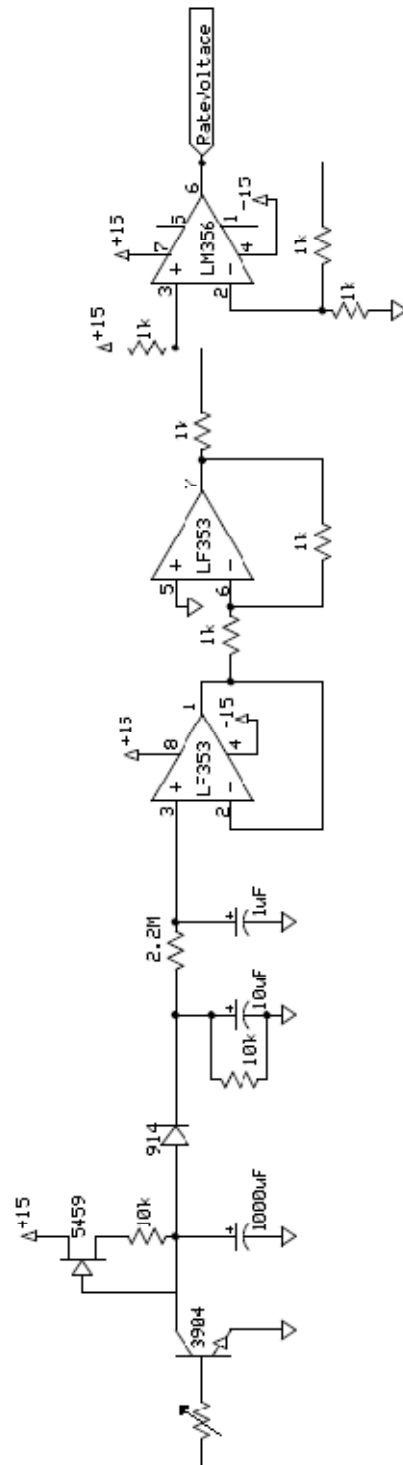
حالا مستقل از آن که دامنه سیگنال قلب دقیقا چه بوده، عمر و لذا دامنه هر اوج دندان‌اره‌ای وابسته به فاصله دو ضربان قلب است. متوسط این شکل موج هم مرتبط با تعداد ضربان است (هرچه ضربان در واحد زمان بیشتر، متوسط کم‌تر) و یک رابطه یک به یک قابل حصول به نظر می‌رسد. پس برویم سراغ میانگین‌گیری (یا همان مدار یکسو ساز و صافی خازنی، یا به عبارت کتاب انتگرال‌گیر):



که البته دو مرحله فیلتر شده است تا تموج‌های آن کم‌تر شود. سپس برای آن که خروجی توسط مدار میانگین‌گیری کننده حس نشود و ثابت زمانی‌های آن عوض نشود، یک بافر ولتاژی و برای آن که رابطه ضربان و خروجی مشابه هم شود (صعودی به ازای افزایش ضربان) یک معکوس کننده (وارونساز) و برای آن که در رنج ولتاژ مثبت مناسب برای قرائت قرار گیرد یک جمع کننده اپ امپی در خروجی قرار می‌دهیم که یک مقدار ثابت را با آن جمع کند. دقت نمایید که شرح مدارهای پایه جمع زننده یا وارونساز و ... در کتاب درسی هم هست.

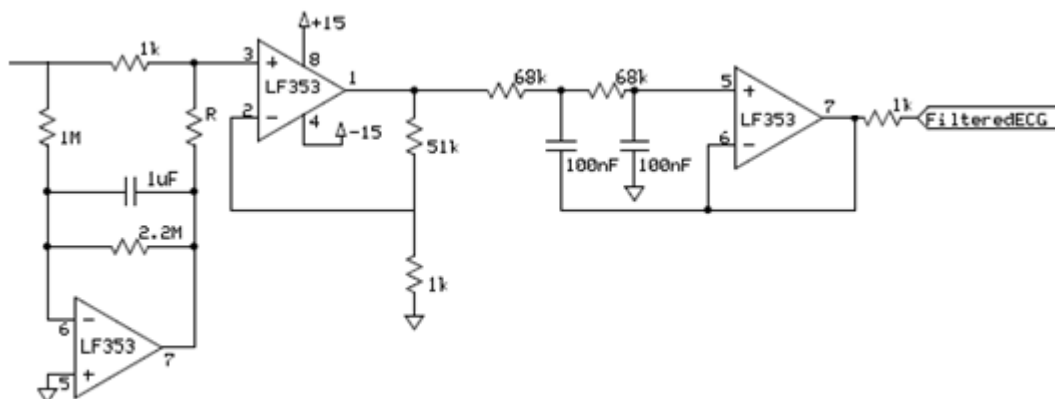


مدار کامل در ادامه می آید. البته دقت نمایید که این طرح با فرض تغذیه ۱۵ ولت ایجاد شده است. اگر تغذیه شما غیر از این است، قدری بازطراحی انجام دهید. پتانسیومتر تعبیه شده قبل از ترانزیستور دوقطبی برای آن است که ولتاژ بیش از حد بر روی بیس-امیتر آن قرار نگیرد و ترانزیستور نسوزد. این پتانسیومتر را ابتدا در حالت بیشینه مقاومت قرار دهید و سپس به آرامی کم کنید.



نهایتاً این که سیگنال ورودی به این مدار، یک سیگنال فیلتر شده است. معنی آن این است که با استفاده درست از خازن در مدار تقویت کننده تفاضلی (مرحله قبل از تبدیل فرکانس به ولتاژ) فرکانسهای مزاحمی مانند برق شهر باید حذف شده باشند. همچنین لازم است بخش DC سیگنال حذف یا ضعیف شده باشد. شاید شما با افزودن یک RC ساده و مناسب در خروجی طبقه قبل بتوانید این کار را انجام دهید. راههای دیگری هم برای این کار هست. مثل مدار زیر که اپ امپ اول در آن نوعی انتگرال گیر است تا مقدار DC

سیگنال را پیدا کند. اپ امپ دوم نوع جمع زننده است تا مقدار DC را از سیگنال کسر کند. سپس یک فیلتر با فرکانس قطع هست اپ امپ سوم بافر ولتاژ است تا آن چه در خروجی وصل می‌شود، با مقاومت ورودی خود ثابت زمانی فیلتر (و فرکانس قطع آن را) نسبت به آن چه طراحی شده، عوض نکند.



توجه نمایید که ایده های شما ممکن است ارزشمندتر، بهتر و ساده تر و ارزان تر از این طرح باشند.

در پناه خدا، موفق باشید