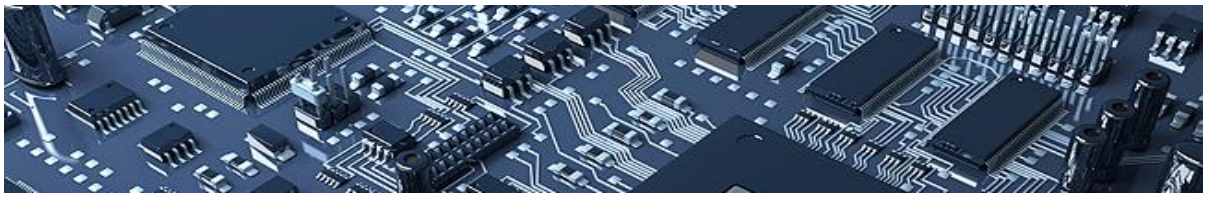


آزمایش ۴

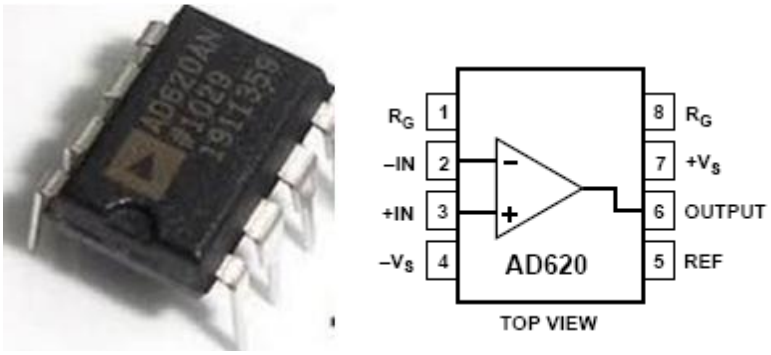
تقویت‌کننده ابزار دقیق (Instrumentation Amplifier -IA)

هدف: در این آزمایش ابتدا با یک نمونه تقویت‌کننده ابزار دقیق آشنا خواهید شد. سپس نحوه استفاده از این قطعه در یک پل وتستون برای اندازه‌گیری تغییرات به وجود آمده در سنسور دما بررسی می‌شود.

مرحله اول: آشنایی با تقویت کننده ابزار دقیق

وسایل مورد نیاز: باتری، سرباتری، بردبورد، تقویت‌کننده AD620، چند مقاومت.

تقویت کننده AD620، یک قطعه نسبتا ازران‌قیمت با دقت بالاست که دارای بهره قابل تنظیم و بالایی می‌باشد. این IC دارای ۸ پایه است و توان مصرفی آن بسیار پایین است، لذا استفاده از باتری برای تغذیه آن مناسب است. مشخصات پایه‌های IC در شکل ۴-۱ مشاهده می‌شود. با اتصال یک مقاومت خارجی بین پایه های ۱ و ۸، می‌توان بهره آن را بین 1~1000 تنظیم نمود.



شکل ۴-۱. نمای شماتیک پایه های AD620

تقویت‌کننده AD620 نیز مانند آپ‌امپ 741 دارای ولتاژ تغذیه مثبت و منفی می‌باشد. تغذیه این IC

می‌تواند بین ۲.۳ تا ۱۸ ولت باشد که در این آزمایش از ولتاژ +12v و -12v جهت تغذیه آن استفاده می‌شود. پایه‌های شماره ۴ و ۷ به ترتیب تغذیه مثبت و منفی هستند. تقویت‌کننده مذکور اختلاف ولتاژ بین پایه‌های ورودی ۲ و ۳ را با توجه به بهره تعیین شده تقویت نموده و روی پایه ۶ به عنوان ولتاژ خروجی خواهد داد. پایه ۵ (REF) مشخص‌کننده ولتاژ مرجع است. این پایه ولتاژ خروجی صفر را تعیین می‌کند. با استفاده از جدول مندرج در شکل ۴-۲ و مقاومت‌هایی که در اختیار دارید، می‌توانید بهره‌های مختلفی را ایجاد نمایید.

معادله زیر، رابطه بین مقاومتی که بین پایه‌های ۱ و ۸ قرار می‌گیرد و بهره‌ی تقویت‌کننده را بیان می‌کند. با قرار دادن یک پتانسیومتر، می‌توان بهره تقویت‌کننده را به صورت پیوسته تغییر داد.

$$R_G = \frac{49.4K\Omega}{G-1}$$

$$G = \frac{49.4K\Omega}{R_G}+1$$

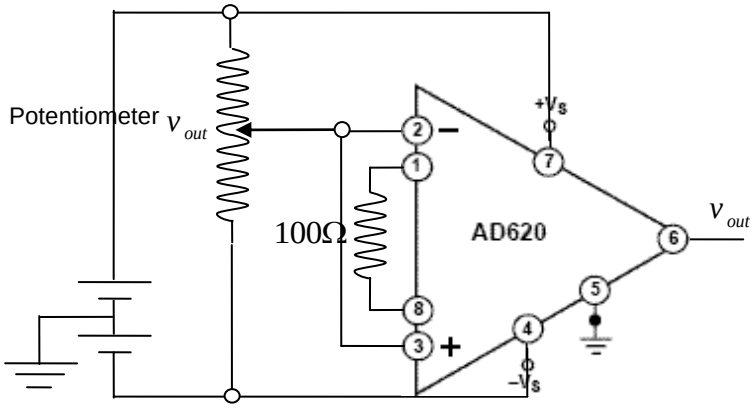
که در روابط فوق، R_G همان مقاومتی است که بین پایه‌های ۱ و ۸ قرار می‌گیرد و G، بهره‌ی تقویت‌کننده می باشد.

1% Std Table Value of $R_G(\Omega)$	Calculated Gain	0.1% Std Table Value of $R_G(\Omega)$	Calculated Gain
49.9 k	1.990	49.3 k	2.002
12.4 k	4.984	12.4 k	4.984
5.49 k	9.998	5.49 k	9.998
2.61 k	19.93	2.61 k	19.93
1.00 k	50.40	1.01 k	49.91
499	100.0	499	100.0
249	199.4	249	199.4
100	495.0	98.8	501.0
49.9	991.0	49.3	1,003.0

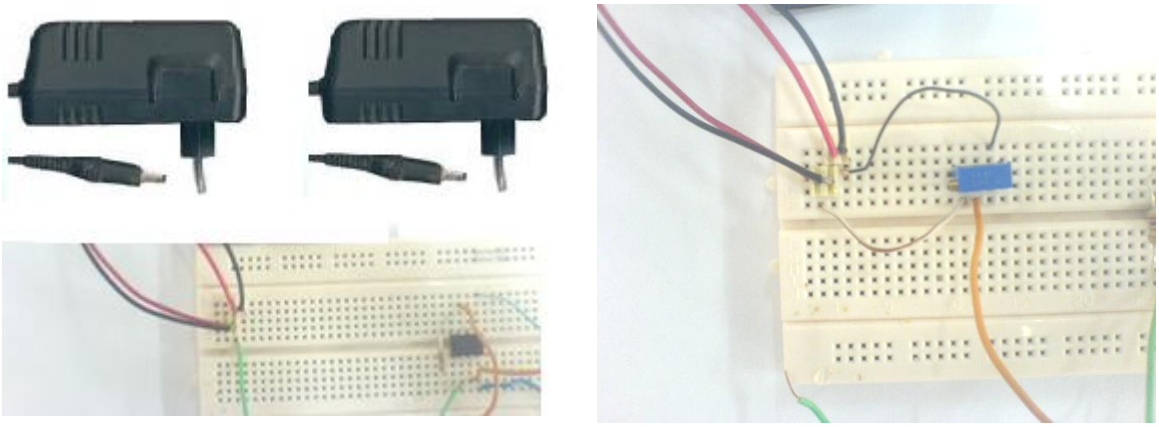
شکل ۴-۲ . چند نمونه مقاومت و بهره‌های ایجاد شده

یک مقاومت ۱۰۰ اهمی برداشته و میزان مقاومت دقیق آن را توسط اهم‌متر اندازه‌گیری نمایید. اکنون این مقاومت را بین پایه‌های ۱ و ۸ قرار دهید. بهره ی دقیق تقویت‌کننده را محاسبه کنید. اگر مقاومت دقیقا ۱۰۰ اهم باشد بهره تقویت‌کننده دقیقا برابر ۴۹۵ خواهد بود. با استفاده از یک پتانسیومتر، یک ولتاژ بین ۴ تا ۷ ولت

به دلخواه ایجاد نموده و مقدار آن را به خاطر بسپارید. هر دو پایه ورودی (IN- و IN+) تقویت‌کننده را به ولتاژ ایجاد شده متصل نمایید. به شکل ۴-۳ تا شکل ۴-۵ توجه کنید.

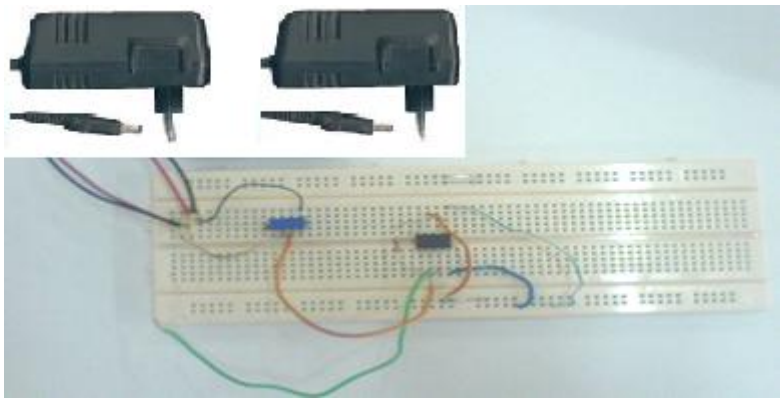


شکل ۴-۳ مدار مربوط به تست تقویت‌کننده



(ب) (الف)

شکل ۴-۴ . مدار تغذیه و تقسیم ولتاژ



شکل ۴-۵ . نحوه اتصال ولتاژهای ورودی به تقویت کننده

اکنون که ولتاژ اعمال شده به پایه‌های ورودی یکسان است، مقدار ولتاژ خروجی را بدست آورید. (V_{out}) با استفاده از رابطه زیر مقدار CMRR را بدست آورده و با مقدار ذکر شده در کاتالوگ مقایسه کنید.

$$V_{out} = A_{cm}.V_{com}$$

$$CMRR = 20\log\left(\frac{A_d}{A_{cm}}\right)$$

در این روابط A_d بهره تفاضلی (بهره‌ای که توسط مقاومت ۱۰۰ اهمی تنظیم نموده‌اید)، A_{cm} بهره حالت مشترک و V_{com} ولتاژ مشترک روی پایه های ورودی است.

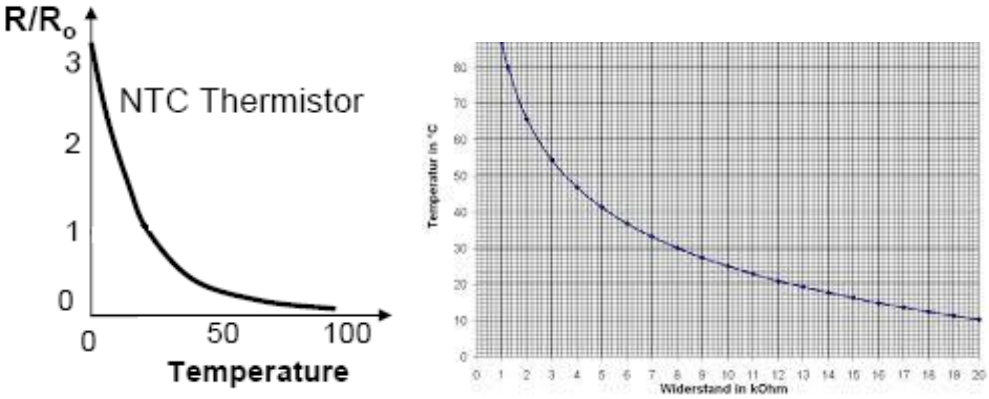
مرحله دوم: آشنایی با ترمیستور

وسایل مورد نیاز: وسایل مرحله قبل، ترمیستور

ترمیستور قطعه‌ای است که مقاومت آن در برابر تغییر دما و یا عبور جریان، به صورت غیرخطی تغییر می‌کند. بنابراین ترمیستور در حقیقت یک سنسور دمایی است. (شکل ۴-۶)

شکل ۴-۶ . ترمیستور NTC

ترمیستوری که در این آزمایش به شما داده می‌شود از نوع NTC است و مقاومت آن با افزایش دما کاهش می‌یابد. در شکل ۴-۷ نمودار تغییرات مقاومت آن بر حسب دما داده شده است.



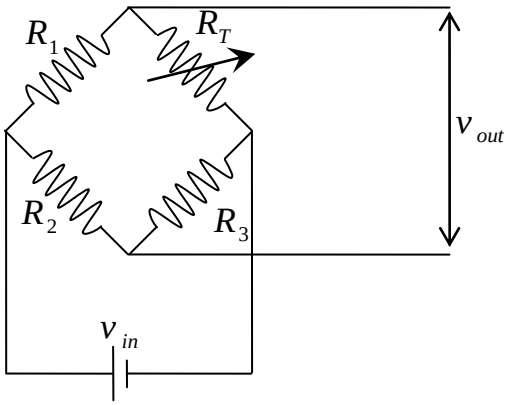
شکل ۴-۷ . رابطه تغییر مقاومت ترمیستور NTC با دما

اکنون مقاومت ترمیستور را با اهم‌متر اندازه بگیرید. حال در حالی که آن را با دست لمس می‌کنید مقاومت آن را مجددا اندازه گرفته و کاهش آن را مشاهده کنید.

مرحله سوم: تقویت ولتاژ خروجی از ترمیستور

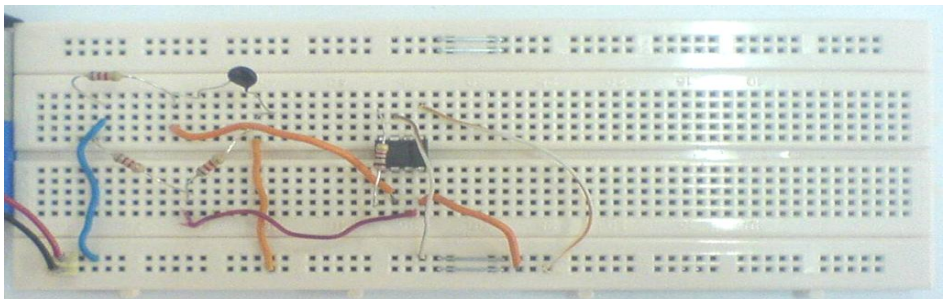
استفاده از ترمیستور به عنوان سنسور دما، معمولا در یک پل وتستون صورت می‌گیرد. به این صورت که مقاومت‌های موجود در پل وتستون برابر مقدار پایه ی مقاومت ترمیستور در نظر گرفته خواهند شد. طرز کار پل وتستون به این ترتیب است که اگر حاصل ضرب مقاومت های رو به رو برابر باشد، پل در حالت بالانس قرار دارد؛

اما اگر این این حاصل ضرب ها مساوی هم نباشند، تعادل پل از بین می رود. بنابراین در حالت پایه پل در وضعیت بالانس قرار داشته و ولتاژ خروجی آن صفر است. (شکل ۴-۸) مقدار ولتاژ دو سر خروجی پل (v_{out}) نمایانگر تغییر مقاومت بازوی فعال این پل است.



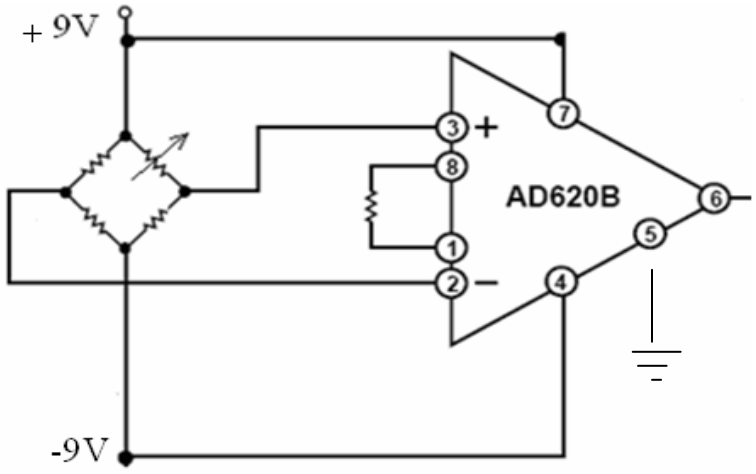
شکل ۴-۸ . نحوه قرارگیری ترمیستور در پل وتستون

مطابق شکل ۴-۸ و ۴-۹ ترمیستور را در پل وتستون قرار دهید. مقاومت های موجود در پل باید حدوداً برابر با مقاومت ترمیستور در دمای محیط باشند. (به طور تقریبی می‌توانید از مقاومت‌های $8.2k\Omega$ برای ایجاد پل استفاده نمایید). ولتاژ بین دو سر خروجی پل وتستون را به وسیله مولتی‌متر اندازه بگیرید. وقتی در دمای معمولی اتاق قرار داریم باید مقدار این ولتاژ، صفر و یا نزدیک آن باشد در غیر این صورت با تغییر پتانسیومتر موجود در پل (R2) آن را متعادل نمایید با دست خود ترمیستور را لمس نموده و دوباره ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید. ولتاژ خروجی پل به میزان بسیار کمی تغییر کرده است.



شکل ۴-۹ . پل وتستون و نحوه قرار دادن ترمیستور در آن

اکنون مقاومت نصب شده بین پایه‌های ۱ و ۸ تقویت‌کننده ابزار دقیق را تعویض نمایید به گونه‌ای که بهره آن تقریبا برابر با ۱۰ باشد. دو سر ولتاژ خروجی از پل وتستون را به پایه‌های ورودی تقویت‌کننده ابزار دقیق متصل نمایید. همچنین پایه ولتاژ مرجع تقویت‌کننده ابزار دقیق را به زمین متصل نمایید. اکنون ولتاژ خروجی از تقویت‌کننده را اندازه‌گیری نمایید. باید مقدار آن تقریبا ۱۰ برابر شده باشد. با اندازه‌گیری مجدد ولتاژ خروجی از دو سر پل و نیز ولتاژ خروجی از تقویت‌کننده، مقدار عددی دقیق بهره را بدست آورید. (شکل ۴-۱۰) آیا این مقدار با مقدار مقاومتی که برای تعیین بهره قرار داده‌اید مطابقت دارد؟



شکل ۴-۱۰ اتصال خروجی‌های پل وتستون به تقویت‌کننده ابزار دقیق

اکنون با دست خود ترمیستور را لمس نمایید. در این حالت ولتاژ خروجی پل تغییر کرده و به تبع آن ولتاژ خروجی از تقویت‌کننده نیز تغییر خواهد کرد. مجددا ولتاژ خروجی از دو سر پل و ولتاژ خروجی از تقویت‌کننده را اندازه گرفته و مجددا بهره را محاسبه نمایید. این مقدار باید بسیار نزدیک به مقدار بهره‌ای که در حالت قبل محاسبه نموده‌اید باشد.

آیا می‌توانید با استفاده از ولتاژی که بدست آورده‌اید، تغییر مقاومت ترمیستور را محاسبه نمایید؟

همانطور که ذکر شد تغییر مقاومت ترمیستور بر حسب دما غیرخطی است. این تغییرات جزء مشخصات قطعه

است و معمولا به صورت نمودار و یا جدول وجود دارد. از آنجا که در این آزمایش، هدف محاسبه دما برحسب ولتاژ خروجی از تقویت‌کننده نیست انجام کالیبراسیون و دقیق کردن پل و خروجی تقویت‌کننده مد نظر نمی‌باشد. ولی در یک کاربرد صنعتی، کالیبراسیون و بدست آوردن جدول مشخصه ی سنسور ساخته شده، ضروری است.

یک مدار کاربردی دوکاناله جهت کنترل دمای یخچال و فریزر با استفاده از دو NTC طراحی و شبیه سازی نمایید.حداقل دما یخچال ۱ درجه سانتیگراد و حداقل دمای فریزر ۲۵- درجه می‌باشد.