



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی برق

استاد : دکتر حسینی طهرانی
سید محمد عرفان باطنی – 400100792

پروژه درس الکترونیک 1
تیر ماه 1402

هدف ما در این پروژه طراحی یک واسط حسگر دما تنها با استفاده از ترانزیستور می باشد. برای طراحی چنین مداری به ابزاری نیاز داریم.

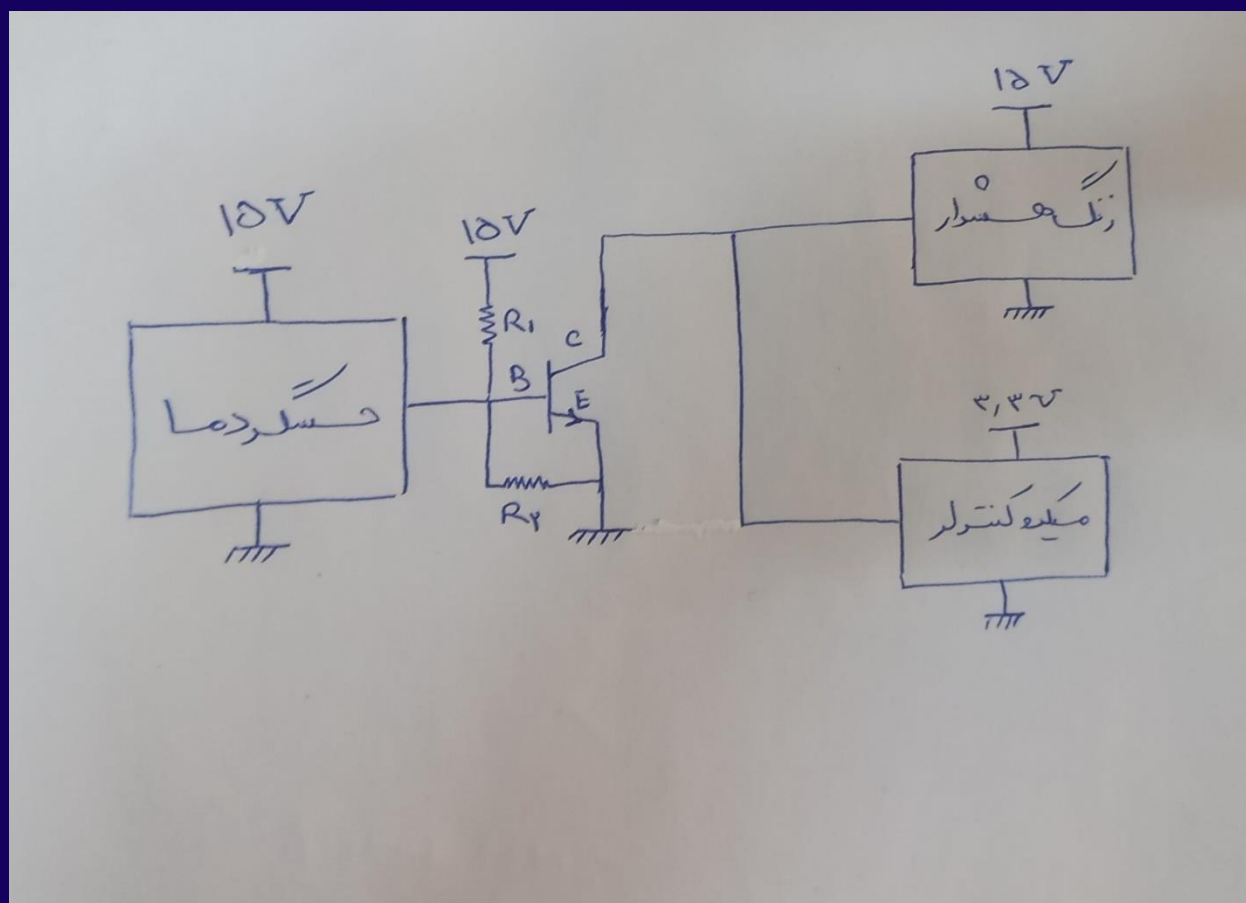
اجزای مورد نیاز :

- 1- ترانزیستور NPN (مانند 2N3904)
- 2- سنسور دما (مانند ترمیستور یا LM35) در این پروژه از ترمیستور NTC استفاده شده است پس بهتر است با ترمیستور ها مخصوصا ترمیستور نوع NTC بیشتر آشنا شویم. توضیحات ترمیستور ها در فایل پروژه موجود می باشد.
- 3- تعدادی مقاومت
- 4- تعدادی خازن
- 5- دیود
- 6- زنگ هشدار (آلام)
- 7- منبع تغذیه 15 ولتی
- 8- میکروکنترلر

شروع به بستن مدار و توضیح اتصالات می کنیم:

- 1) سنسور دما را متصل می کنیم به نحوی که یک سر سنسور دما را به زمین و سر دیگر را به پایه ی بیس ترانزیستور و همینطور سر دیگر آن را به منبع تغذیه وصل می کنیم.
- 2) ترانزیستور را در مدار قرار می دهیم به طوری که امیتر ترانزیستور را به زمین و همچنین کلکتور را نیز به ترمینال زنگ هشدار متصل می کنیم.
- 3) حال نوبت مقاومت ها می باشد. مقاومت R_1 را بین پایه بیس ترانزیستور و منبع تغذیه قرار می دهیم و مقاومت R_2 را بین بیس و کلکتور ترانزیستور قرار می دهیم.
- 4) منبع تغذیه را هم به سر دیگر R_1 و R_2 وصل می کنیم. سر دیگر منبع تغذیه را هم به زمین متصل می کنیم.

نمای کلی مدار به صورت زیر می باشد و شکل آن را در ادامه می بینیم. هم چنین شبیه سازی آن نیز در پوشه ی پروژه قرار دارد.



(در ادامه درمورد میکروکنترلر بیشتر صحبت می کنیم)

نحوه ی عملکرد مدار :

ابتدا سنسور دما را تشخیص می دهد و متناسب با دما، مقاومت آن تغییر می کند. هنگامی که دما از 30 درجه سانتی گراد بالاتر رود، مقاومت سنسور کاهش می یابد. در نتیجه ولتاژ بیس ترانزیستور افزایش می یابد اگر ولتاژ بیس افزایش یابد، جریان بیس نیز افزایش می یابد و جریان کلکتور با جریان بیس رابطه مستقیم دارد پس آن هم افزایش می یابد. جریان امیتر که طبق فرمول $I_E = I_C + I_B$ مجموع دو جریان بیس و کلکتور می باشد نیز منطقاً افزایش می یابد. سپس این جریان آلام متصل به کلکتور را فعال می کند که نشان دهنده ی دمای بالا است.

محاسبه ی مقدار مقاومت ها :

برای تشخیص مقدار مقاومت ها باید مشخصات سنسور دما و ترانزیستور را در نظر بگیریم. فرض می کنیم سنسور دما دارای مقاومت $10k$ اهم در 30 درجه سانتی گراد می باشد و ضریب دمایی آن 5% است و همینطور $V_{be(on)} = 0.7V$ و $I_B = 10 \text{ mA}$ است. حال با این فرضیات می توان مقدار مقاومت R_1 را حساب کرد :

$$R_1 = (V_{cc} - V_{be}) / I_B = (15 - 0.7) / 0.01 \text{ A} = 1430 \Omega$$

برای محاسبه ی مقاومت R_2 می توان از فرمول زیر استفاده کرد :

$$R_2 = (V_{cc} - V_{be}) / (I_B * \beta)$$

حال اگر فرض کنیم که $\beta = 100$ داریم :

$$R_2 = (15 - 0.7) / (0.01 * 100) = 1430 \Omega$$

ورودی میکروکنترلر :

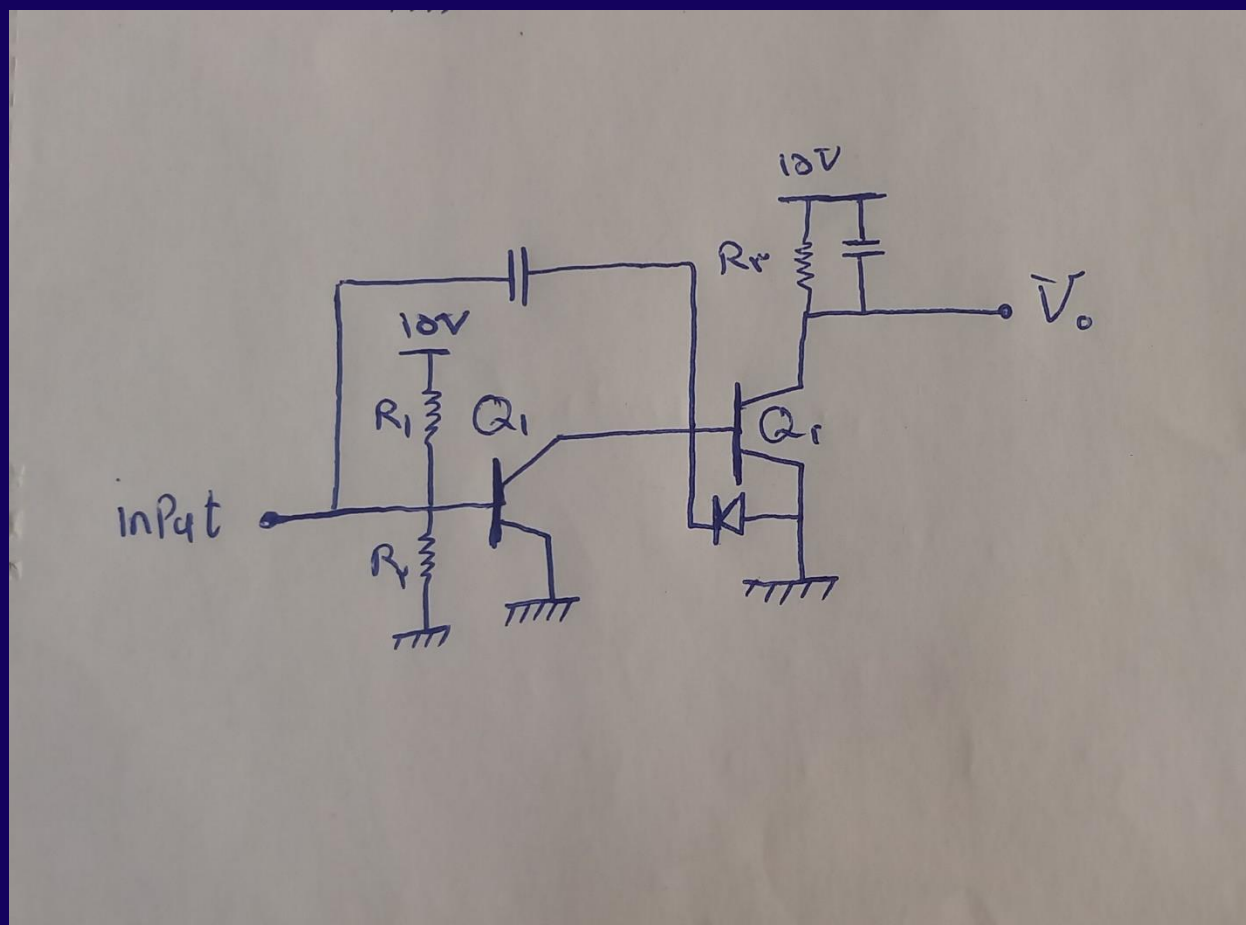
همانطور که در سوال نیز ذکر شده است سیگنال خروجی از ترانزیستور وارد میکروکنترلر می شود و محدوده ی این سیگنال باید از 0 تا 3.3 ولت باشد تا از سوختن پایه میکروکنترلر جلوگیری شود. پس باید قبل از میکروکنترلر یک مدار حافظتی (توضیحات بیشتر درباره ی مدار حافظتی در فایل پروژه قرار دارد) قرار دهیم که به سیگنال، در محدوده ی خواسته شده، اجازه ورود دهد و در بقیه ی موارد آن را ببرد. با استفاده از آپ امپ به سادگی می توان چنین مداری را ساخت ولی چون در سوال ذکر شده که از ترانزیستور استفاده کنیم، پس از مداری استفاده می کنیم که دارای ترانزیستور باشد. می توان از ترکیبی از ترانزیستور ها برای دستیابی به محدوده ولتاژ مورد نظر استفاده کنیم. برای تعیین مجهولات ابتدا ولتاژ بایاس را تعیین می کنیم. در این مورد بهتر است که آن را نصف ولتاژ تغذیه قرار دهیم یعنی

$$3.3 / 2 = 1.65 \text{ V}$$

حال یک شبکه تقسیم ولتاژ را برای تولید ولتاژ بایاس وصل می کنیم. از دو مقاومت R_1 و R_2 به صورت سری بین ولتاژ تغذیه و زمین استفاده می کنیم. اتصال بین R_1 و R_2 را به بیس ترانزیستور Q_1 که NPN هست، وصل می کنیم. شایان ذکر است که ترانزیستور Q_1 بهتر است قابلیت جریان مناسب را داشته باشد. اکنون امیتر Q_1 را به زمین و کلکتور را به بیس ترانزیستور Q_2 که آن نیز NPN هست، وصل می کنیم. امیتر Q_2 را به زمین و کلکتور را به ترمینال خروجی متصل می کنیم. همینطور مقاومت (R_3) را بین کلکتور Q_2 و V_{CC} وصل می کنیم. در مرحله بعد یک دیود (D_1) را با بایاس معکوس در محل اتصال بیس و امیتر Q_2 وصل می کنیم تا از جهش های ولتاژ معکوس محافظت کند. یک خازن (C_1) را به موازات R_3 وصل می کنیم تا فیلتر ولتاژ خروجی را تثبیت کند. سیگنال ورودی را از طریق یک خازن کوپلینگ (C_2) به بیس Q_2 وصل می کنیم تا DC را از بین ببرد.

درواقع این مدار سیگنال ورودی را به محدوده ی ولتاژ مورد نظر هدایت می کند و آن را به 0 ولت تا 3.3 ولت محدود می کند. ترانزیستور ها به عنوان مقایسه کننده ولتاژ، عمل می کنند که Q_1 ولتاژ بایاس را تنظیم می کند و Q_2 خروجی را بر اساس مقایسه با سیگنال ورودی کنترل می کند. دیود نیز از Q_2 در برابر افزایش ولتاژ معکوس محافظت می کند و خازن C_1 فیلتر و تثبیت ولتاژ خروجی را فراهم می کند.

نمای کلی این مدار را می توانید ببینید :



محاسبه ی مقدار مقاومت ها و خازن ها :

برای محاسبه مقادیر مقاومت ها و خازن ها، باید ولتاژ بایاس موردنظر و الزامات فیلتر را درنظر بگیریم. مثلا فرض می کنیم که سیگنال ورودی را در نصف ولتاژ تغذیه

$$15 / 2 = 7.5 \text{ V}$$

بایاس کنیم و از فرکانس قطع 1 KHz برای خازن فیلتر استفاده کنیم. چون برای تقسیم ولتاژ باید ولتاژ بایاس 7.5 ولت تولید کند. با فرض $R_1 = R_2$ ، ولتاژ در هر مقاومت :

$$7.5 / 2 = 3.75 \text{ V}$$

باشد و از آنجایی که ولتاژ تغذیه 15 ولت است، ولتاژ دوطرف R_1 و R_2 :

$$15 - 3.75 = 11.25 \text{ V}$$

چون جریان ورودی $(1 \text{ A} = 100 * 0.01)$ است داریم :

$$R * 1 \text{ A} = 3.75 \text{ V}$$

$$R = R_1 = R_2 = 3.75 \Omega$$

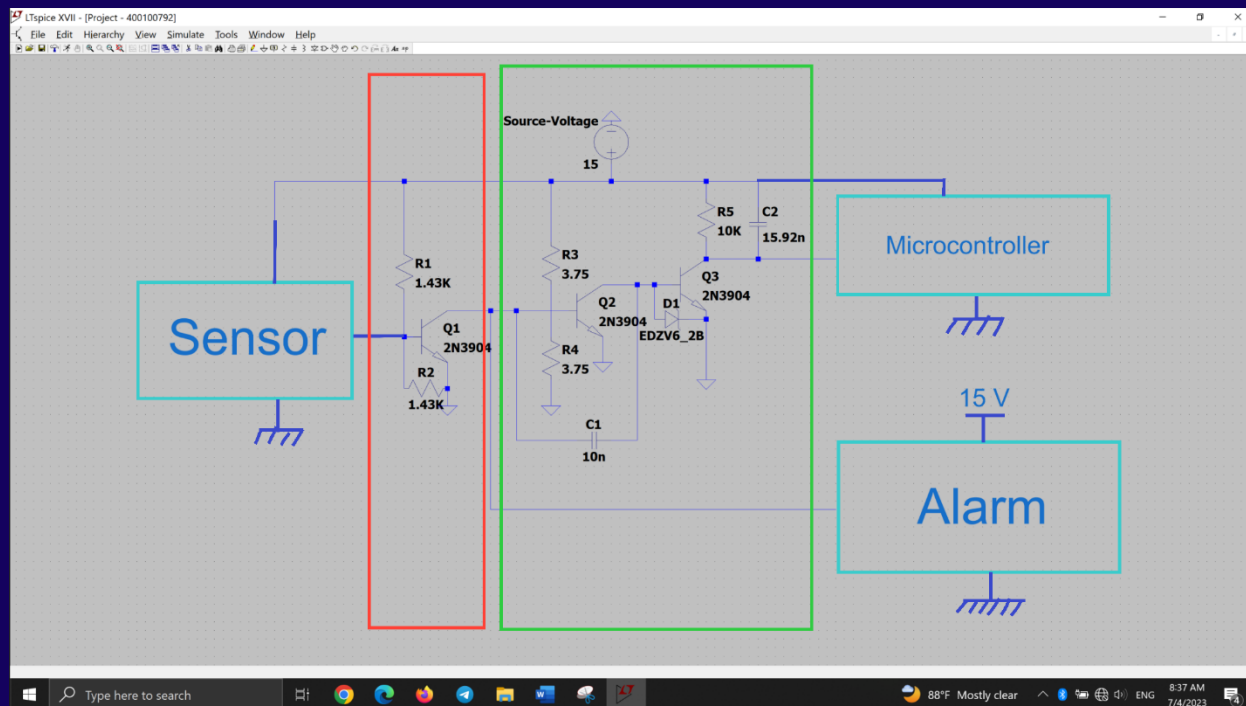
فرکانس قطع برای خازن را می توان با استفاده از فرمول :

$$f_c = 1 / (2 * \pi * R_3 * C)$$

محاسبه کرد. با فرض فرکانس قطع 1 کیلوهرتز و $R_3 = 10 \text{ K}\Omega$ ، داریم :

$$C = 1 / (2 * \pi * 10\text{K} * 1\text{K}) = 15.92 \text{ nF}$$

توضیحات قسمت شبیه سازی :



ابتدا مطابق توضیحات داده شده در پروژه، شبیه سازی آن را در برنامه Itspice انجام دادم. و قسمت هایی که در برنامه نبود را با استفاده از بلک باکس نشان دادم.

مستطیل قرمز، نشان دهنده ی مدار واسط حسگر است که تنها با استفاده از ترانزیستور ساخته شده است.

مستطیل سبز، نشان دهنده ی مدار حافظتی قبل از میکروکنترلر است که با استفاده از دو ترانزیستور ساخته شده است.

این شبیه سازی در فایل پروژه موجود می باشد.

منابع :

<https://namatek.com/%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D9%86%D8%B2%DB%8C%D8%B3%D8%AA%D9%88%D8%B1/>

<https://blog.faradars.org/%D8%AA%D8%B1%D9%85%DB%8C%D8%B3%D8%AA%D9%88%D8%B1/>

پایان