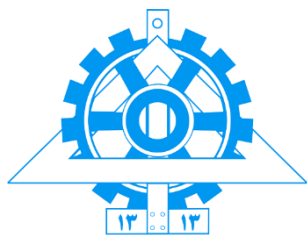


باسمه تعالی



دانشکده مهندسی مکانیک
پردیس دانشکده‌های فنی
دانشگاه تهران



گزارش تکالیف

جلسه ششم

درس سیستم‌های اندازه‌گیری کارشناسی

دکتر صدیقی

مهدی عبدالله چالکی (۸۱۰۶۹۶۲۶۸)

نیم‌سال دوم

نیم‌سال تحصیلی ۹۹-۰۰

۱- طراحی مدار

هدف: طراحی و ساخت یک سیستم دماسنجی با استفاده از یک ترمیستور ۱۰ کیلو اهم NTC

شیوهی انجام کار: از یک پل وتسون برای محاسبهی مقاومت ترمیستور در هر لحظه استفاده کنید و با افزودن یک مرحله امپلیفایر، و هم‌چنین استفاده از یک ولتاژ مرجع، از تمام بازه‌ی ADC استفاده کنید.

مراحل آزمایش:

ترمیستور نوعی مقاومت است که مقدار آن وابستگی شدیدی به دما دارد. در این آزمایش، از ترمیستور نوع NTC استفاده شده‌است که ثابت دمایی منفی دارد. معادله‌ی وابستگی مقاومت آن به ولتاژ، به این صورت است:

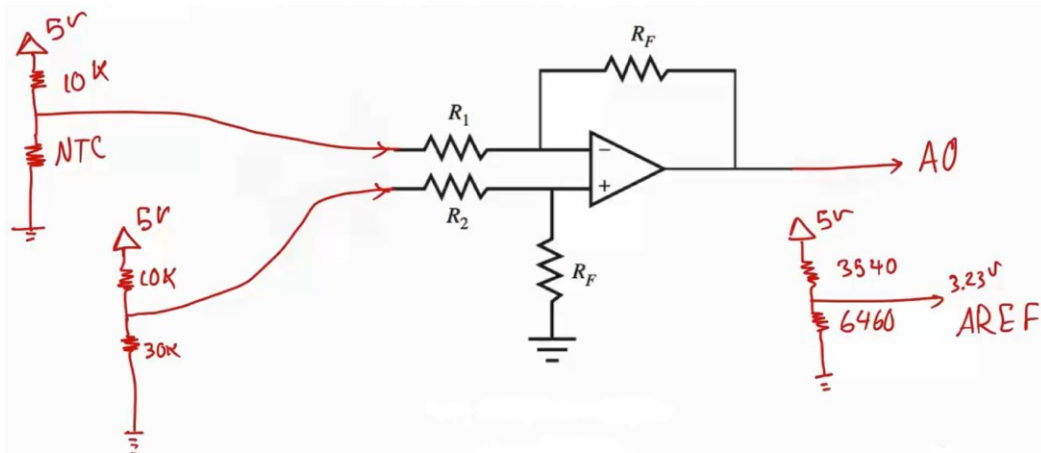
$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} \ln \frac{R}{R_0}$$

در این معادله، مقدار T_0 (دمای محیط) برابر با ۲۹۸.۱۵ کلوین در نظر گرفته شده‌است. مقادیر R_0 و B مجهول هستند. برای محاسبه‌ی این مقادیر، باید در چندین دمای متفاوت، مقدار مقاومت ترمیستور سنجیده شود. این مقادیر در دستور کار آمده است:

مقاومت (کیلو اهم)	دما (درجه‌ی سانتی‌گراد)
30	0
8.5	31
1.7	100

سپس با استفاده از ابزار برازش منحنی نرم‌افزار متلب، مقادیر مجهول محاسبه می‌شوند. این مقادیر بعداً در ادامه آزمایش مجدداً محاسبه خواهد شد. نتیجه مهم در این بخش، تعیین مقدار مرجع برای مبدل آنالوگ به دیجیتال است. با انتخاب مقدار درست برای این مرجع، اولاً می‌توان از بازه‌ی کامل مبدل استفاده کرد، ثانیاً به رزولوشن بالاتری دست پیدا کرد. مقدار این ولتاژ مرجع، ۳.۲۳ ولت است که باید به بورد آردینو متصل شود.

در نهایت، مداری که باید طراحی شود، به صورت شکل ۱ خواهد بود.



شکل ۱: شماتیک مدار مورد استفاده

در ادامه توضیحات بلوک‌های مختلف این مدار آورده شده‌است:

در بخش بالا سمت چپ، برای آنکه بتوان در هر لحظه مقاومت ترمیستور را بدست آورد، از مدار تقسیم ولتاژ استفاده شده‌است. در بخش پایین سمت چپ، حداکثر مقاومتی که ترمیستور به آن می‌رسد (یعنی در حدود ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد) را با یک مقاومت ده کیلو اهم در مدار تقسیم کننده ی ولتاژ قرار می‌دهیم تا ولتاژی برابر با ۳.۷۵ ولت خروجی دهد. وقتی این ولتاژ با خروجی بلوک قبلی به یک امپلیفایر اختلافی وارد شوند، تفاوت این مقادیر است که مهم است. در نتیجه، از حداقل تا حداکثر بازه به صورت کامل مورد استفاده قرار می‌گیرد و هیچ بازه‌ی ولتاژی بدون استفاده نمی‌ماند.

معادلات بخش آپ-امپ بدین صورت است:

$$V_d = V_2 - V_1$$

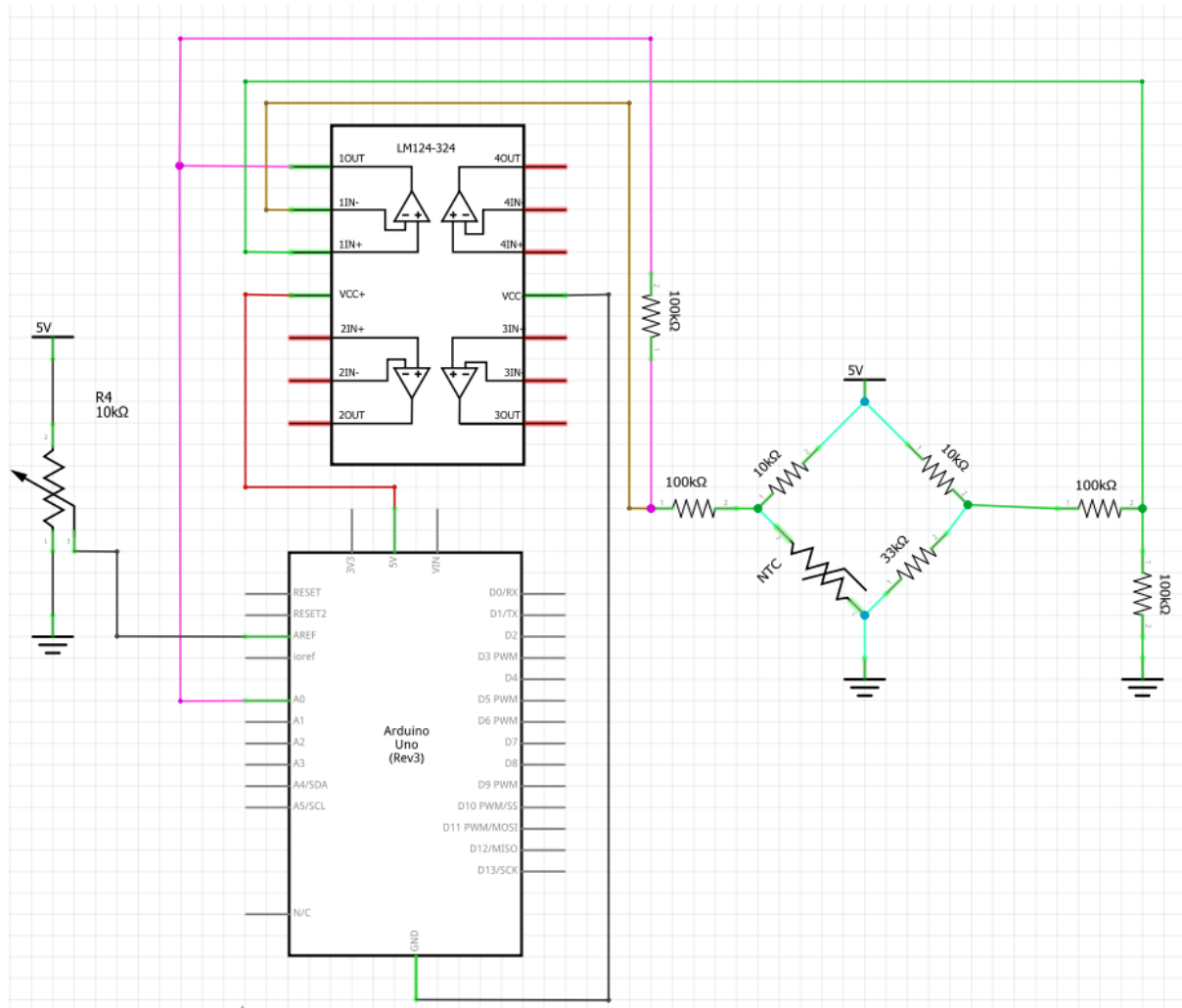
$$V_{cm} = \frac{1}{2}(V_1 + V_2)$$

$$V_{out} = V_d \left(\frac{R_F}{2R_1} + \frac{1}{2} \left(\frac{R_F}{R_F + R_2} \right) \left(1 + \frac{R_F}{R_1} \right) \right) + V_{cm} \left(-\frac{R_F}{F_1} + \left(\frac{R_F}{R_F + R_2} \right) \left(1 + \frac{R_F}{R_1} \right) \right)$$

$$R_1 = R_2 = R \rightarrow V_{out} = \left(\frac{R_F}{R} \right) V_d$$

بنابراین با برابر قرار دادن مقاومت‌ها ($R_1 = R_2 = R_F = R$)، ضریب بهره ۱ خواهد شد. در نهایت برای استفاده از بازه‌ی کامل مبدل، مقدار مرجع ۳.۲۳ ولت باید به بورد متصل شود که این ولتاژ با کمک یک پتانسیومتر قابل تنظیم، محقق شده‌است.

مدار طراحی شده به کمک آردوینو به صورت شکل ۲ است:



شکل ۲: مدار طراحی شده

پس از بستن مدار، کد آن نوشته می‌شود. خواسته‌ی برنامه گزارش دما با فرکانس ۵ هرتز است. بنابراین، از اینترایت زمانی ۲۰۰ میلی‌ثانیه استفاده می‌شود تا با گذشت هر دوره، یک بار مقدار ولتاژ خروجی آپ-امپ خوانده شده و مقدار مقاومت از روی آن حساب شود. مقدار مقاومت ترمیستور بدین صورت بدست می‌آید:

$$V_{out} = 3.75 - V_{NTC}$$

$$\frac{V_{NTC}}{5} = \frac{R_{NTC}}{R_{NTC} + 10000}$$

$$\rightarrow R_{NTC} = 10000 * \frac{V_{NTC}}{5 - V_{NTC}}$$

$$\rightarrow R_{NTC} = 10000 * \frac{3.75 - V_{out}}{5 - (3.75 - V_{out})}$$

این مقدار نهایی، در رابط سریال چاپ می‌شود.

پس از این مرحله، نوبت به بدست آوردن منحنی دما برحسب مقاومت خروجی می‌رسد. باید در حداقل ۵ دمای متفاوت، مقادیر مقاومت ترمیستور اندازه‌گیری شود. بدست آوردن دما با کمک سنسور *BMP280* که پیش‌تر از آن استفاده شده بود، و قرار دادن آن در پوشش نایلونی و غوطه‌ور کردن در آب با دماهای مختلف انجام شده‌است. نتایج حاصل بدین شرح است:

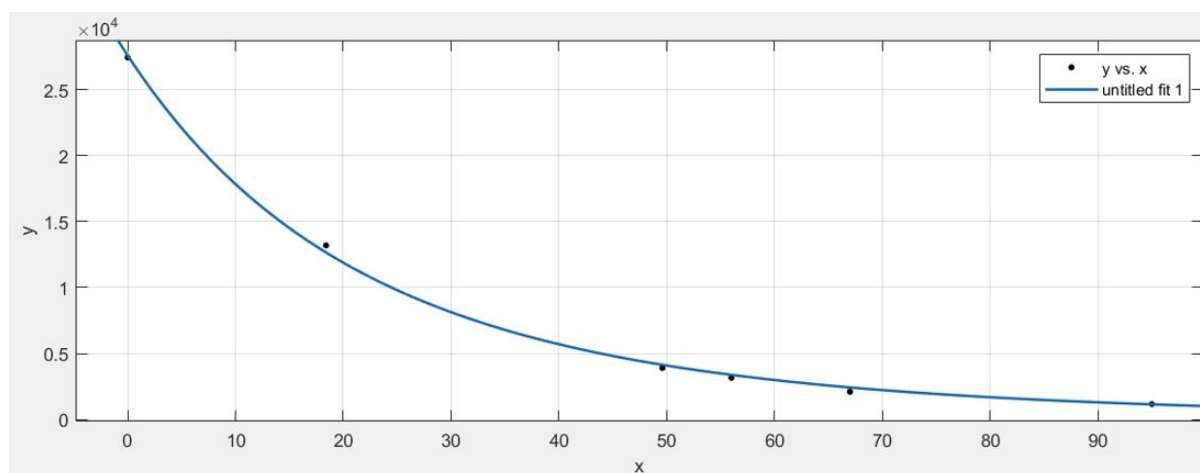
مقاومت (اهم)	دما (درجه‌ی سانتی‌گراد)
۲۷۴۵۰	۰
۱۳۲۰۰	۱۸.۴
۳۹۰۰	۴۹.۶
۳۱۵۰	۵۶
۲۱۰۰	۶۷
۱۱۶۰	۹۵

سپس این نقاط به نرم‌افزار متلب منتقل شده و با استفاده از ابزار برازش منحنی، ثوابت R_0 و B بدست می‌آیند:

$$R_0 = 9801 \, \Omega$$

$$B = 3373$$

در شکل ۳، منحنی حاصل به همراه نقاط داده‌شده به نرم‌افزار رسم شده‌است:



شکل ۳: نمودار برازش‌شده در متلب

در شکل ۴ نیز نتایج نمایش داده شده است:

Results

General model:

$$f(x) = R0 * \exp(B * (1/(273.15 + x) - 1/(273.15 + 25)))$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$B = 3373 \quad (3142, 3605)$$

$$R0 = 9801 \quad (9160, 1.044e+04)$$

Goodness of fit:

SSE: 5.268e+05

R-square: 0.999

Adjusted R-square: 0.9987

RMSE: 362.9

شکل ۴: نتایج ابزار برازش منحنی متلب

پس از بدست آوردن این ثوابت، رابطه‌ی حاصل بدین شکل خواهد بود:

$$T = T_0 * \frac{B}{B + T_0 * \ln\left(\frac{R}{R_0}\right)}$$

با جایگذاری مقادیر معلوم داریم:

$$T = 298.15 * \frac{3373}{3373 + 298.15 * \ln\left(\frac{R}{9801}\right)}$$

این رابطه به کد آردوینو انتقال داده می‌شود تا در خروجی درگاه سریال، مستقیماً دمای خروجی چاپ شود. بدین صورت، خواسته‌ی سوال محقق می‌شود.

Setting Resistor

```
/* This is a program for setting Resistor*/

// Defining pins
int res = A1;

// Value is output voltage , R is for R1 in voltage divider circuit
float Value , R;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(res, INPUT);
}

void loop() {
  Value = analogRead(res);
  Value = Value*5.00/1023.00;    // measures output voltage
  R = 10000 - 2000 * Value;      // Measures R1 in voltage divider circuit
  //R = 50000 - 10000 * Value;   // In the case of 50e3 Ohm.
  Serial.println(R);
  delay(100);
}
```

Arduino

```

#include <TimerOne.h>

int voltage = A0;
float Value, Res;          // Used for Output Voltage and Resistor
bool flag = 0;             // To make sure we print 5 values per second

void setup() {

    Serial.begin(9600);
    pinMode(voltage, INPUT);

    // ADC reference is determined from an input signal
    analogReference(EXTERNAL);

    // initialize timer1 with a period of 1s
    Timer1.initialize(200000);
    Timer1.attachInterrupt(Read_Value);
}

void loop() {
    // Checks to see if a new value is read
    if (flag == 1){
        flag = 0;

        // Convert output signal to 0-5 range
        Value = Value * 3.23/1023.00;

        // Termistor resistance value
        Res = 10000*(3.75 - Value)/(1.25 + Value);

        // Prints temperature in Celsius
        Serial.println(-273.15+1005659.95/(3373+298.15*log(Res/9801)));
    }
}

```



```
// Interrupt function
void Read_Value() {

    Value = analogRead(voltage);
    flag = 1;                //Tells a new temperature is read.
}
```