



اندازه گیری و کنترل کامپیوتری

تمرین سوم

دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی شریف

نیم سال دوم ۹۹-۰۰

استاد:

جناب آقای دکتر همت یار

نام و نام خانوادگی:

امیرمهدی نامجو - ۹۷۱۰۷۲۱۲



سوال ۴

$$27 = 1 \times 16 + 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 1 = (11011)_2$$

$$0.156 \times 2 = 0.312 \Rightarrow 0$$

$$0.312 \times 2 = 0.624 \Rightarrow 0$$

$$0.624 \times 2 = 1.248 \Rightarrow 1$$

$$0.248 \times 2 = 0.496 \Rightarrow 0$$

$$0.496 \times 2 = 0.992 \Rightarrow 0$$

$$0.992 \times 2 = 1.984 \Rightarrow 1$$

$$0.156 \approx (0.001001)_2$$

$$27.156 \approx (11011.001001)_2$$

مقدار دقیق عدد باینری بدست آمده: $27 + 2^{-3} + 2^{-6} = 27.140625$ است.

سوال ۸

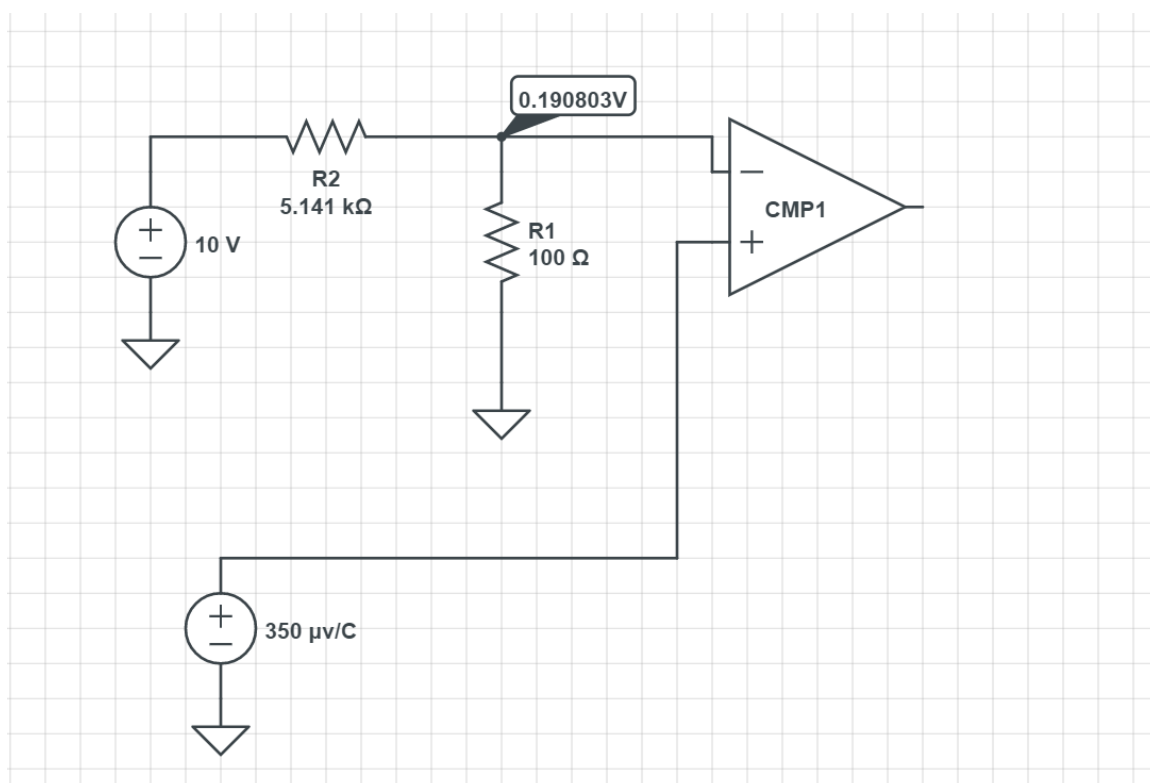
$$(\bar{S} \cdot W \cdot R) + (S \cdot \bar{R})$$



سوال ۱۲

$$360 \mu V / \deg C \times 530 \deg C = 0.190800$$

مدار آن به صورت زیر می شود:



یکی از مقاومت ها 100 فرض شده و مقاومت دیگر با رابطه

$$0.190800 = \frac{100}{100 + R} \times 10 \rightarrow R \approx 5141 \Omega$$

تعیین شده است.

سوال ۱۶

$$100101 \Rightarrow \frac{37}{64} = 0.578125 \quad (\bar{A})$$

$$v_{out} = 10 \times 0.578125 = 5.78128V$$

(ب)

$$\Delta V = 10 \times 2^{-6} = 0.15625$$

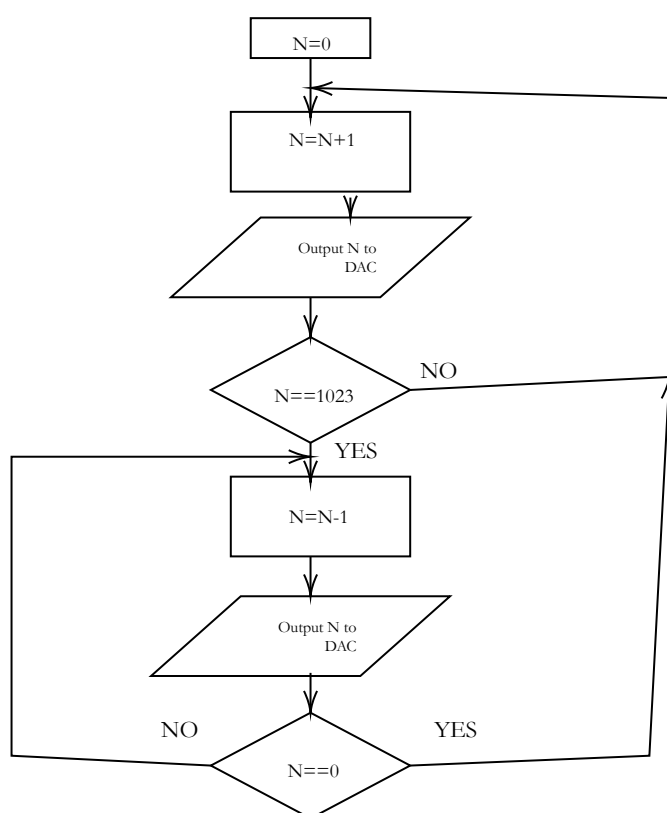


سوال ۲۰

آ) با توجه به بازه داده شده، بازه ولتاژی ما 10 ولت است و تعداد حالت‌های موردنیاز ما $N = 1000$ و $\frac{v_{ref}}{\Delta V} = \frac{10}{0.01} = 1000$ نزدیک‌ترین عدد توان دو به 1000 عدد 1024 یعنی 2^{10} است. پس DAC ما 10 بیتی خواهد بود با ولتاژ رفرنس 10 ولت.

همچنین از آن جایی که باید در زمان 2.5 میکروثانیه از 0 تا 1024 رفته و برگردد، زمان بین عوض شدن خروجی به صورت: $\delta t = \frac{2.5ms}{2048} = 1.221\mu s$ خواهد بود.

ب) فلوجارت بدین صورت است (به همراه مقداردهی اولیه به 0)



سوال ۲۴

به نظر می‌رسد یک منفی در توان عبارت ورودی صورت داده شده جا افتاده است. وگرنه جواب کلاً منفی می‌شود که منطقی نیست.

$$V(t) = 4(1 - e^{-t/\tau})$$

$$dV/dt = \frac{4}{\tau} e^{-t/\tau}$$



$$\frac{4}{\tau} e^{-t/\tau} \leq \frac{5.00}{2^{10} \times \tau}$$

بیشترین مقدار سمت چپ به ازای $t = 0$ اتفاق می افتد.

$$\tau \geq \frac{4 \times 2^{10} \times (44 \times 10^{-6})}{5} = 36.0448ms$$

پس حداقل مقدار τ حدود $36ms$ است.

سوال ۲۸

عدد 100 هزار نمونه بر ثانیه به معنی این است که هر نمونه در فاصله $10\mu s$ گرفته می شود. اگر بخواهیم نمونه ها را هر $5ms = 5000\mu s$ بگیریم، بدین معنی است که حدود $4990\mu s$ را می توانیم به ازای هر نمونه صرف پردازش سیگنال و موارد مشابه بکنیم.

سوال ۳۲

برای حل این سوال باید بخشی از سوال 31 را حل کنیم. برای دما 20 تا 100 متناظر با 0.8 تا 4 ولت است. برای نگاشت آن به بازه 0 تا 2.5 ولت داریم:

$$\begin{cases} V = mV_T + V_0 \\ 0 = 0.8m + V_0 \\ 2.5 = 4m + V_0 \end{cases} \Rightarrow V = 0.78125V_T - 0.625$$

برای فشار 1 تا $100psi$ ، بازه مد نظر 0.1 تا 10 ولت خواهد بود که برای نظیر کردن آن به 0 تا 2.5 ولت داریم:

$$\begin{cases} V = mV_P + V_0 \\ 0 = 0.1m + V_0 \\ 2.5 = 10m + V_0 \end{cases} \Rightarrow V = 0.253(V_P - 0.1)$$

برای شار (دبی) بازه 30 تا 90 گالن بر دقیقه نظیر 4.5 تا 13.5 ولت است که باید به 0 تا 2.5 نظیر بشود.

$$\begin{cases} V = mV_F + V_0 \\ 0 = 4.5m + V_0 \\ 2.5 = 13.5m + V_0 \end{cases} \Rightarrow V = 0.2778V_F - 1.25$$

با توجه به این موارد داریم:

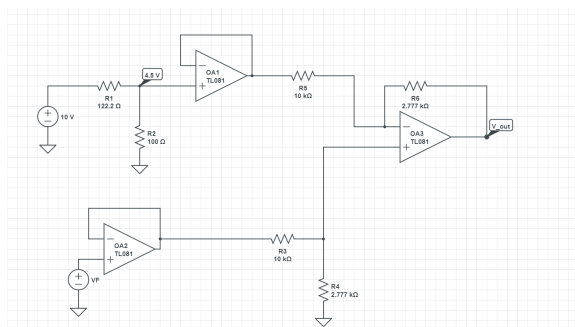
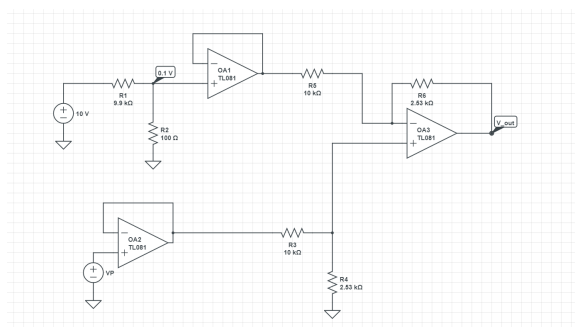
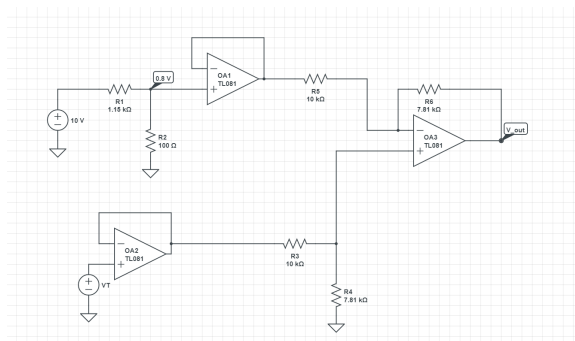
$$V = 0.781(V_T - 0.8)$$

$$V = 0.253(V_P - 0.1)$$

$$V = 0.277(V_F - 4.5)$$



هر قسمت را به صورت یک مدار جدا با منبع تغذیه 10 ولت رسم می کنیم.
نمودار آن ها به صورت زیر می شود. در این نمودارها از تقویت کننده تفاضلی و دنباله کننده ولتاژ استفاده شده است.



سوال ۳۶

آ بازه تغییرات ولتاژی بین $-120mV$ تا $12 \times -10 = -120mV$ است. با توجه به این که ADC داده شده دو قطبی است داریم

$$INT(N) = 2^{12} \left(\frac{V_{ADC}}{5} + \frac{1}{2} \right)$$

در نتیجه 00 متناظر با $-10mm$ و معادل با $-2.5V$ خواهد بود و FF معادل با $10mm$ و معادل با $V = 5 \times 4095/4096 - 2.5 = 2.4988V$ خواهد بود.



با فرض مبدا گذر بودن ولتاژ

$$V_{out} = 20.833V_{in}$$

خواهد بود. یعنی مداری با بهره 20.833 داریم.
با توجه به نویز داده شده، یعنی این نویز معادل خواهد بود با:

$$5mV \times 20.83 \times \sqrt{2} \approx 0.147V$$

در نتیجه یعنی نویز ± 0.147 روی همه داده‌ها داریم.

این معادل است با

$$\frac{0.147}{(2.5 - (-2.5))} = \times \frac{2^n}{2^{12}} \rightarrow n = 6.9$$

یعنی در اثر این نویز حدوداً 7 بیت کم ارزش از 12 بیت می‌توانند دچار تغییر بشوند.

(ب) نرخ نوسان خود سیستم اصلی $1/1.5 = 0.667$ است. در نتیجه فرکانس نویز بالاست و باید یک Low-Pass Filter اضافه کنیم. با فرض این که کاهش 99 درصدی بخواهیم بدهیم داریم:

$$0.01 = 1/\sqrt{1 + (60/f_c)^2} \rightarrow f_c = 0.6Hz$$

با توجه به این موضوع باید ببینیم سیگنال اصلی که داریم چقدر کاهش بهره دارد:

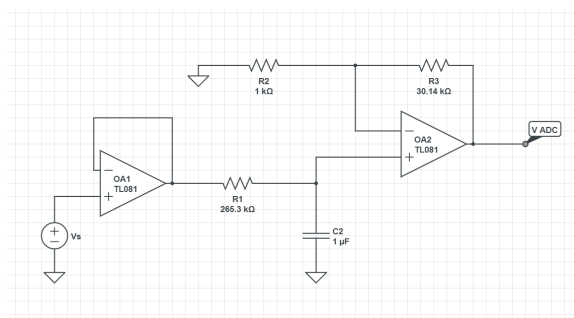
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 1/\sqrt{1 + (\frac{0.667}{0.6})^2} = 0.669$$

در نتیجه باید افزایش Gain هم بدهیم. $20.83/0.669 = 31.14$

در کل نیاز به یک Low-Pass Filter و یک تقویت کننده Noninverting (یا تقویت کننده‌های دیگر) داریم تا سیگنال مورد نیاز برای ورودی ADC را فراهم کنیم.
با فرض استفاده از خازن $1\mu F$ ای داریم:

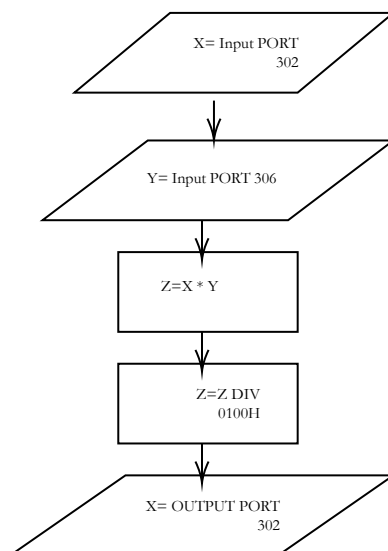
$$0.6 = \frac{1}{2\pi RC} \Rightarrow R = 265.258k\Omega$$

نتیجه نهایی به صورت شکل زیر خواهد بود:





سوال ۴۰



فلوچارت اصلی به این شکل می شود. می توان یکسری مرحله Initialization هم مانند مثال ۲۵ صفحه ۱۶۷ کتاب در نظر گرفت که این جا رسم نشده است.
 با فرض این که ADC ما دوقطیب ۵ ولتی باشد و DAC ما هم ۱۰ ولت تک قطبی بوده و هر دو ۸ بیتی باشند داریم:

$$X := (V1/5 + 1/2)2^8$$

$$Y := (V2/5 + 1/2)2^8$$

$$Z := (V1/5 + 1/2)(V2/5 + 1/2)2^{16}$$

$$Z := Z/2^8 \Rightarrow Z := (V1/5 + 1/2)(V2/5 + 1/2)2^8$$

$$V_{out} := 10(Z/2^8) = 10(V1/5 + 1/2)(V2/5 + 1/2)$$

قطعا با فرض های متفاوت برای ADC و DAC های مورد استفاده، جواب متفاوتی بدست می آید و در این مورد سوال چیزی نگفته است.



سوال ۴۴

سوال در مورد ترموکوپل Type-K است که جداول مهندسی مخصوصی دارد.

REOTEMP
INSTRUMENTS

ITS-90 Table for Type K Thermocouple (Ref Junction 0°C) <http://reotemp.com>

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Thermoelectric Voltage in mV										
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096
100	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509
110	4.509	4.550	4.591	4.633	4.674	4.715	4.756	4.797	4.838	4.879	4.920
120	4.920	4.961	5.002	5.043	5.084	5.124	5.165	5.206	5.247	5.288	5.328
130	5.328	5.369	5.410	5.450	5.491	5.532	5.572	5.613	5.653	5.694	5.735
140	5.735	5.775	5.815	5.856	5.896	5.937	5.977	6.017	6.058	6.098	6.138
150	6.138	6.179	6.219	6.259	6.299	6.339	6.380	6.420	6.460	6.500	6.540
160	6.540	6.580	6.620	6.660	6.701	6.741	6.781	6.821	6.861	6.901	6.941
170	6.941	6.981	7.021	7.060	7.100	7.140	7.180	7.220	7.260	7.300	7.340
180	7.340	7.380	7.420	7.460	7.500	7.540	7.579	7.619	7.659	7.699	7.739
190	7.739	7.779	7.819	7.859	7.899	7.939	7.979	8.019	8.059	8.099	8.138
200	8.138	8.178	8.218	8.258	8.298	8.338	8.378	8.418	8.458	8.499	8.539
210	8.539	8.579	8.619	8.659	8.699	8.739	8.779	8.819	8.860	8.900	8.940
220	8.940	8.980	9.020	9.061	9.101	9.141	9.181	9.222	9.262	9.302	9.343
230	9.343	9.383	9.423	9.464	9.504	9.545	9.585	9.626	9.666	9.707	9.747
240	9.747	9.788	9.828	9.869	9.909	9.950	9.991	10.031	10.072	10.113	10.153
250	10.153	10.194	10.235	10.276	10.316	10.357	10.398	10.439	10.480	10.520	10.561
260	10.561	10.602	10.643	10.684	10.725	10.766	10.807	10.848	10.889	10.930	10.971
270	10.971	11.012	11.053	11.094	11.135	11.176	11.217	11.259	11.300	11.341	11.382
280	11.382	11.423	11.465	11.506	11.547	11.588	11.630	11.671	11.712	11.753	11.795
290	11.795	11.836	11.877	11.919	11.960	12.001	12.043	12.084	12.126	12.167	12.209
300	12.209	12.250	12.291	12.333	12.374	12.416	12.457	12.499	12.540	12.582	12.624
310	12.624	12.665	12.707	12.748	12.790	12.831	12.873	12.915	12.956	12.998	13.040
320	13.040	13.081	13.123	13.165	13.206	13.248	13.290	13.331	13.373	13.415	13.457
330	13.457	13.498	13.540	13.582	13.624	13.665	13.707	13.749	13.791	13.833	13.874
340	13.874	13.916	13.958	14.000	14.042	14.084	14.126	14.167	14.209	14.251	14.293
350	14.293	14.335	14.377	14.419	14.461	14.503	14.545	14.587	14.629	14.671	14.713
360	14.713	14.755	14.797	14.839	14.881	14.923	14.965	15.007	15.049	15.091	15.133
370	15.133	15.175	15.217	15.259	15.301	15.343	15.385	15.427	15.469	15.511	15.554
380	15.554	15.596	15.638	15.680	15.722	15.764	15.806	15.849	15.891	15.933	15.975
390	15.975	16.017	16.059	16.102	16.144	16.186	16.228	16.270	16.313	16.355	16.397
400	16.397	16.439	16.482	16.524	16.566	16.608	16.651	16.693	16.735	16.778	16.820
410	16.820	16.862	16.904	16.947	16.989	17.031	17.074	17.116	17.158	17.201	17.243
420	17.243	17.285	17.328	17.370	17.413	17.455	17.497	17.540	17.582	17.624	17.667
430	17.667	17.709	17.752	17.794	17.837	17.879	17.921	17.964	18.006	18.049	18.091
440	18.091	18.134	18.176	18.218	18.261	18.303	18.346	18.388	18.431	18.473	18.516
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

مطابق این جدول $20 \text{ deg } C$ معادل 0.798 mV است. با فرض این که ولتاژ از طریق سیستمی به شکل درست قابل ورودی گرفتن باشد، می توانیم از شبه کد زیر برای حل سوال استفاده کنیم:

Input VTC;

VTC = VTC + 0.798;

i = 1;

```
while(VTC > V(i)){
    i = i+1;
}
```

T = T(i-1) + 5 * (VTC - V(i-1))/(V(i) - V(i-1));

Output T;



در خط یکی مانده به آخر، براساس مقدار جدول Lookup عمل کرده و فاصله بینشان را به صورت خطی درون یابی کرده ایم.

دلیل اضافه کردن ولتاژ نظیر به 20 درجه به ورودی این است که عملاً ورودی با توجه به این که مقیاس ترموکوپل برای 20 درجه بوده است، مقدار 20 درجه را معادل 0 درجه سانتی گراد جدول معمول می داند و مقدار ولتاژی آن هم به همین شکل نظیر شده است. در حالی که Lookup Table ما به صورت استاندارد بوده و معیار آن، دمای 0 درجه به عنوان منبع است. در نتیجه دمایی که از سنسور مطابق با ولتاژ نظیر به 0 درجه گزارش می شود در اصل دمای 20 درجه بوده و باید در جدول Lookup Table به دنبال دمای نظیر به 20 درجه باشیم. در نتیجه ولتاژ را به اندازه ولتاژ نظیر به 20 درجه در جدول، شیفت داده ایم.