



اندازه‌گیری و کنترل کامپیوتری

تمرین چهارم

دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی شریف

نیم سال دوم ۹۹-۰۰

استاد:

جناب آقای دکتر همت‌یار

نام و نام خانوادگی:

امیرمهدی نامجو - ۹۷۱۰۷۲۱۲



سوال ۳

$$150^{\circ}C = (150 + 273.15)K = 423.15K$$

$$150^{\circ}C = \left(\frac{9}{5}150 + 32\right)^{\circ}F = 302^{\circ}F$$



امیرمہدی نامجو

تمرین چہارم

سوال ۶

$$\frac{9}{5}350 + 32 = 550^{\circ}F$$

$$\frac{9}{5}550 + 32 = 1022^{\circ}F$$



سوال ۹

برای تخمین خطی

$$\alpha_0 = \frac{1}{R(T_0)} \frac{R_2 - R_1}{T_2 - T_1} \alpha_0$$

در این جا

$$T_0 = 115^\circ C, T_1 = 100^\circ C, T_2 = 130^\circ C$$

$$R_0 = 589.48\Omega, R_1 = 573.40\Omega, R_2 = 605.52\Omega$$

$$\alpha_0 = \frac{1}{589.48} \frac{(605.52 - 573.40)}{130 - 100} = 0.0018 \frac{1}{^\circ C}$$

$$R(T) = 589.48[1 + 0.0018(T - 115)]$$

برای تخمین: Quadratic

$$R(T) = R(T_0)[1 + \alpha_1 \Delta T + \alpha_2 (\Delta T)^2]$$

مقادیر را برای $100^\circ C$ و $130^\circ C$ در نظر می‌گیریم و براساس آن‌ها دو معادله دو مجهول تشکیل می‌دهیم:

$$573.40 = 589.48[1 - 15\alpha_1 + 225\alpha_2]$$

$$605.52 = 589.48[1 + 15\alpha_1 + 225\alpha_2]$$

$$-15\alpha_1 + 225\alpha_2 = -0.027278$$

$$15\alpha_1 + 225\alpha_2 = 0.027278$$

$$\alpha_1 = 1.82 \times 10^{-3} \frac{1}{^\circ C}, \alpha_2 = -1.51 \times 10^{-7} \left(\frac{1}{^\circ C}\right)^2$$

$$R(T) = 589.48[1 + 0.00182\Delta T + 1.51 \times 10^{-7}(\Delta T)^2]$$

در مورد خطا برای نقطه $105^\circ C$ بررسی می‌کنیم که مقدار مقاومت در آن 578.77Ω است:

$$R_{Linear} = 589.48[1 + 0.0018(105 - 115)] = 578.87$$

که خطای 0.17 درصدی نسبت به مقدار واقعی دارد و از آن بیش تر است.

$$R_{Quadratic} = 589.48[1 + 0.00182(105 - 115) - 1.51 \times 10^{-7} \times (105 - 115)^2] = 578.74\Omega$$

که خطای 0.005 درصدی دارد و به این میزان از عدد واقعی کمتر است.



۱ سوال ۱۲

برای این که اثر خود گرمایی را به $0.1^\circ C$ برسانیم داریم:

$$P = P_D \delta T = (5mW/^\circ C)(0.1^\circ C) = 500\mu W$$

همچنین داریم:

$$I = \sqrt{P/R} = \sqrt{\frac{5 \times 10^{-4}}{3.5 \times 10^3}} = 378\mu A$$

$$I = V/R + R_{TH} \rightarrow 378 \times 10^{-6} = 10/(R + 3500) \rightarrow R = 22955\Omega \approx 23k\Omega$$

با توجه به این که گفته شده شیب خط $10\%/^\circ C$ است یعنی در 21 درجه $3.5 - 0.35 = 3.15k\Omega$ و در 19 درجه مقاومت $3.5 + 3.5 = 3.85k\Omega$ است. برای بدست آوردن ولتاژ تقسیم کننده داریم:

$$V_D = 10 \frac{R_{TH}}{23k\Omega + R_{TH}}$$

$$T = 20^\circ C \rightarrow V_D = 1.32V$$

$$T = 21^\circ C \rightarrow V_D = 1.20V$$

$$T = 19^\circ C \rightarrow V_D = 1.43V$$



۲ سوال ۱۵

جدول Type-S در شکل زیر آمده است:

REOTEMP INSTRUMENTS										
ITS-90 Table for Type S Thermocouple (Ref Junction 0°C)										
http://reotemp.com										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Thermoelectric Voltage in mV										
0	0.000	0.005	0.011	0.016	0.022	0.027	0.033	0.038	0.044	0.050
10	0.055	0.061	0.067	0.072	0.078	0.084	0.090	0.095	0.101	0.107
20	0.113	0.119	0.125	0.131	0.137	0.143	0.149	0.155	0.161	0.167
30	0.173	0.179	0.185	0.191	0.197	0.204	0.210	0.216	0.222	0.229
40	0.235	0.241	0.248	0.254	0.260	0.267	0.273	0.280	0.286	0.292
50	0.299	0.305	0.312	0.319	0.325	0.332	0.338	0.345	0.352	0.358
60	0.365	0.372	0.378	0.385	0.392	0.399	0.405	0.412	0.419	0.426
70	0.433	0.440	0.446	0.453	0.460	0.467	0.474	0.481	0.488	0.495
80	0.502	0.509	0.516	0.523	0.530	0.538	0.545	0.552	0.559	0.566
90	0.573	0.580	0.588	0.595	0.602	0.609	0.617	0.624	0.631	0.639
100	0.646	0.653	0.661	0.668	0.676	0.683	0.690	0.698	0.705	0.713
110	0.720	0.727	0.735	0.743	0.750	0.758	0.765	0.773	0.780	0.788
120	0.795	0.803	0.811	0.818	0.826	0.834	0.841	0.849	0.857	0.865
130	0.872	0.880	0.888	0.896	0.903	0.911	0.919	0.927	0.935	0.942
140	0.950	0.958	0.966	0.974	0.982	0.990	0.998	1.006	1.013	1.021
150	1.029	1.037	1.045	1.053	1.061	1.069	1.077	1.085	1.094	1.102
160	1.110	1.118	1.126	1.134	1.142	1.150	1.158	1.167	1.175	1.183
170	1.191	1.199	1.207	1.216	1.224	1.232	1.240	1.249	1.257	1.265
180	1.273	1.282	1.290	1.298	1.307	1.315	1.323	1.332	1.340	1.348
190	1.357	1.365	1.373	1.382	1.390	1.399	1.407	1.415	1.424	1.432
200	1.441	1.449	1.458	1.466	1.475	1.483	1.492	1.500	1.509	1.517
210	1.526	1.534	1.543	1.551	1.560	1.569	1.577	1.586	1.594	1.603
220	1.612	1.620	1.629	1.638	1.646	1.655	1.663	1.672	1.681	1.690
230	1.698	1.707	1.716	1.724	1.733	1.742	1.751	1.759	1.768	1.777
240	1.786	1.794	1.803	1.812	1.821	1.829	1.838	1.847	1.856	1.865
250	1.874	1.882	1.891	1.900	1.909	1.918	1.927	1.936	1.944	1.953
260	1.962	1.971	1.980	1.989	1.998	2.007	2.016	2.025	2.034	2.043
270	2.052	2.061	2.070	2.078	2.087	2.096	2.105	2.114	2.123	2.132
280	2.141	2.151	2.160	2.169	2.178	2.187	2.196	2.205	2.214	2.223
290	2.232	2.241	2.250	2.259	2.268	2.277	2.287	2.296	2.305	2.314
300	2.323	2.332	2.341	2.350	2.359	2.369	2.378	2.387	2.396	2.405
310	2.415	2.424	2.433	2.442	2.451	2.461	2.470	2.479	2.488	2.497
320	2.507	2.516	2.525	2.534	2.544	2.553	2.562	2.571	2.581	2.590
330	2.599	2.609	2.618	2.627	2.636	2.646	2.655	2.664	2.674	2.683
340	2.692	2.702	2.711	2.720	2.730	2.739	2.748	2.758	2.767	2.776
350	2.786	2.795	2.805	2.814	2.823	2.833	2.842	2.851	2.861	2.870
360	2.880	2.889	2.899	2.908	2.917	2.927	2.936	2.946	2.955	2.965
370	2.974	2.983	2.993	3.002	3.012	3.021	3.031	3.040	3.050	3.059
380	3.069	3.078	3.088	3.097	3.107	3.116	3.126	3.135	3.145	3.154
390	3.164	3.173	3.183	3.192	3.202	3.212	3.221	3.231	3.240	3.250
400	3.259	3.269	3.278	3.288	3.297	3.307	3.316	3.326	3.335	3.345



REOTEMP
INSTRUMENTS

ITS-90 Table for Type S Thermocouple (Ref Junction 0°C)

<http://reotemp.com>

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Thermoelectric Voltage in mV											
800	7.345	7.356	7.367	7.378	7.388	7.399	7.410	7.421	7.432	7.443	7.454
810	7.454	7.465	7.476	7.487	7.497	7.508	7.519	7.530	7.541	7.552	7.563
820	7.563	7.574	7.585	7.596	7.607	7.618	7.629	7.640	7.651	7.662	7.673
830	7.673	7.684	7.695	7.706	7.717	7.728	7.739	7.750	7.761	7.772	7.783
840	7.783	7.794	7.805	7.816	7.827	7.838	7.849	7.860	7.871	7.882	7.893
850	7.893	7.904	7.915	7.926	7.937	7.948	7.959	7.970	7.981	7.992	8.003
860	8.003	8.014	8.026	8.037	8.048	8.059	8.070	8.081	8.092	8.103	8.114
870	8.114	8.125	8.137	8.148	8.159	8.170	8.181	8.192	8.203	8.214	8.226
880	8.226	8.237	8.248	8.259	8.270	8.281	8.293	8.304	8.315	8.326	8.337
890	8.337	8.348	8.360	8.371	8.382	8.393	8.404	8.416	8.427	8.438	8.449
900	8.449	8.460	8.472	8.483	8.494	8.505	8.517	8.528	8.539	8.550	8.562
910	8.562	8.573	8.584	8.595	8.607	8.618	8.629	8.640	8.652	8.663	8.674
920	8.674	8.685	8.697	8.708	8.719	8.731	8.742	8.753	8.765	8.776	8.787
930	8.787	8.798	8.810	8.821	8.832	8.844	8.855	8.866	8.878	8.889	8.900
940	8.900	8.912	8.923	8.935	8.946	8.957	8.969	8.980	8.991	9.003	9.014
950	9.014	9.025	9.037	9.048	9.060	9.071	9.082	9.094	9.105	9.117	9.128
960	9.128	9.139	9.151	9.162	9.174	9.185	9.197	9.208	9.219	9.231	9.242
970	9.242	9.254	9.265	9.277	9.288	9.300	9.311	9.323	9.334	9.345	9.357
980	9.357	9.368	9.380	9.391	9.403	9.414	9.426	9.437	9.449	9.460	9.472
990	9.472	9.483	9.495	9.506	9.518	9.529	9.541	9.552	9.564	9.576	9.587
1000	9.587	9.599	9.610	9.622	9.633	9.645	9.656	9.668	9.680	9.691	9.703
1010	9.703	9.714	9.726	9.737	9.749	9.761	9.772	9.784	9.795	9.807	9.819
1020	9.819	9.830	9.842	9.853	9.865	9.877	9.888	9.900	9.911	9.923	9.935
1030	9.935	9.946	9.958	9.970	9.981	9.993	10.005	10.016	10.028	10.040	10.051
1040	10.051	10.063	10.075	10.086	10.098	10.110	10.121	10.133	10.145	10.156	10.168
1050	10.168	10.180	10.191	10.203	10.215	10.227	10.238	10.250	10.262	10.273	10.285
1060	10.285	10.297	10.309	10.320	10.332	10.344	10.356	10.367	10.379	10.391	10.403
1070	10.403	10.414	10.426	10.438	10.450	10.461	10.473	10.485	10.497	10.509	10.520
1080	10.520	10.532	10.544	10.556	10.567	10.579	10.591	10.603	10.615	10.626	10.638
1090	10.638	10.650	10.662	10.674	10.686	10.697	10.709	10.721	10.733	10.745	10.757
1100	10.757	10.768	10.780	10.792	10.804	10.816	10.828	10.839	10.851	10.863	10.875
1110	10.875	10.887	10.899	10.911	10.922	10.934	10.946	10.958	10.970	10.982	10.994
1120	10.994	11.006	11.017	11.029	11.041	11.053	11.065	11.077	11.089	11.101	11.113
1130	11.113	11.125	11.136	11.148	11.160	11.172	11.184	11.196	11.208	11.220	11.232
1140	11.232	11.244	11.256	11.268	11.280	11.291	11.303	11.315	11.327	11.339	11.351
1150	11.351	11.363	11.375	11.387	11.399	11.411	11.423	11.435	11.447	11.459	11.471
1160	11.471	11.483	11.495	11.507	11.519	11.531	11.542	11.554	11.566	11.578	11.590
1170	11.590	11.602	11.614	11.626	11.638	11.650	11.662	11.674	11.686	11.698	11.710
1180	11.710	11.722	11.734	11.746	11.758	11.770	11.782	11.794	11.806	11.818	11.830
1190	11.830	11.842	11.854	11.866	11.878	11.890	11.902	11.914	11.926	11.939	11.951
1200	11.951	11.963	11.975	11.987	11.999	12.011	12.023	12.035	12.047	12.059	12.071
1210	12.071	12.083	12.095	12.107	12.119	12.131	12.143	12.155	12.167	12.179	12.191
1220	12.191	12.203	12.216	12.228	12.240	12.252	12.264	12.276	12.288	12.300	12.312
1230	12.312	12.324	12.336	12.348	12.360	12.372	12.384	12.397	12.409	12.421	12.433
1240	12.433	12.445	12.457	12.469	12.481	12.493	12.505	12.517	12.529	12.542	12.554

با توجه به رفرنس داده شده، باید تصحیح مربوط به آن را اعمال کنیم. برای 21 درجه رفرنس $0.119mV$ است. البته از طریق درون یابی روی نمودار هم می توان به این عدد رسید. پس در اصل ولتاژ را باید

$$V_c = 12.120 + 0.119 = 12.239mV$$

در نظر بگیریم. این عدد بین 1223 و 1224 در نمودار است. برای تعیین مقدار دقیق آن داریم:

$$T(12.239mV) = 1223 + \frac{1224 - 1223}{12.240 - 12.228}(12.239 - 12.228) = 1223.917 \approx 1223.92^\circ C$$



۳ سوال ۱۸

جدول ترموکوپل نوع K در شکل زیر آمده است.

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
Thermoelectric Voltage in mV										
0	0.000	0.009	0.019	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055
100	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468
110	4.509	4.550	4.591	4.633	4.674	4.715	4.756	4.797	4.838	4.879
120	4.920	4.961	5.002	5.043	5.084	5.124	5.165	5.206	5.247	5.288
130	5.328	5.369	5.410	5.450	5.491	5.532	5.572	5.613	5.653	5.694
140	5.735	5.775	5.815	5.856	5.896	5.937	5.977	6.017	6.058	6.098
150	6.138	6.179	6.219	6.259	6.299	6.339	6.380	6.420	6.460	6.500
160	6.540	6.580	6.620	6.660	6.701	6.741	6.781	6.821	6.861	6.901
170	6.941	6.981	7.021	7.060	7.100	7.140	7.180	7.220	7.260	7.300
180	7.340	7.380	7.420	7.460	7.500	7.540	7.579	7.619	7.659	7.699
190	7.739	7.779	7.819	7.859	7.899	7.939	7.979	8.019	8.059	8.099
200	8.138	8.178	8.218	8.258	8.298	8.338	8.378	8.418	8.458	8.499
210	8.539	8.579	8.619	8.659	8.699	8.739	8.779	8.819	8.860	8.900
220	8.940	8.980	9.020	9.061	9.101	9.141	9.181	9.222	9.262	9.302
230	9.343	9.383	9.423	9.464	9.504	9.545	9.585	9.626	9.666	9.707
240	9.747	9.788	9.828	9.869	9.909	9.950	9.991	10.031	10.072	10.113
250	10.153	10.194	10.235	10.276	10.316	10.357	10.398	10.439	10.480	10.520
260	10.561	10.602	10.643	10.684	10.725	10.766	10.807	10.848	10.889	10.930
270	10.971	11.012	11.053	11.094	11.135	11.176	11.217	11.259	11.300	11.341
280	11.382	11.423	11.465	11.506	11.547	11.588	11.630	11.671	11.712	11.753
290	11.795	11.836	11.877	11.919	11.960	12.001	12.043	12.084	12.126	12.167
300	12.209	12.250	12.291	12.333	12.374	12.416	12.457	12.499	12.540	12.582
310	12.624	12.665	12.707	12.748	12.790	12.831	12.873	12.915	12.956	12.998
320	13.040	13.081	13.123	13.165	13.206	13.248	13.290	13.331	13.373	13.415
330	13.457	13.498	13.540	13.582	13.624	13.665	13.707	13.749	13.791	13.833
340	13.874	13.916	13.958	14.000	14.042	14.084	14.126	14.167	14.209	14.251
350	14.293	14.335	14.377	14.419	14.461	14.503	14.545	14.587	14.629	14.671
360	14.713	14.755	14.797	14.839	14.881	14.923	14.965	15.007	15.049	15.091
370	15.133	15.175	15.217	15.259	15.301	15.343	15.385	15.427	15.469	15.511
380	15.554	15.596	15.638	15.680	15.722	15.764	15.806	15.849	15.891	15.933
390	15.975	16.017	16.059	16.102	16.144	16.186	16.228	16.270	16.313	16.355
400	16.397	16.439	16.482	16.524	16.566	16.608	16.651	16.693	16.735	16.778
410	16.820	16.862	16.904	16.947	16.989	17.031	17.074	17.116	17.158	17.201
420	17.243	17.285	17.328	17.370	17.413	17.455	17.497	17.540	17.582	17.624
430	17.667	17.709	17.752	17.794	17.837	17.879	17.921	17.964	18.006	18.049
440	18.091	18.134	18.176	18.218	18.261	18.303	18.346	18.388	18.431	18.473
450	18.516	18.558	18.600	18.643	18.685	18.728	18.770	18.813	18.855	18.898



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
Thermoelectric Voltage in mV										
450	18.516	18.558	18.601	18.643	18.686	18.728	18.771	18.813	18.856	18.898
460	18.941	18.983	19.026	19.068	19.111	19.154	19.196	19.239	19.281	19.324
470	19.366	19.409	19.451	19.494	19.537	19.579	19.622	19.664	19.707	19.750
480	19.792	19.835	19.877	19.920	19.962	20.005	20.048	20.090	20.133	20.175
490	20.218	20.261	20.303	20.346	20.389	20.431	20.474	20.516	20.559	20.602
500	20.644	20.687	20.730	20.772	20.815	20.857	20.900	20.943	20.985	21.028
510	21.071	21.113	21.156	21.199	21.241	21.284	21.326	21.369	21.412	21.454
520	21.497	21.540	21.582	21.625	21.668	21.710	21.753	21.796	21.838	21.881
530	21.924	21.966	22.009	22.052	22.094	22.137	22.179	22.222	22.265	22.307
540	22.350	22.393	22.435	22.478	22.521	22.563	22.606	22.649	22.691	22.734
550	22.776	22.819	22.862	22.904	22.947	22.990	23.032	23.075	23.117	23.160
560	23.203	23.245	23.288	23.331	23.373	23.416	23.458	23.501	23.544	23.586
570	23.629	23.671	23.714	23.757	23.799	23.842	23.884	23.927	23.970	24.012
580	24.055	24.097	24.140	24.182	24.225	24.267	24.310	24.353	24.395	24.438
590	24.480	24.523	24.565	24.608	24.650	24.693	24.735	24.778	24.820	24.863
600	24.905	24.948	24.990	25.033	25.075	25.118	25.160	25.203	25.245	25.288
610	25.330	25.373	25.415	25.458	25.500	25.543	25.585	25.627	25.670	25.712
620	25.755	25.797	25.840	25.882	25.924	25.967	26.009	26.052	26.094	26.136
630	26.179	26.221	26.263	26.305	26.348	26.390	26.433	26.475	26.517	26.560
640	26.602	26.644	26.687	26.729	26.771	26.814	26.856	26.898	26.940	26.983
650	27.025	27.067	27.109	27.152	27.194	27.236	27.278	27.320	27.363	27.405
660	27.447	27.489	27.531	27.574	27.616	27.658	27.700	27.742	27.784	27.826
670	27.869	27.911	27.953	27.995	28.037	28.079	28.121	28.163	28.205	28.247
680	28.289	28.332	28.374	28.416	28.458	28.500	28.542	28.584	28.626	28.668
690	28.710	28.752	28.794	28.835	28.877	28.919	28.961	29.003	29.045	29.087
700	29.129	29.171	29.213	29.255	29.297	29.338	29.380	29.422	29.464	29.506
710	29.548	29.589	29.631	29.673	29.715	29.757	29.798	29.840	29.882	29.924
720	29.965	30.007	30.049	30.090	30.132	30.174	30.216	30.257	30.299	30.341
730	30.382	30.424	30.466	30.507	30.549	30.590	30.632	30.674	30.715	30.757
740	30.798	30.840	30.881	30.923	30.964	31.006	31.047	31.089	31.130	31.172
750	31.213	31.255	31.296	31.338	31.379	31.421	31.462	31.504	31.545	31.586
760	31.628	31.669	31.710	31.752	31.793	31.834	31.876	31.917	31.958	32.000
770	32.041	32.082	32.124	32.165	32.206	32.247	32.289	32.330	32.371	32.412
780	32.453	32.495	32.536	32.577	32.618	32.659	32.700	32.742	32.783	32.824
790	32.865	32.906	32.947	32.988	33.029	33.070	33.111	33.152	33.193	33.234
800	33.275	33.316	33.357	33.398	33.439	33.480	33.521	33.562	33.603	33.644
810	33.685	33.726	33.767	33.808	33.849	33.890	33.930	33.971	34.012	34.053
820	34.093	34.134	34.175	34.216	34.257	34.297	34.338	34.379	34.420	34.460
830	34.501	34.542	34.582	34.623	34.664	34.704	34.745	34.786	34.826	34.867
840	34.908	34.948	34.989	35.029	35.070	35.110	35.151	35.192	35.232	35.273
850	35.313	35.354	35.394	35.435	35.475	35.516	35.556	35.596	35.637	35.677
860	35.718	35.758	35.798	35.839	35.879	35.920	35.960	36.000	36.041	36.081
870	36.121	36.162	36.202	36.242	36.282	36.323	36.363	36.403	36.443	36.484
880	36.524	36.564	36.604	36.644	36.685	36.725	36.765	36.805	36.845	36.885
890	36.925	36.965	37.006	37.046	37.086	37.126	37.166	37.206	37.246	37.286
900	37.326	37.366	37.406	37.446	37.486	37.526	37.566	37.606	37.646	37.686

$$70^{\circ}F = \frac{5}{9}(70 - 32) = 21.1^{\circ}C$$

70 درجه فارنهایت برابر حدودا 21 درجه سلسیوس است. برای 21 درجه رفرنس 0.838 میلی‌ولت است. مقدار مربوط به 700 درجه هم 29.129 میلی‌ولت است. در نتیجه ولتاژی که در این جا داریم:

$$29.129 - 0.838 = 28.291mV$$

است.

برای تولید ولتاژ 1.5V داریم:

$$1.5V/28.291mV = 53.0204$$

یعنی حدودا 53 یا 54 ترموکوپل به صورت سری نیاز داریم.



۴ سوال ۲۱

داریم:

$$70^{\circ}F = \frac{5}{9}(70 - 32) = 21.1^{\circ}C$$

$$200^{\circ}F = \frac{5}{9}(200 - 32) = 93.3^{\circ}C$$

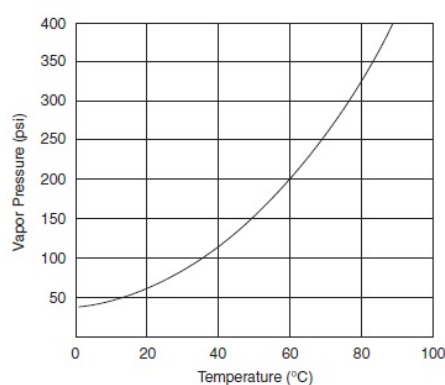


FIGURE 15
Vapor-pressure curve for methyl chloride.

با توجه به شکل 15 کتاب در صفحه 222 مقدار نظیر برای 70 درجه فارنهایت حدود 60psi و برای 200 درجه فارنهایت حدودا مقداری بیش تر از 400 یعنی 410psi است. باید توجه کرد که در شکل مقدار مربوط به 200 در نمودار قرار نگرفته است و در نتیجه با توجه به نزدیکی نقطه آخر نمودار به 400 می توان متوجه این شد که احتمالا باید در حدود 410psi برای 200 فارنهایت معادل 93.3 درجه سلسیوس داشته باشیم.



۵ سوال ۲۴

برای ترموکوپل نوع k داریم:

$$200^{\circ}C \rightarrow 8.13mV$$

$$350^{\circ}C \rightarrow 14.29mV$$

همچنین رفرنس ADC که داریم 2.5 ولت است. ولتاژ گذار از FE به FF به صورت

$$V_{ADC} = \frac{255}{256} V_{ref} = 2.5 - 2.5/256 = 2.49V$$

است. در نتیجه باید $8.13mV$ نظیر به 0 و $14.29mV$ نظیر به $2.49V$ بشود.

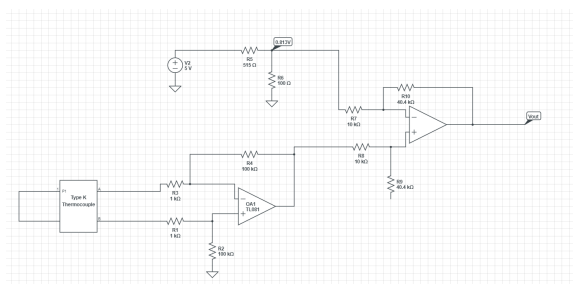
$$0 = 0.00813m + V_0$$

$$2.49 = 0.01429m + V_0$$

در نتیجه

$$m = 404.2, V_0 = -3.286V = (404.2)(-0.00813)$$

شکل نهایی مدار مورد نظر بدین صورت است:



خروجی این مدار وارد ADC می شود.



۶ سوال ۲۷

با توجه به صورت سوال و اعداد گفته شده برای ADC یعنی هر بیت باید معادل با $1^\circ F$ باشد. باید محدوده خود گرمایی را حدود 0.1 این مقدار نگه داریم. $0.1^\circ F$ برابر $0.056^\circ C$ است. پس باید

$$P < P_D \delta T = (0.056)(0.005) = 0.28mW$$

باشد. داریم:

$$I = \sqrt{P/R} = \sqrt{0.000028/5000} = 240\mu A$$

یعین جریان نباید از این مقدار بیش تر بشود.
از سوی دیگر برای ADC داریم:

$$90^\circ F : V_L = 5 \frac{90}{256} = 1.758V$$

$$110^\circ F : V_H = 5 \frac{110}{256} = 2.148V$$

همچنین باید مقاومت را در $110^\circ F$ تعیین کنیم که داریم:

$$R_{110^\circ F} = 5000 - (8\Omega/^\circ C)(110^\circ F - 90^\circ F)(5/9) = 4911\Omega$$

از آن جایی که جریان باید کمتر از 240 میکرو آمپر باشد، ترمیستور را در شاخه فیدبک منفی یک آپ امپ قرار داده و به کمک مرجع $-15V$ ای جریان 100 میکرو آمپری ایجاد می کنیم که مقدار جریان از عدد گفته شده بالاتر نرود.
با توجه به این شرایط، باید ولتاژ جلوی آپ امپ که در شکل با V_a نمایش داده شده را بدست آوریم:

$$90^\circ F : V_a = -(5000\Omega) \times (-100\mu A) = 0.500V$$

$$110^\circ F : V_a = -(4911\Omega) \times (-100\mu A) = 0.4911$$

در نتیجه با توجه به ولتاژ هایی که برای ADC بدست آوردیم داریم:

$$1.758 = m(0.5000) + V_0$$

$$2.148 = m(0.4911) + V_0$$

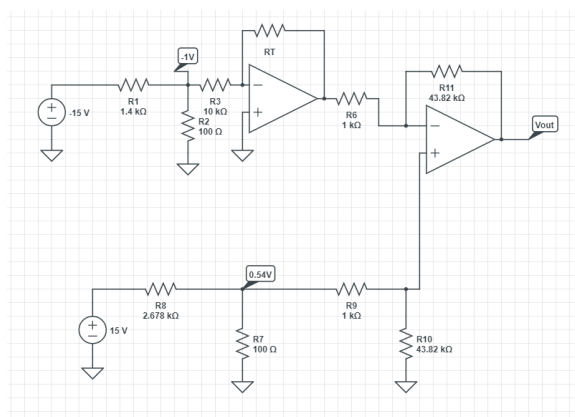
با حل دستگاه داریم:

$$m = -43.82, V_0 = 23.67$$

یعنی معادله نهایی:

$$43.82(0.5401 - V_s)$$

است. در نتیجه مدار زیر را تشکیل می دهیم:





۷ سوال ۳۰

بازه بین 50 تا 100 درجه با وضوح 0.1 معادل 500 واحد است. در نتیجه نیاز به حداقل 9 بیت در ADC داریم و از آن جایی که 9 بیت عدد رایجی برای ADC ها نیست، از ADC تک قطبی 10 بیتی استفاده می کنیم. ولتاژ رفرنس را هم 5V می گیریم. باید ابتدا مقاومت های مربوطه را بدست آوریم:

$$R_{50^{\circ}C} = 306.5[1 + 0.0041(50 - 20)] = 344.2\Omega$$

$$R_{100^{\circ}C} = 306.5[1 + 0.0041(100 - 20)] = 407.0\Omega$$

برای این سوال از یک Bridge استفاده می کنیم. مدار های دیگر هم قابل استفاده هستند. باید اثر خود گرمایی را کمتر از $0.01^{\circ}C$ نگه داریم که از وضوح $0.1^{\circ}C$ مطمئن باشیم.

$$P_{Max} = (0.030)(0.01) = 0.3mW$$

$$P = V^2/R \rightarrow V = \sqrt{PR} = \sqrt{0.3 \times 344.2} = 0.3V$$

بنابراین باید در دمای 50 درجه ولتاژ دو سر RTD برابر 0.3 ولت باشد و در این حالت پل را null کنیم. RTD را به عنوان R_3 قرار می دهیم و $R_4 = 1k\Omega$ می گیریم. در این صورت:

$$R_1 = \frac{5 - 0.3}{(0.3 - 0)/344.2} = 5393\Omega$$

$$R_2 = \frac{5 - 0.3}{(0.3 - 0)/1000} = 15.7k\Omega$$

با توجه به این موارد باید توجه کنیم که در $100^{\circ}C$ ولتاژ سر سمت راست پل در شکل همان 0.3 خواهد بود ولی ولتاژ سر سمت چپ $5 \frac{407}{407+5393} = 0.3509V$ خواهد بود و در نتیجه اختلاف ولتاژ

$$\Delta V = 0.3509 - 0.3 - 0.0509V$$

خواهیم داشت.

از آن جایی که ورودی ADC در حالت بیشینه باید $4.995 = (1023/1024) \times 5V$ باشد، باید از تقویت کننده با بهره $\frac{4.995/0.0509}{0.3509} = 98.13$ استفاده کنیم. در نهایت معادله کلی به صورت

$$V_{out} = 98.13(5 \frac{R}{R + 5393} - 0.3)$$

خواهد بود که V_{out} خروجی مدار شکل زیر و ورودی ADC خواهد بود.

