



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

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

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

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.



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:

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

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

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

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



سوال ۱۵

جدول Type-S در شکل زیر آمده است (تصویر قابل زوم کردن است):

REOTEMP INSTRUMENTS ITS-90 Table for Type S Thermocouple (Ref Junction 0°C)															
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Thermoelectric Voltage in mV															
0	0.000	0.001	0.001	0.016	0.027	0.037	0.046	0.054	0.061	0.068	0.074	0.079	0.083	0.086	0.088
10	0.090	0.091	0.091	0.092	0.093	0.094	0.095	0.096	0.097	0.098	0.099	0.100	0.101	0.102	0.103
20	0.103	0.104	0.105	0.106	0.107	0.108	0.109	0.110	0.111	0.112	0.113	0.114	0.115	0.116	0.117
30	0.117	0.118	0.119	0.120	0.121	0.122	0.123	0.124	0.125	0.126	0.127	0.128	0.129	0.130	0.131
40	0.131	0.132	0.133	0.134	0.135	0.136	0.137	0.138	0.139	0.140	0.141	0.142	0.143	0.144	0.145
50	0.145	0.146	0.147	0.148	0.149	0.150	0.151	0.152	0.153	0.154	0.155	0.156	0.157	0.158	0.159
60	0.160	0.161	0.162	0.163	0.164	0.165	0.166	0.167	0.168	0.169	0.170	0.171	0.172	0.173	0.174
70	0.174	0.175	0.176	0.177	0.178	0.179	0.180	0.181	0.182	0.183	0.184	0.185	0.186	0.187	0.188
80	0.188	0.189	0.190	0.191	0.192	0.193	0.194	0.195	0.196	0.197	0.198	0.199	0.200	0.201	0.202
90	0.202	0.203	0.204	0.205	0.206	0.207	0.208	0.209	0.210	0.211	0.212	0.213	0.214	0.215	0.216
100	0.216	0.217	0.218	0.219	0.220	0.221	0.222	0.223	0.224	0.225	0.226	0.227	0.228	0.229	0.230
110	0.230	0.231	0.232	0.233	0.234	0.235	0.236	0.237	0.238	0.239	0.240	0.241	0.242	0.243	0.244
120	0.244	0.245	0.246	0.247	0.248	0.249	0.250	0.251	0.252	0.253	0.254	0.255	0.256	0.257	0.258
130	0.258	0.259	0.260	0.261	0.262	0.263	0.264	0.265	0.266	0.267	0.268	0.269	0.270	0.271	0.272
140	0.272	0.273	0.274	0.275	0.276	0.277	0.278	0.279	0.280	0.281	0.282	0.283	0.284	0.285	0.286
150	0.286	0.287	0.288	0.289	0.290	0.291	0.292	0.293	0.294	0.295	0.296	0.297	0.298	0.299	0.300
160	0.300	0.301	0.302	0.303	0.304	0.305	0.306	0.307	0.308	0.309	0.310	0.311	0.312	0.313	0.314
170	0.314	0.315	0.316	0.317	0.318	0.319	0.320	0.321	0.322	0.323	0.324	0.325	0.326	0.327	0.328
180	0.328	0.329	0.330	0.331	0.332	0.333	0.334	0.335	0.336	0.337	0.338	0.339	0.340	0.341	0.342
190	0.342	0.343	0.344	0.345	0.346	0.347	0.348	0.349	0.350	0.351	0.352	0.353	0.354	0.355	0.356
200	0.356	0.357	0.358	0.359	0.360	0.361	0.362	0.363	0.364	0.365	0.366	0.367	0.368	0.369	0.370
210	0.370	0.371	0.372	0.373	0.374	0.375	0.376	0.377	0.378	0.379	0.380	0.381	0.382	0.383	0.384
220	0.384	0.385	0.386	0.387	0.388	0.389	0.390	0.391	0.392	0.393	0.394	0.395	0.396	0.397	0.398
230	0.398	0.399	0.400	0.401	0.402	0.403	0.404	0.405	0.406	0.407	0.408	0.409	0.410	0.411	0.412
240	0.412	0.413	0.414	0.415	0.416	0.417	0.418	0.419	0.420	0.421	0.422	0.423	0.424	0.425	0.426
250	0.426	0.427	0.428	0.429	0.430	0.431	0.432	0.433	0.434	0.435	0.436	0.437	0.438	0.439	0.440
260	0.440	0.441	0.442	0.443	0.444	0.445	0.446	0.447	0.448	0.449	0.450	0.451	0.452	0.453	0.454
270	0.454	0.455	0.456	0.457	0.458	0.459	0.460	0.461	0.462	0.463	0.464	0.465	0.466	0.467	0.468
280	0.468	0.469	0.470	0.471	0.472	0.473	0.474	0.475	0.476	0.477	0.478	0.479	0.480	0.481	0.482
290	0.482	0.483	0.484	0.485	0.486	0.487	0.488	0.489	0.490	0.491	0.492	0.493	0.494	0.495	0.496
300	0.496	0.497	0.498	0.499	0.500	0.501	0.502	0.503	0.504	0.505	0.506	0.507	0.508	0.509	0.510
310	0.510	0.511	0.512	0.513	0.514	0.515	0.516	0.517	0.518	0.519	0.520	0.521	0.522	0.523	0.524
320	0.524	0.525	0.526	0.527	0.528	0.529	0.530	0.531	0.532	0.533	0.534	0.535	0.536	0.537	0.538
330	0.538	0.539	0.540	0.541	0.542	0.543	0.544	0.545	0.546	0.547	0.548	0.549	0.550	0.551	0.552
340	0.552	0.553	0.554	0.555	0.556	0.557	0.558	0.559	0.560	0.561	0.562	0.563	0.564	0.565	0.566
350	0.566	0.567	0.568	0.569	0.570	0.571	0.572	0.573	0.574	0.575	0.576	0.577	0.578	0.579	0.580
360	0.580	0.581	0.582	0.583	0.584	0.585	0.586	0.587	0.588	0.589	0.590	0.591	0.592	0.593	0.594
370	0.594	0.595	0.596	0.597	0.598	0.599	0.600	0.601	0.602	0.603	0.604	0.605	0.606	0.607	0.608
380	0.608	0.609	0.610	0.611	0.612	0.613	0.614	0.615	0.616	0.617	0.618	0.619	0.620	0.621	0.622
390	0.622	0.623	0.624	0.625	0.626	0.627	0.628	0.629	0.630	0.631	0.632	0.633	0.634	0.635	0.636
400	0.636	0.637	0.638	0.639	0.640	0.641	0.642	0.643	0.644	0.645	0.646	0.647	0.648	0.649	0.650

REOTEMP
INSTRUMENTS

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

<http://beckman.com>

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Thermoelectric Voltage in mV	800	810	820	830	840	850	860	870	880	890	900	910	920	930	940
°C															
800	7.340	7.350	7.360	7.370	7.380	7.390	7.400	7.410	7.420	7.430	7.440	7.450	7.460	7.470	7.480
810	7.480	7.490	7.500	7.510	7.520	7.530	7.540	7.550	7.560	7.570	7.580	7.590	7.600	7.610	7.620
820	7.620	7.630	7.640	7.650	7.660	7.670	7.680	7.690	7.700	7.710	7.720	7.730	7.740	7.750	7.760
830	7.760	7.770	7.780	7.790	7.800	7.810	7.820	7.830	7.840	7.850	7.860	7.870	7.880	7.890	7.900
840	7.900	7.910	7.920	7.930	7.940	7.950	7.960	7.970	7.980	7.990	8.000	8.010	8.020	8.030	8.040
850	8.040	8.050	8.060	8.070	8.080	8.090	8.100	8.110	8.120	8.130	8.140	8.150	8.160	8.170	8.180
860	8.180	8.190	8.200	8.210	8.220	8.230	8.240	8.250	8.260	8.270	8.280	8.290	8.300	8.310	8.320
870	8.320	8.330	8.340	8.350	8.360	8.370	8.380	8.390	8.400	8.410	8.420	8.430	8.440	8.450	8.460
880	8.460	8.470	8.480	8.490	8.500	8.510	8.520	8.530	8.540	8.550	8.560	8.570	8.580	8.590	8.600
890	8.600	8.610	8.620	8.630	8.640	8.650	8.660	8.670	8.680	8.690	8.700	8.710	8.720	8.730	8.740
900	8.740	8.750	8.760	8.770	8.780	8.790	8.800	8.810	8.820	8.830	8.840	8.850	8.860	8.870	8.880
910	8.880	8.890	8.900	8.910	8.920	8.930	8.940	8.950	8.960	8.970	8.980	8.990	9.000	9.010	9.020
920	9.020	9.030	9.040	9.050	9.060	9.070	9.080	9.090	9.100	9.110	9.120	9.130	9.140	9.150	9.160
930	9.160	9.170	9.180	9.190	9.200	9.210	9.220	9.230	9.240	9.250	9.260	9.270	9.280	9.290	9.300
940	9.300	9.310	9.320	9.330	9.340	9.350	9.360	9.370	9.380	9.390	9.400	9.410	9.420	9.430	9.440
950	9.440	9.450	9.460	9.470	9.480	9.490	9.500	9.510	9.520	9.530	9.540	9.550	9.560	9.570	9.580
960	9.580	9.590	9.600	9.610	9.620	9.630	9.640	9.650	9.660	9.670	9.680	9.690	9.700	9.710	9.720
970	9.720	9.730	9.740	9.750	9.760	9.770	9.780	9.790	9.800	9.810	9.820	9.830	9.840	9.850	9.860
980	9.860	9.870	9.880	9.890	9.900	9.910	9.920	9.930	9.940	9.950	9.960	9.970	9.980	9.990	10.000
990	10.000	10.010	10.020	10.030	10.040	10.050	10.060	10.070	10.080	10.090	10.100	10.110	10.120	10.130	10.140
1000	10.140	10.150	10.160	10.170	10.180	10.190	10.200	10.210	10.220	10.230	10.240	10.250	10.260	10.270	10.280
1010	10.280	10.290	10.300	10.310	10.320	10.330	10.340	10.350	10.360	10.370	10.380	10.390	10.400	10.410	10.420
1020	10.420	10.430	10.440	10.450	10.460	10.470	10.480	10.490	10.500	10.510	10.520	10.530	10.540	10.550	10.560
1030	10.560	10.570	10.580	10.590	10.600	10.610	10.620	10.630	10.640	10.650	10.660	10.670	10.680	10.690	10.700
1040	10.700	10.710	10.720	10.730	10.740	10.750	10.760	10.770	10.780	10.790	10.800	10.810	10.820	10.830	10.840
1050	10.840	10.850	10.860	10.870	10.880	10.890	10.900	10.910	10.920	10.930	10.940	10.950	10.960	10.970	10.980
1060	10.980	10.990	11.000	11.010	11.020	11.030	11.040	11.050	11.060	11.070	11.080	11.090	11.100	11.110	11.120
1070	11.120	11.130	11.140	11.150	11.160	11.170	11.180	11.190	11.200	11.210	11.220	11.230	11.240	11.250	11.260
1080	11.260	11.270	11.280	11.290	11.300	11.310	11.320	11.330	11.340	11.350	11.360	11.370	11.380	11.390	11.400
1090	11.400	11.410	11.420	11.430	11.440	11.450	11.460	11.470	11.480	11.490	11.500	11.510	11.520	11.530	11.540
1100	11.540	11.550	11.560	11.570	11.580	11.590	11.600	11.610	11.620	11.630	11.640	11.650	11.660	11.670	11.680
1110	11.680	11.690	11.700	11.710	11.720	11.730	11.740	11.750	11.760	11.770	11.780	11.790	11.800	11.810	11.820
1120	11.820	11.830	11.840	11.850	11.860	11.870	11.880	11.890	11.900	11.910	11.920	11.930	11.940	11.950	11.960
1130	11.960	11.970	11.980	11.990	12.000	12.010	12.020	12.030	12.040	12.050	12.060	12.070	12.080	12.090	12.100
1140	12.100	12.110	12.120	12.130	12.140	12.150	12.160	12.170	12.180	12.190	12.200	12.210	12.220	12.230	12.240
1150	12.240	12.250	12.260	12.270	12.280	12.290	12.300	12.310	12.320	12.330	12.340	12.350	12.360	12.370	12.380
1160	12.380	12.390	12.400	12.410	12.420	12.430	12.440	12.450	12.460	12.470	12.480	12.490	12.500	12.510	12.520
1170	12.520	12.530	12.540	12.550	12.560	12.570	12.580	12.590	12.600	12.610	12.620	12.630	12.640	12.650	12.660
1180	12.660	12.670	12.680	12.690	12.700	12.710	12.720	12.730	12.740	12.750	12.760	12.770	12.780	12.790	12.800
1190	12.800	12.810	12.820	12.830	12.840	12.850	12.860	12.870	12.880	12.890	12.900	12.910	12.920	12.930	12.940
1200	12.940	12.950	12.960	12.970	12.980	12.990	13.000	13.010	13.020	13.030	13.040	13.050	13.060	13.070	13.080
1210	13.080	13.090	13.100	13.110	13.120	13.130	13.140	13.150	13.160	13.170	13.180	13.190	13.200	13.210	13.220
1220	13.220	13.230	13.240	13.250	13.260	13.270	13.280	13.290	13.300	13.310	13.320	13.330	13.340	13.350	13.360
1230	13.360	13.370	13.380	13.390	13.400	13.410	13.420	13.430	13.440	13.450	13.460	13.470	13.480	13.490	13.500
1240	13.500	13.510	13.520	13.530	13.540	13.550	13.560	13.570	13.580	13.590	13.600	13.610	13.620	13.630	13.640
1250	13.640	13.650	13.660	13.670	13.680	13.690	13.700	13.710	13.720	13.730	13.740	13.750	13.760	13.770	13.780
1260	13.780	13.790	13.800	13.810	13.820	13.830	13.840	13.850	13.860	13.870	13.880	13.890	13.900	13.910	13.920
1270	13.920	13.930	13.940	13.950	13.960	13.970	13.980	13.990	14.000	14.010	14.020	14.030	14.040	14.050	14.060
1280	14.060	14.070	14.080	14.090	14.100	14.110	14.120	14.130	14.140	14.150	14.160	14.170	14.180	14.190	14.200
1290	14.200	14.210	14.220	14.230	14.240	14.250	14.260	14.270	14.280	14.290	14.300	14.310	14.320	14.330	14.340
1300	14.340	14.350	14.360	14.370	14.380	14.390	14.400	14.410	14.420	14.430	14.440	14.450	14.460	14.470	14.480
1310	14.480	14.490	14.500	14.510	14.520	14.530	14.540	14.550	14.560	14.570	14.580	14.590	14.600	14.610	14.620
1320	14.620	14.630	14.640	14.650	14.660	14.670	14.680	14.690	14.700	14.710	14.720	14.730	14.740	14.750	14.760
1330	14.760	14.770	14.780	14.790	14.800	14.810	14.820	14.830	14.840	14.850	14.860	14.870	14.880	14.890	14.900
1340	14.900	14.910	14.920	14.930	14.940	14.950	14.960	14.970	14.980	14.990	15.000	15.010	15.020	15.030	15.040
1350	15.040	15.050	15.060	15.070	15.080	15.090	15.100	15.110	15.120	15.130	15.140	15.150	15.160	15.170	15.180
1360	15.180	15.190	15.200	15.210	15.220	15.230	15.240	15.250	15.260	15.270	15.280	15.290	15.300	15.310	15.320
1370	15.320	15.330	15.340	15.350	15.360	15.370	15.380	15.390	15.400	15.410	15.420	15.430	15.440	15.450	15.460
1380	15.460	15.470	15.480	15.490	15.500	15.510	15.520	15.530	15.540	15.550	15.560	15.570	15.580	15.590	15.600
1390	15.600	15.610	15.620	15.630	15.640	15.650	15.660	15.670	15.680	15.690	15.700	15.710	15.720	15.730	15.740
1400	15.740	15.750	15.760	15.770	15.780	15.790	15.800	15.810	15.820	15.830	15.840	15.850	15.860	15.870	15.880
1410	15.880	15.890	15.900	15.910	15.920	15.930	15.940	15.950	15.960	15.970	15.980	15.990	16.000	16.010	16.020
1420	16.020	16.030	16.040	16.050	16.060	16.070	16.080	16.090	16.100	16.110	16.120	16.130	16.140	16.150	16.160
1430	16.160	16.170	16.180	16.190	16.200	16.210	16.220	16.230	16.240	16.250	16.260	16.270	16.280	16.290	16.300
1440	16.300	16.310	16.320	16.330	16.340	16.350	16.360	16.370	16.380	16.390	16.400	16.410	16.420	16.430	16.440
1450	16.440	16.450	16.460	16.470	16.480	16.490	16.500	16.510	16.520	16.530	16.540	16.550	16.560	16.570	16.580
1460	16.580	16.590	16.600	16.610	16.620	16.630	16.640	16.650	16.660	16.670	16.680	16.690	16		



سوال ۱۸

جدول ترموکوپل نوع K در شکل زیر آمده است (تصویر قابل زوم کردن است):

REOTEMP
REFRIGERATING

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

Thermoelectric Voltage in mV

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.000	0.041	0.079	0.113	0.143	0.169	0.191	0.209	0.223	0.233
10	0.240	0.247	0.251	0.254	0.256	0.258	0.259	0.260	0.261	0.262
20	0.263	0.264	0.265	0.266	0.267	0.268	0.269	0.270	0.271	0.272
30	0.273	0.274	0.275	0.276	0.277	0.278	0.279	0.280	0.281	0.282
40	0.283	0.284	0.285	0.286	0.287	0.288	0.289	0.290	0.291	0.292
50	0.293	0.294	0.295	0.296	0.297	0.298	0.299	0.300	0.301	0.302
60	0.303	0.304	0.305	0.306	0.307	0.308	0.309	0.310	0.311	0.312
70	0.313	0.314	0.315	0.316	0.317	0.318	0.319	0.320	0.321	0.322
80	0.323	0.324	0.325	0.326	0.327	0.328	0.329	0.330	0.331	0.332
90	0.333	0.334	0.335	0.336	0.337	0.338	0.339	0.340	0.341	0.342
100	0.343	0.344	0.345	0.346	0.347	0.348	0.349	0.350	0.351	0.352
110	0.353	0.354	0.355	0.356	0.357	0.358	0.359	0.360	0.361	0.362
120	0.363	0.364	0.365	0.366	0.367	0.368	0.369	0.370	0.371	0.372
130	0.373	0.374	0.375	0.376	0.377	0.378	0.379	0.380	0.381	0.382
140	0.383	0.384	0.385	0.386	0.387	0.388	0.389	0.390	0.391	0.392
150	0.393	0.394	0.395	0.396	0.397	0.398	0.399	0.400	0.401	0.402
160	0.403	0.404	0.405	0.406	0.407	0.408	0.409	0.410	0.411	0.412
170	0.413	0.414	0.415	0.416	0.417	0.418	0.419	0.420	0.421	0.422
180	0.423	0.424	0.425	0.426	0.427	0.428	0.429	0.430	0.431	0.432
190	0.433	0.434	0.435	0.436	0.437	0.438	0.439	0.440	0.441	0.442
200	0.443	0.444	0.445	0.446	0.447	0.448	0.449	0.450	0.451	0.452
210	0.453	0.454	0.455	0.456	0.457	0.458	0.459	0.460	0.461	0.462
220	0.463	0.464	0.465	0.466	0.467	0.468	0.469	0.470	0.471	0.472
230	0.473	0.474	0.475	0.476	0.477	0.478	0.479	0.480	0.481	0.482
240	0.483	0.484	0.485	0.486	0.487	0.488	0.489	0.490	0.491	0.492
250	0.493	0.494	0.495	0.496	0.497	0.498	0.499	0.500	0.501	0.502
260	0.503	0.504	0.505	0.506	0.507	0.508	0.509	0.510	0.511	0.512
270	0.513	0.514	0.515	0.516	0.517	0.518	0.519	0.520	0.521	0.522
280	0.523	0.524	0.525	0.526	0.527	0.528	0.529	0.530	0.531	0.532
290	0.533	0.534	0.535	0.536	0.537	0.538	0.539	0.540	0.541	0.542
300	0.543	0.544	0.545	0.546	0.547	0.548	0.549	0.550	0.551	0.552
310	0.553	0.554	0.555	0.556	0.557	0.558	0.559	0.560	0.561	0.562
320	0.563	0.564	0.565	0.566	0.567	0.568	0.569	0.570	0.571	0.572
330	0.573	0.574	0.575	0.576	0.577	0.578	0.579	0.580	0.581	0.582
340	0.583	0.584	0.585	0.586	0.587	0.588	0.589	0.590	0.591	0.592
350	0.593	0.594	0.595	0.596	0.597	0.598	0.599	0.600	0.601	0.602
360	0.603	0.604	0.605	0.606	0.607	0.608	0.609	0.610	0.611	0.612
370	0.613	0.614	0.615	0.616	0.617	0.618	0.619	0.620	0.621	0.622
380	0.623	0.624	0.625	0.626	0.627	0.628	0.629	0.630	0.631	0.632
390	0.633	0.634	0.635	0.636	0.637	0.638	0.639	0.640	0.641	0.642
400	0.643	0.644	0.645	0.646	0.647	0.648	0.649	0.650	0.651	0.652
410	0.653	0.654	0.655	0.656	0.657	0.658	0.659	0.660	0.661	0.662
420	0.663	0.664	0.665	0.666	0.667	0.668	0.669	0.670	0.671	0.672
430	0.673	0.674	0.675	0.676	0.677	0.678	0.679	0.680	0.681	0.682
440	0.683	0.684	0.685	0.686	0.687	0.688	0.689	0.690	0.691	0.692
450	0.693	0.694	0.695	0.696	0.697	0.698	0.699	0.700	0.701	0.702
460	0.703	0.704	0.705	0.706	0.707	0.708	0.709	0.710	0.711	0.712
470	0.713	0.714	0.715	0.716	0.717	0.718	0.719	0.720	0.721	0.722
480	0.723	0.724	0.725	0.726	0.727	0.728	0.729	0.730	0.731	0.732
490	0.733	0.734	0.735	0.736	0.737	0.738	0.739	0.740	0.741	0.742
500	0.743	0.744	0.745	0.746	0.747	0.748	0.749	0.750	0.751	0.752
510	0.753	0.754	0.755	0.756	0.757	0.758	0.759	0.760	0.761	0.762
520	0.763	0.764	0.765	0.766	0.767	0.768	0.769	0.770	0.771	0.772
530	0.773	0.774	0.775	0.776	0.777	0.778	0.779	0.780	0.781	0.782
540	0.783	0.784	0.785	0.786	0.787	0.788	0.789	0.790	0.791	0.792
550	0.793	0.794	0.795	0.796	0.797	0.798	0.799	0.800	0.801	0.802
560	0.803	0.804	0.805	0.806	0.807	0.808	0.809	0.810	0.811	0.812
570	0.813	0.814	0.815	0.816	0.817	0.818	0.819	0.820	0.821	0.822
580	0.823	0.824	0.825	0.826	0.827	0.828	0.829	0.830	0.831	0.832
590	0.833	0.834	0.835	0.836	0.837	0.838	0.839	0.840	0.841	0.842
600	0.843	0.844	0.845	0.846	0.847	0.848	0.849	0.850	0.851	0.852
610	0.853	0.854	0.855	0.856	0.857	0.858	0.859	0.860	0.861	0.862
620	0.863	0.864	0.865	0.866	0.867	0.868	0.869	0.870	0.871	0.872
630	0.873	0.874	0.875	0.876	0.877	0.878	0.879	0.880	0.881	0.882
640	0.883	0.884	0.885	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.891	0.892
650	0.893	0.894	0.895	0.896	0.897	0.898	0.899	0.900	0.901	0.902
660	0.903	0.904	0.905	0.906	0.907	0.908	0.909	0.910	0.911	0.912
670	0.913	0.914	0.915	0.916	0.917	0.918	0.919	0.920	0.921	0.922
680	0.923	0.924	0.925	0.926	0.927	0.928	0.929	0.930	0.931	0.932
690	0.933	0.934	0.935	0.936	0.937	0.938	0.939	0.940	0.941	0.942
700	0.943	0.944	0.945	0.946	0.947	0.948	0.949	0.950	0.951	0.952
710	0.953	0.954	0.955	0.956	0.957	0.958	0.959	0.960	0.961	0.962
720	0.963	0.964	0.965	0.966	0.967	0.968	0.969	0.970	0.971	0.972
730	0.973	0.974	0.975	0.976	0.977	0.978	0.979	0.980	0.981	0.982
740	0.983	0.984	0.985	0.986	0.987	0.988	0.989	0.990	0.991	0.992
750	0.993	0.994	0.995	0.996	0.997	0.998	0.999	1.000	1.001	1.002
760	1.003	1.004	1.005	1.006	1.007	1.008	1.009	1.010	1.011	1.012
770	1.013	1.014	1.015	1.016	1.017	1.018	1.019	1.020	1.021	1.022
780	1.023	1.024	1.025	1.026	1.027	1.028	1.029	1.030	1.031	1.032
790	1.033	1.034	1.035	1.036	1.037	1.038	1.039	1.040	1.041	1.042
800	1.043	1.044	1.045	1.046	1.047	1.048	1.049	1.050	1.051	1.052
810	1.053	1.054	1.055	1.056	1.057	1.058	1.059	1.060	1.061	1.062
820	1.063	1.064	1.065	1.066	1.067	1.068	1.069	1.070	1.071	1.072
830	1.073	1.074	1.075	1.076	1.077	1.078	1.079	1.080	1.081	1.082
840	1.083	1.084	1.085	1.086	1.087	1.088	1.089	1.090	1.091	1.092
850	1.093	1.094	1.095	1.096	1.097	1.098	1.099	1.100	1.101	1.102
860	1.103	1.104	1.105	1.106	1.107	1.108	1.109	1.110	1.111	1.112
870	1.113	1.114	1.115	1.116	1.117	1.118	1.119	1.120	1.121	1.122
880	1.123	1.124	1.125	1.126	1.127	1.128	1.129	1.130	1.131	1.132
890	1.133	1.134	1.135	1.136	1.137	1.138	1.139	1.140	1.141	1.142
900	1.143	1.144	1.145	1.146	1.147	1.148	1.149	1.150	1.151	1.152
910	1.153	1.154	1.155	1.156	1.157	1.158	1.159	1.160	1.161	1.162
920	1.163	1.164	1.165	1.166	1.167	1.168	1.169	1.170	1.171	1.172
930	1.173	1.174	1.175	1.176	1.177	1.178	1.179	1.180	1.181	1.182
940	1.183	1.184	1.185	1.186	1.187	1.188	1.189	1.190	1.191	1.192
950	1.193	1.194	1.195	1.196	1.197	1.198	1.199	1.200	1.201	1.202
960	1.203	1.204	1.205	1.206	1.207	1.208	1.209	1.210	1.211	1.212
970	1.213	1.214	1.215	1.216	1.217	1.218	1.219	1.220	1.221	1.222
980	1.223	1.224	1.225	1.226	1.227	1.228	1.229	1.230	1.231	1.232
990	1.233	1.234	1.235	1.236	1.237	1.238	1.239	1.240	1.241	1.242

REOTEMP
REFRIGERATING

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

Thermoelectric Voltage in mV

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
400	0.513	0.514	0.515	0.516	0.517	0.518	0.519	0.520	0.521	0.522
410	0.523	0.524	0.525	0.526	0.527	0.528	0.529	0.530	0.531	0.532



سوال ۲۱

داریم:

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

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

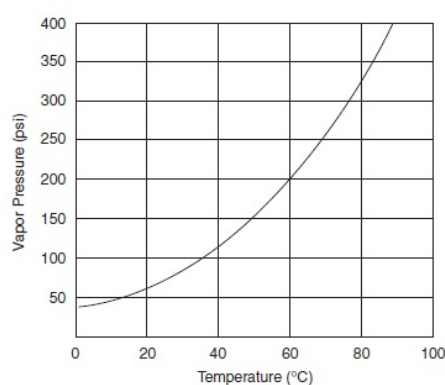


FIGURE 15
Vapor-pressure curve for methyl chloride.

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.



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.

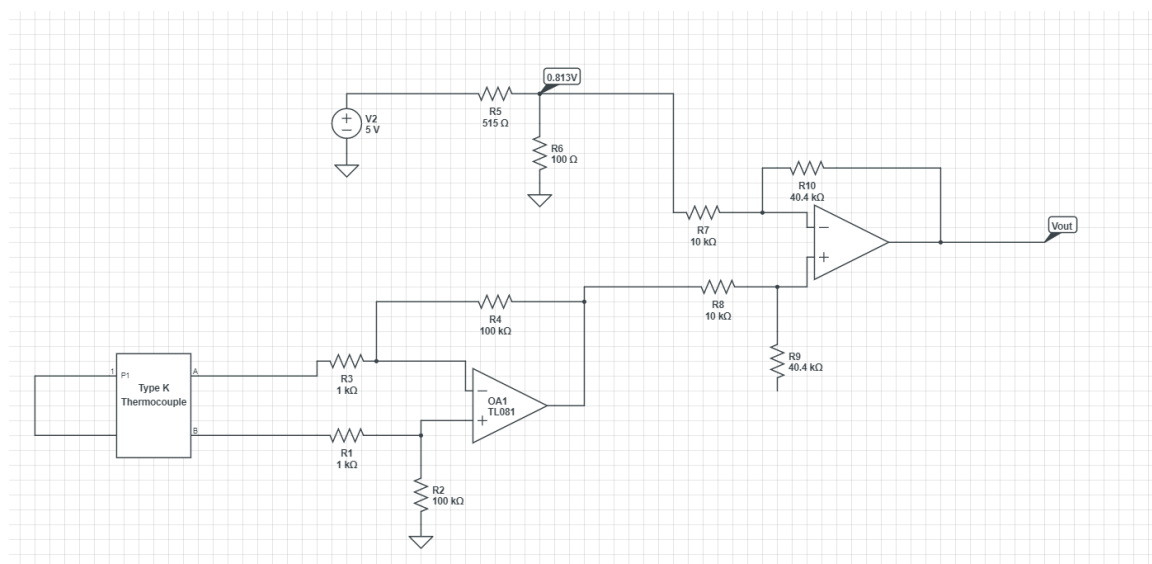
$$0 = 0.00813m + V_0$$

$$2.49 = 0.01429m + V_0$$

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.



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:

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

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

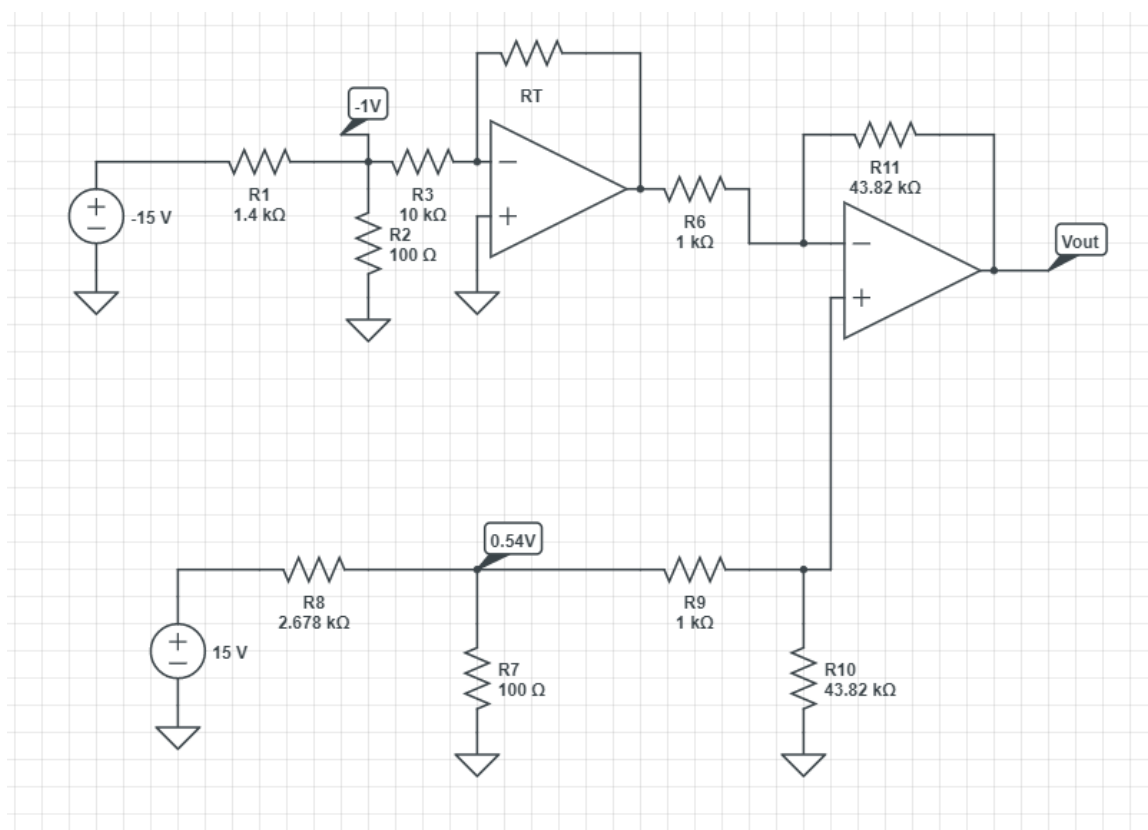
با حل دستگاه داریم:

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

یعنی معادله نهایی:

$$43.82(0.5401 - V_s)$$

است. در نتیجه مدار زیر را تشکیل می دهیم:





سوال ۳۰

بازه بین ۵۰ تا ۱۰۰ درجه با وضوح ۰.۱ معادل ۵۰۰ واحد است. در نتیجه نیاز به حداقل ۹ بیت در ADC داریم و از آن جایی که ۹ بیت عدد رایجی برای ADC ها نیست، از ADC تک قطبی ۱۰ بیتی استفاده می کنیم. ولتاژ رفرنس را هم ۵V 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 ۵۰ درجه ولتاژ دو سر RTD برابر ۰.۳ 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 ۰.۳ 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.

