





ภาคผนวก ก

ข้อมูลเวลา, อุณหภูมิค้ำร้อนและเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก, อุณหภูมิและค่าการ
ประมวลผลของ CPU

มหาวิทยาลัยราชภัฏบรจรม

ตารางที่ ก.1 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิด้านร้อนและเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกของการทดลอง
ตอนที่ 2, ตอนที่3, และตอนที่4

เวลา(s)	การทดลองตอนที่ 2		การทดลองตอนที่ 3		การทดลองตอนที่ 4	
	Hot side	Cold side	Hot side	Cold side	Hot side	Cold side
0.02	28.39	27.68	29.22	29.11	26.14	26.84
1.00	28.38	27.65	29.22	29.05	26.1	26.82
2.05	28.41	27.57	29.22	28.99	26.07	26.82
3.04	28.41	27.54	29.21	28.88	26.03	26.81
4.03	28.32	27.41	29.23	28.96	26.03	26.82
5.01	28.39	27.33	29.19	28.93	25.98	26.81
6.00	28.38	27.32	29.18	28.95	25.97	26.79
7.05	28.37	27.28	29.16	28.96	26	26.78
8.04	28.38	27.26	29.17	29.00	25.94	26.77
9.02	28.37	27.22	29.14	29.03	25.93	26.77
10.01	28.36	27.21	29.14	29.01	25.92	26.75
11.00	28.35	27.18	29.14	28.96	25.92	26.75
12.05	28.35	27.21	29.15	28.91	25.92	26.76
13.04	28.33	27.21	29.14	28.76	25.93	26.76
14.02	28.34	27.19	29.14	28.70	25.91	26.74
15.01	28.34	27.22	29.14	28.68	25.88	26.75
16.00	28.35	27.17	29.11	28.55	25.87	26.74
17.05	28.31	27.17	29.10	28.56	25.9	26.73
18.04	28.33	27.16	29.09	28.55	25.9	26.72
19.03	28.33	27.15	29.08	28.51	25.89	26.72
20.01	28.32	27.16	29.09	28.49	25.86	26.72
21.00	28.34	27.16	29.06	28.55	25.86	26.71
22.05	28.3	27.15	29.07	28.59	25.89	26.71
23.04	28.31	27.13	29.06	28.63	25.9	26.7
24.02	28.3	27.12	29.06	28.63	25.92	26.71

ตารางที่ ก.2 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิด้านร้อนและเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกของการทดลอง
ตอนที่ 2, ตอนที่3, และตอนที่4 (ต่อ)

เวลา(s)	การทดลองตอนที่ 2		การทดลองตอนที่ 3		การทดลองตอนที่ 4	
	Hot side	Cold side	Hot side	Cold side	Hot side	Cold side
25.01	28.3	27.13	29.04	28.60	25.9	26.7
26.05	28.31	27.13	29.03	28.35	25.9	26.71
27.04	28.39	26.81	29.00	28.28	26.61	26.68
28.03	28.99	26.37	29.25	28.18	28.96	28.72
29.02	33.82	28.75	32.16	27.81	31.55	29.2
30.00	38.87	30.54	33.52	27.19	34.1	29.76
31.05	43.53	33.1	35.75	27.17	35.86	30.82
32.04	47.32	35.53	39.48	27.50	37.11	31.43
33.02	50.58	39.94	43.33	29.00	38.09	32.11
34.01	53.48	44.37	46.46	31.56	39.8	32.79
35.05	56.16	46.88	49.48	35.37	41.35	33.51
36.04	58.35	49.42	53.60	39.22	41.8	34.23
37.03	60.42	51.96	55.23	42.93	43.23	34.97
38.02	61.37	54.55	57.09	46.72	44.56	35.67
39.00	62.28	57.19	58.80	49.38	45.88	36.42
40.05	63.45	59.95	60.55	51.30	46.18	37.15
41.04	64.8	60.71	61.76	53.24	47.46	37.87
42.03	66.06	61.41	62.98	56.14	48.73	39.1
43.01	67.71	62.12	64.67	60.01	49.96	39.81
44.00	69.19	63.69	66.26	61.74	51.16	40.56
45.05	70.68	64.88	67.40	62.96	52.36	41.77
46.04	72.03	66.08	68.48	64.25	53.56	42.99
47.02	73.35	67.29	69.54	65.58	54.79	43.17
48.01	74.61	68.54	70.55	66.85	56	44.4
49.00	75.85	69.75	71.56	67.96	57.21	45.6

ตารางที่ ก.3 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิด้านร้อนและเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกของการทดลอง
ตอนที่ 2, ตอนที่3, และตอนที่4 (ต่อ)

เวลา(s)	การทดลองตอนที่ 2		การทดลองตอนที่ 3		การทดลองตอนที่ 4	
	Hot side	Cold side	Hot side	Cold side	Hot side	Cold side
50.05	77.14	71.07	72.40	68.82	58.42	46.78
51.04	78.26	72.31	73.58	69.81	59.62	47.97
52.03	79.35	73.55	74.79	70.84	59.85	49.18
53.01	80.37	74.32	76.09	71.78	61.06	50.37
54.00	81.43	75.04	77.77	72.63	62.31	51.56
55.05	82.5	75.85	79.65	73.70	63.52	52.75
56.04	83.47	76.6	80.96	74.92	64.73	53.93
57.02	84.34	77.34	81.97	75.53	65.91	54.58
58.01	85.19	78.06	83.11	76.33	67.1	55.24
59.00	86.02	78.79	84.13	77.20	68.29	55.91
60.05	86.85	79.55	85.27	78.29	68.98	56.57
61.04	87.43	80.27	85.95	79.68	69.66	57.2
62.02	88.23	80.97	86.36	80.74	70.81	57.83
63.01	89.39	81.68	86.87	81.60	71.94	58.46
64.00	88.65	82.14	87.30	82.40	73.08	59.08
65.05	88.38	81.85	87.66	83.10	74.25	59.8
66.03	89.07	81.72	88.15	83.65	75.41	60.32
67.02	89.72	81.69	89.00	84.15	76.54	61.43
68.01	90.31	81.69	90.06	84.69	76.69	62.53
69.00	90.85	81.65	90.07	85.22	77.84	63.62
70.05	91.38	81.61	90.21	85.67	78.97	64.22
71.03	91.88	81.82	90.44	85.74	80.1	64.81
72.02	92.41	81.86	91.70	86.80	81.23	65.42
73.01	92.99	82.04	92.58	86.91	82.3	66.02
74.05	93.54	82.15	93.40	86.82	83.13	66.49

ตารางที่ ก.4 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิด้านร้อนและเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกของการทดลอง
ตอนที่ 2, ตอนที่3, และตอนที่4 (ต่อ)

เวลา(s)	การทดลองตอนที่ 2		การทดลองตอนที่ 3		การทดลองตอนที่ 4	
	Hot side	Cold side	Hot side	Cold side	Hot side	Cold side
75.04	94.08	82.31	94.16	86.91	83.65	66.94
76.03	94.68	82.41	94.96	87.26	84.15	67.52
77.01	95.23	82.5	95.68	87.56	84.5	68.22
78.00	95.82	82.55	96.34	87.90	83.9	68.98
79.05	96.46	82.63	96.96	88.30	83.29	68.8
80.04	97.09	82.85	97.45	88.55	82.47	68.68
81.02	97.69	82.85	97.94	88.65	81.96	68.66
82.01	98.27	82.81	98.38	88.67	79.61	68.96
83.05	98.61	82.71	98.79	88.70	78.46	69.15
84.04	99.38	82.78	99.19	88.75	78.04	69.27
85.03	100.07	83.08	99.51	88.77	77.7	69.37
86.01	100.72	83.22	99.85	89.04	77.58	69.45
87.00	101.31	83.85	100.12	89.35	77.47	69.5
88.05	101.85	84.48	100.42	90.02	77.36	69.54
89.04	102.38	84.87	100.71	90.54	77.25	69.54
90.02	102.88	85.63	100.98	91.01	77.13	69.55
91.01	103.41	86.69	101.29	91.52	77.02	69.54
92.05	103.99	88.31	101.55	91.98	76.87	69.53
93.04	104.54	89.22	101.86	92.36	76.73	69.51
94.03	105.08	89.75	102.15	92.85	76.61	69.49
95.02	105.68	90.52	102.44	93.21	76.48	69.45
96.01	106.23	91.04	102.72	93.61	76.36	69.42
97.00	106.82	91.64	103.01	93.87	76.22	69.39
98.05	107.46	92.23	103.23	94.02	76.07	69.35
99.04	108.09	92.71	103.49	94.35	75.97	69.33

ตารางที่ ก.5 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิด้านร้อนและเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกของการทดลอง
ตอนที่ 2, ตอนที่3, และตอนที่4 (ต่อ)

เวลา(ส)	การทดลองตอนที่ 2		การทดลองตอนที่ 3		การทดลองตอนที่ 4	
	Hot side	Cold side	Hot side	Cold side	Hot side	Cold side
100.03	108.69	93.19	103.73	94.98	75.8	69.31
101.01	109.27	93.96	103.95	95.20	75.64	69.29



ตารางที่ ก.6 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิด้านร้อนและเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกของ
การทดลองตอนที่ 5

เวลา(s)	การทดลองตอนที่ 5						
	Hot side	Cold side	Room	เวลา(s)	Hot side	Cold side	Room
0	45.64	35.19	24.3	870	48.17	40.05	24
30	44.71	35.69	24.28	900	46.98	39.72	24
60	45.2	36.04	24.24	930	46.86	39.38	24.03
90	45.77	36.43	24.29	960	46.52	39.38	24
120	45.34	36.86	24.17	990	47.3	39.01	24
150	45.93	36.87	24.23	1,020	46.43	38.86	24.03
180	46.21	37.07	24.19	1,050	47.03	40.22	23.93
210	45.4	37.27	24.16	1,080	48.12	41.62	23.94
240	45.41	37.4	24.26	1,110	47.81	40.93	23.97
270	45.77	37.46	24.16	1,140	47.88	40.31	23.98
300	45.98	37.63	24.17	1,170	45.66	39.76	23.94
330	46.03	37.79	24.16	1,200	46.84	39.27	23.89
360	45.73	38.28	24.1	1,230	45.97	38.95	23.92
390	46.05	38.76	24.17	1,260	47.12	38.61	23.96
420	46.76	38.58	24.13	1,290	45.61	38.39	23.9
480	48.7	41.92	24.17	1,320	47.11	38.3	23.95
510	48.87	41.22	24.11	1,350	46.43	39.75	23.94
540	46.98	40.72	24.11	1,380	46.73	41.4	23.84
570	47.48	40.26	24.11	1,410	47.26	40.64	23.89
600	46.61	39.86	24.06	1,440	47.22	40.1	23.89
630	46.91	39.46	24.04	1,470	47.16	39.65	23.92
660	47.14	39.2	24.06	1,500	46.12	39.29	23.84
690	47.35	39.16	24.03	1,530	46.87	38.96	23.95
720	46.55	38.92	24	1,560	46.81	38.68	23.79
750	47.92	40.07	24.05	1,590	45.92	38.48	23.8
780	48.13	41.86	23.97	1,620	46.08	38.35	23.89
810	47.88	40.95	23.95	1,650	46.59	39.78	23.85
840	47.52	40.51	24.01	1,680	46.65	41.47	23.82

ตารางที่ ก.7 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิด้านร้อนและเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกของ
การทดลองตอนที่ 5(ต่อ)

เวลา(s)	การทดลองตอนที่ 5						
	Hot side	Cold side	Room	เวลา(s)	Hot side	Cold side	Room
1,710	47.16	40.78	23.81	2,580	47.82	41.18	23.61
1,770	46.29	39.75	23.79	2,610	47.31	40.51	23.6
1,800	45.87	39.34	23.75	2,640	46.31	39.88	23.64
1,830	46.46	38.98	23.85	2,670	45.87	39.37	23.6
1,860	46.34	38.73	23.82	2,700	46.71	39.09	23.7
1,890	45.58	38.43	23.76	2,730	46.94	38.73	23.73
1,920	46	38.23	23.78	2,760	45.82	38.46	23.6
1,950	47.05	39.67	23.78	2,790	46.95	38.1	23.55
1,980	45.77	41.4	23.78	2,820	45	37.94	23.66
2,010	47.73	40.5	23.77	2,850	46.27	39.5	23.71
2,040	47.1	39.97	23.8	2,880	46.79	41.1	23.61
2,070	46.48	39.43	23.77	2,910	46.94	40.45	23.59
2,100	47.01	38.94	23.79	2,940	46.15	39.9	23.53
2,130	47	38.65	23.77	2,970	46.62	39.38	23.58
2,160	45.32	38.5	23.9	3,000	46.06	39.01	23.63
2,190	46.07	38.35	23.81	3,030	46.3	38.71	23.62
2,220	46.52	38.16	23.72	3,060	46.19	38.44	23.51
2,250	46.62	39.12	23.77	3,090	45.09	38.2	23.53
2,280	47.4	41.45	23.76	3,120	45.87	37.96	23.5
2,310	47.87	40.82	23.74	3,150	46.39	39.39	23.47
2,340	47.05	40.1	23.75	3,180	46.89	41.17	23.48
2,370	47.25	39.61	23.67	3,210	46.89	40.41	23.52
2,400	47.07	39.11	23.78	3,240	46.37	39.94	23.52
2,430	46.91	38.84	23.77	3,270	47.18	40.08	23.45
2,460	46.04	38.49	23.75	3,300	47.38	39.56	23.49
2,490	46.3	38.33	23.66	3,330	45.81	39.2	23.49
2,520	46.21	38.12	23.68	3,360	46.15	38.73	23.36
2,550	46.57	39.6	23.7	3,390	45.22	38.51	23.44

ตารางที่ ก.8 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิด้านร้อนและเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกของ
การทดลองตอนที่ 5(ต่อ)

เวลา(s)	การทดลองตอนที่ 4						
	Hot side	Cold side	Room	เวลา(s)	Hot side	Cold side	Room
3,420	45.58	38.15	23.49	4,260	45.66	38.31	23.36
3,450	47.07	39.46	23.5	4,290	45.89	38.1	23.35
3,480	46.7	41.12	23.43	4,320	44.62	38.08	23.39
3,510	47.3	40.38	23.42	4,350	46.05	39.53	23.45
3,540	46.44	39.87	23.41	4,380	46.13	41.18	23.43
3,570	46.32	39.49	23.54	4,410	46.73	40.44	23.39
3,600	46.23	39.08	23.49	4,440	46.39	39.79	23.32
3,630	45.54	38.67	23.41	4,470	46.5	39.29	23.29
3,660	46.22	38.43	23.44	4,500	46.25	38.98	23.32
3,690	46.31	38.18	23.45	4,530	46.33	38.63	23.35
3,720	47.08	37.94	23.52	4,560	45.57	38.71	23.32
3,750	46.67	39.47	23.47	4,590	45.44	38.42	23.26
3,780	46.81	41.1	23.48	4,620	44.96	38.28	23.24
3,810	48.13	40.33	23.49	4,650	45.12	39.68	23.3
3,840	47.49	39.86	23.46	4,680	46.68	41.38	23.37
3,870	45.8	39.36	23.5	4,710	46.33	40.58	23.35
3,900	46.76	38.85	23.48	4,740	46.03	40.02	23.35
3,930	46.53	38.49	23.47	4,770	45.69	39.56	23.32
3,960	46.71	38.19	23.43	4,800	46.71	39.12	23.32
3,990	46.27	37.96	23.42	4,830	45.86	38.8	23.3
4,020	45.16	37.86	23.4	4,860	45.95	38.48	23.23
4,050	45.46	39.3	23.34	4,890	45.17	38.3	23.19
4,080	47.17	40.97	23.41	4,920	45.47	38.08	23.22
4,110	47.44	40.22	23.5	4,950	46.34	39.14	23.23
4,140	46.76	39.76	23.44	4,980	46.96	41.28	23.31
4,170	45.47	39.25	23.43	5,010	47.15	40.61	23.31
4,200	46.95	38.84	23.47	5,040	46.95	40.08	23.27
4,230	46.52	38.59	23.41	5,070	46.67	39.45	23.29

ตารางที่ ก.9 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิด้านร้อนและเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกของ
การทดลองตอนที่ 5(ต่อ)

เวลา(s)	การทดลองตอนที่ 4						
	Hot side	Cold side	Room	เวลา(s)	Hot side	Cold side	Room
5,100	46.02	39.1	23.24	5,940	47.29	39.99	22.85
5,130	45.75	38.7	23.22	5,970	47.06	39.52	22.75
5,160	45.75	38.38	23.22	6,000	46.69	39.13	22.8
5,190	45.67	38.19	23.24	6,030	46.94	38.75	22.85
5,220	45.63	38.05	23.25	6,060	46.19	38.53	22.84
5,250	46.37	39.38	23.25	6,090	46.49	38.32	22.88
5,280	48.04	41.59	23.23	6,120	46.18	38.13	22.9
5,310	47.3	41.38	23.17	6,150	46.08	38.23	22.84
5,340	47.39	40.57	23.11	6,180	45.04	40.9	22.84
5,370	47.28	39.99	23.09	6,210	47	40.86	22.89
5,400	46.04	39.56	23.2	6,240	46.73	40.25	22.99
5,430	46.16	39.17	23.21	6,270	46.55	39.71	22.89
5,460	46.16	39.14	23.19	6,300	46.56	39.29	22.85
5,490	46.24	39.13	23.17	6,330	46.74	38.95	22.87
5,520	45.97	39.12	23.18	6,360	46.54	38.63	22.79
5,550	46.41	40.49	23.2	6,390	46.33	38.39	22.78
5,580	46.64	41.79	23.09	6,420	45.5	38.19	22.73
5,610	47.03	40.93	23.14	6,450	47.2	39.1	22.67
5,640	46.59	40.29	23.11	6,480	47.01	41.23	22.82
5,670	46.56	39.67	23.12	6,510	46.91	40.69	22.75
5,700	46.35	39.33	23.07	6,540	47.29	40.06	22.76
5,730	45.96	38.99	23.12	6,570	47.34	39.61	22.78
5,760	46.84	38.72	23.13	6,600	47.02	39.18	22.87
5,790	46.07	38.5	23.14	6,630	46.55	38.91	22.83
5,820	45.07	38.36	22.93	6,660	46.29	38.55	22.9
5,850	47.4	39.77	22.85	6,690	45.92	38.33	22.88
5,880	47.64	41.4	22.9	6,720	45.74	38.15	22.86
5,910	47.05	40.62	22.84	6,750	46.8	38.89	22.8

ตารางที่ ก.10 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิด้านร้อนและเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกของ
การทดลองตอนที่ 5(ต่อ)

เวลา(s)	การทดลองตอนที่ 4						
	Hot side	Cold side	Room	เวลา(s)	Hot side	Cold side	Room
6,780	46.47	41.21	22.89	7,620	45.73	38.23	22.88
6,810	47.35	40.61	22.91	7,650	46.63	39.67	22.84
6,840	46.97	40.07	22.89	7,680	47.36	41.33	22.95
6,870	47.21	40.13	22.79	7,710	46.75	40.55	22.87
6,900	47.02	39.71	22.87	7,740	46.03	39.99	22.95
6,930	47.05	39.25	22.76	7,770	46.98	39.47	22.96
6,960	46.05	38.86	22.84	7,800	46.36	39.1	22.88
6,990	46.79	38.58	22.82	7,830	45.51	38.83	22.91
7,020	45.9	38.36	22.85	7,860	45.69	38.57	22.78
7,050	46.5	38.15	22.82	7,890	45.12	38.39	22.87
7,080	47.13	40.46	22.78	7,920	46.01	38.18	22.72
7,110	47.86	41	22.84	7,950	46.4	39.62	22.86
7,140	46.43	40.32	22.84	7,980	46.84	41.22	22.99
7,170	46.11	39.81	22.76	8,010	48.61	40.46	22.84
7,200	46.87	39.41	22.78	8,040	47.55	39.92	22.85
7,230	46.51	39.06	22.76	8,070	47.33	39.49	22.82
7,260	46.56	38.78	22.67	8,100	46.28	39.03	22.81
7,290	46.72	38.59	22.81	8,130	46.44	38.8	22.82
7,320	46.24	38.29	22.92	8,160	46.99	38.75	22.81
7,350	46.52	39.72	22.96	8,190	46.73	38.56	22.99
7,380	47.2	41.33	22.94	8,220	46.92	38.39	22.84
7,410	47.8	40.58	22.87	8,250	46.58	39.78	22.93
7,440	46.83	40.02	22.99	8,280	50.52	42.1	22.96
7,470	46.69	39.53	23.02	8,310	47.57	41.29	22.91
7,500	46.11	39.19	22.9	8,340	48.57	40.49	22.89
7,530	45.4	38.84	23.03	8,370	47.91	39.92	23.02
7,560	45.54	38.57	23	8,400	46.69	39.51	23.03
7,590	47.14	38.38	22.94	8,430	46.99	39.13	22.97

ตารางที่ ก.11 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิด้านร้อนและเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกของ
การทดลองตอนที่ 5(ต่อ)

เวลา(ส)	การทดลองตอนที่ 4						
	Hot side	Cold side	Room	เวลา(ส)	Hot side	Cold side	Room
8,460	46.74	38.82	22.93	9,150	46.34	39.66	22.87
8,490	47.66	38.53	22.9	9,180	47.61	41.32	22.88
8,520	46.9	38.33	23.08	9,210	47.39	40.55	22.81
8,550	47.36	39.6	22.84	9,240	47.42	39.87	22.96
8,580	48.15	41.51	23.03	9,270	47.26	39.46	22.93
8,610	47.62	40.71	23	9,300	46.6	38.91	22.89
8,640	47.53	40.12	22.99	9,330	47.03	38.57	22.82
8,670	47.99	39.62	22.88	9,360	45.03	38.53	22.83
8,700	46.48	39.2	22.88	9,390	45.46	38.16	22.91
8,730	46.89	38.84	22.88	9,420	45.63	37.98	22.8
8,760	47.23	38.49	22.91	9,450	47.05	40.2	22.8
8,790	45.87	38.22	22.83	9,480	47.67	40.85	22.87
8,820	45.61	38.08	22.81	9,510	46.56	40.13	22.92
8,850	46.66	39.52	22.88	9,540	47.14	39.55	22.86
8,880	48.04	41.18	22.93	9,570	46.31	39.1	22.79
8,910	47.77	40.42	22.94	9,600	46.47	38.77	22.78
8,940	47.85	40.09	22.88	9,630	46.03	38.51	22.87
8,970	46.97	39.61	22.93	9,660	45.54	38.56	22.83
9,000	46.98	39.07	22.87	9,690	45.97	38.27	22.81
9,030	45.87	38.75	22.95	9,720	45.52	38	22.85
9,060	48.95	38.56	23.01	9,750	46.17	39.63	22.86
9,090	46.81	38.75	22.96	9,780	46.4	41.05	22.91
9,120	46.16	38.45	23.08	9,810	45.29	40.25	22.97

ตารางที่ ก.12 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิและค่าการประมวลผลของ CPU

เวลา(นาที)	การทดลองตอนที่ 1		การทดลองตอนที่ 5	
	อุณหภูมิ (C)	ประสิทธิภาพ (MIPS)	อุณหภูมิ (C)	ประสิทธิภาพ (MIPS)
5	54	7205	60	6591
10	53	7206	59	6587
15	53	7209	57	6588
20	53	7213	57	6587
25	53	7207	59	6588
30	52	7201	56	6515
35	51	7207	57	6519
40	52	7203	59	6521
45	50	7204	58	6516
50	53	7206	57	6522
55	51	7208	56	6519
60	51	7204	58	6518
65	54	7206	56	6516
70	50	7207	57	6519
75	52	7207	59	6512
80	53	7208	59	6517
85	52	7208	56	6522
90	52	7211	59	6516
95	51	7204	58	6515
100	50	7202	59	6521
105	51	7208	59	6518
110	53	7209	59	6521
115	51	7206	56	6514
120	52	7205	56	6522
125	54	7204	58	6519
130	51	7205	56	6512
135	51	7205	56	6521
140	53	7206	59	6518
145	52	7207	56	6518
150	50	7208	58	6516



ตาราง ข.1 แสดงสมบัติทางฟิสิกส์และความร้อนของวัสดุ

Material Name	Density kg/m ³	Thermal Conductivity W/m-K	Specific Heat J/kg-K	Thermal Expansion Coefficient x 10 ⁻¹ cm/cm/°C
Air	1.2	0.026	1004	-
Alumina Ceramic-96%	3570	35.3	837	6.5
Aluminum Nitride Ceramic	3300	170-230	920	4.5
Aluminum	2710	204	900	22.5
Argon (Gas)	1.66	0.016	518	-
Bakelite	1280	0.23	1590	22.0
Beryllia Ceramic-99%	2880	230	1088	5.9
Bismuth Telluride	7530	1.5	544	13.0
Brass	8490	111	343	18.0
Bronze	8150	64	435	18.0
Concrete	2880	1.09	653	14.4
Constantan	8390	22.5	410	16.9
Copper	8960	386	385	16.7
Copper Tungsten	15650	180-200	385	6.5
Diamond	3500	2300	509	-
Ethylene Glycol	1116	0.242	2385	-
Glass (Common)	2580	0.80	795	7
Glass Wool	200	0.040	670	-
Gold	19320	310	126	14.2
Graphite	2560	85	837	3.6
Iron (Cast)	7210	83	460	10.4
Kovar	8360	16.6	460	5.0
Lead	11210	35	130	29.3
Molybdenum	10240	142	251	4.9
Nickel	8910	90	448	11.9
Nitrogen (Gas)	1.14	0.026	1046	-
Platinum	21450	70.9	133	9.0
Plexiglass (Acrylic)	1410	0.26	1448	74
Polyurethane Foam	29	0.035	1130	-
Rubber	960	0.16	2009	72
Silicone (Undoped)	2330	144	712	-
Silver	10500	430	235	-
Solder (Tin/Lead)	9290	48	167	24.1
Stainless Steel	8010	13.8	460	17.1
Steel (Low Carbon)	7850	48	460	11.5
Styrofoam	29-56	.029	1.22	-
Teflon	2200	0.35	-	-
Thermal Grease	2400	0.87	2093	-
Tin	7310	64	226	23.4
Titanium	4372	20.7	460	8.2
Water (@ 70°F)	1000	0.61	4186	-
Wood (Oak)	610	0.15	2386	4.9
Wood (Pine)	510	0.11	2805	5.4
Zinc	7150	112	381	32.4



ภาคผนวก ก

การกำหนดการถ่ายเทความร้อนและการเลือกใช้อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ราชบัณฑิตยสถาน

ค.1 การคำนวณการถ่ายเทความร้อน (Heat flux) ของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

ตัวอย่างที่ 1 จากผลการทดลองสามารถคำนวณการถ่ายเทความร้อน (Heat flux) ของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกได้ดังนี้

จากสูตร

$$q_x'' = -k \frac{dT}{dx}$$

$$q_x'' = \frac{k(T_1 - T_2)}{L}$$

กำหนดให้ $K = 1.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (Bismuth Telluride)

T_1 = อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก

T_2 = อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก

L = ความหนาของเทอร์โมอิเล็กทริกเท่ากับ 3.6 mm

จากการคำนวณโดยแทนค่าในโปรแกรม Excel จะได้ค่าการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยดังนี้

การทดลองตอนที่ 2 $q_x'' = 2,818.33 \text{ W/m}^2$

การทดลองตอนที่ 3 $q_x'' = 2,850.89 \text{ W/m}^2$

การทดลองตอนที่ 4 $q_x'' = 4,597.45 \text{ W/m}^2$

การทดลองตอนที่ 5 $q_x'' = 2,988.52 \text{ W/m}^2$

ค.2 การคำนวณการเลือกใช้อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

ตัวอย่างที่ 2 Intel Pentium 4 processor 2.8GHz เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ขนาด 89 Watts ใช้ heat sink ในการระบายความร้อนซึ่งเป็นการพาความร้อนแบบบังคับ อุณหภูมิล้อมรอบเท่ากับ 25°C ถ้าต้องการให้ CPU มีอุณหภูมิ 30°C จึงออกแบบการระบายความร้อนโดยใช้ อุปกรณ์ เทอร์โมอิเล็กทริก

- สมมติฐาน**
1. การพาความร้อนแบบบังคับของ heat sink กำหนดให้อุณหภูมิมากกว่าอุณหภูมิล้อมรอบ 10°C เพราะฉะนั้น $T_h = 25 + 10 = 35^{\circ}\text{C}$
 2. อุณหภูมิของ Thermoelectric ด้านที่สัมผัส CPU เป็นอุณหภูมิเดียวกับ CPU เพราะฉะนั้น $T_c = 30^{\circ}\text{C}$

วิธีการคำนวณ เลือกใช้ Thermoelectric รุ่น Cp 2-127-06L จากตารางคุณสมบัติจะได้ค่า performance specifications at $T_h = 25^{\circ}\text{C}$ ดังนี้

$$Q_{\max} = 120 \text{ watts}$$

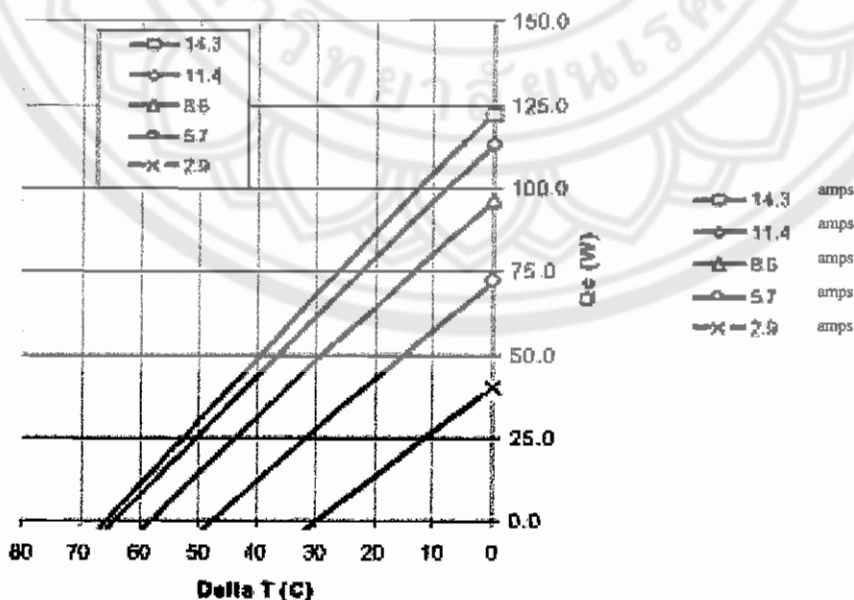
$$I_{\max} = 14 \text{ amp}$$

$$V_{\max} = 15.4 \text{ volts}$$

$$\Delta T_{\max} = 67^{\circ}\text{C}$$

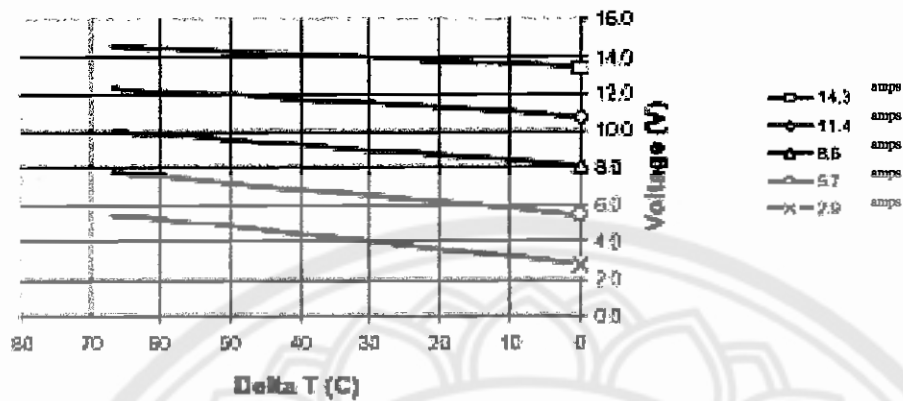
จาก $\Delta T = T_h - T_c = 35 - 30 = 5^{\circ}\text{C}$

Performance Curve – $T_h = 25^{\circ}\text{C}$



รูปที่ ค.1 Melcor CP2-127-06L, ΔT vs. Q_c

Performance Curves – Th = 25°C



รูปที่ ก.2 Melcor CP2-127-06L, ΔT vs. Voltage

- โจทย์กำหนด $Q_c = 89$ watts และ $\Delta T = 5^\circ\text{C}$

จากรูปที่ 1 จะ ได้ กระแสไฟฟ้าที่ต้องการจ่ายให้กับ Thermoelectric เท่ากับ 8.6 amps

- จากกระแสไฟฟ้า 8.6 และ $\Delta T = 5^\circ\text{C}$

จากรูปที่ 2 จะ ได้ volts ที่ต้องจ่ายให้กับ Thermoelectric เท่ากับ 8 volts

- เพราะฉะนั้น ใช้ Thermoelectric รุ่น CP2-127-06L จ่ายกระแสไฟฟ้า 8.6 amp 8 volt ซึ่งจะทำให้ อุณหภูมิ CPU เท่ากับ 30°C ตามต้องการ