

Расчет температуры термопреобразователя сопротивления РТ100 с коэффициентом $\alpha = 0,00385^{\circ}\text{C}^{-1}$, в зависимости от полученного сопротивления.

Исходные данные: Датчик типа РТ100(Платиновые ТС и ЧЭ, 0,00385°C). Сопротивление при 0 °C равняется 100 Ом.

Для расчета температуры, воспользуемся уравнением Каллендара – Ван Дюзена

$$R(T) = R(0) * (1 + A * T + B * T^2 + (T - 100) * C * T^3)$$

где:

T – температура

$R(T)$ – зависимость сопротивления от температуры

$R(0)$ – сопротивление при температуре 0°C (100 Ом)

Из ГОСТ65651 – 2009, для температурного коэффициента $\alpha = 0,00385^{\circ}\text{C}^{-1}$, коэффициенты

$$A = 3,90830 * 10^{-3}$$

$$B = -5,77500 * 10^{-7}$$

$$C = 0 \text{ (при температуре от } 0^{\circ}\text{C} \text{ до } 850^{\circ}\text{C)}$$

$$C = -4,18301 * 10^{-12} \text{ (при температуре от } -200^{\circ}\text{C} \text{ до } 0^{\circ}\text{C)}$$

Для температур от 0°C до 850 °C, уравнение Каллендара – Ван Дюзена примет следующий вид:

$$B * T^2 + A * T + 1 - \frac{R(T)}{R(0)} = 0$$

Данное уравнение решить очень просто,

ведь Вы можете увидеть в нем обычное квадратное уравнение, один корень из которого и будет искомой температурой.

Полученная формула для расчета температуры от сопротивления (при температуре от 0°C до 850°C)

$$T = \frac{-A + \sqrt{A^2 - 4 * B * (1 - \frac{R(T)}{R(0)})}}{2 * B}$$

Расчет отрицательной температуры уже намного сложнее, т. к. мы получим уравнение 4 степени:

$$C * T^4 - 100 * C * T^3 + B * T^2 + A * T + 1 - \frac{R(T)}{R(0)} = 0$$

Расчет данного уравнения показался для меня очень сложным, чтоб произвести его на микроконтроллере, поэтому,

было принято решение – произвести аппроксимацию функции полиномом 5ой степени.

Из ГОСТ 6651-2009 (см. Таблица А.1) - Номинальная статическая характеристика для платиновых термопреобразователей сопротивления и чувствительных элементов 100 Ом, 0,00385°C, был построен график функции по 200 точкам, после чего производилась аппроксимация функции полиномом 5ой степени.

Полученная формула для расчета температуры от сопротивления(при температуре от -200 °C до 0°C):

$$T = 0,000000000270 * R^5 - 0,000000066245 * R^4 - 0,000000184636 * R^3 + 0,002320232987 * R^2 + 2,229927824035 * R - 242,090854986215$$

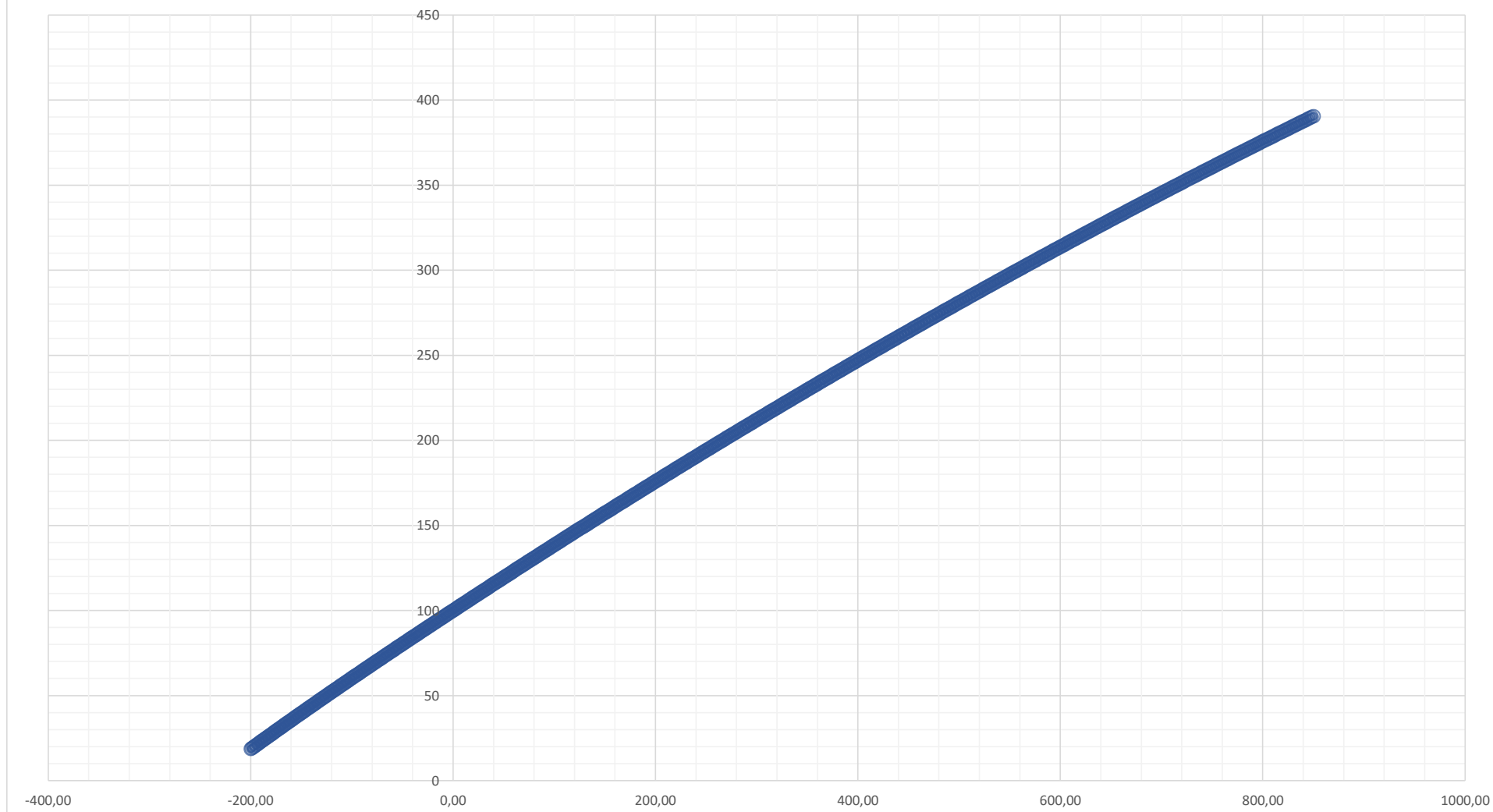
$$\text{Средняя ошибка аппроксимации} = 0,016\%$$

Ссылки:

ГОСТ 6651-2009: <https://docs.cntd.ru/document/1200082733>

Аппроксимация функции одной переменной методом наименьших квадратов с дополнительными условиями: <https://planetcalc.ru/8735/>

PT100 - Зависимость температуры от сопротивления



Сводная таблица:

Сопротивление(Ом)	Температура(°C)
18,5	-200,05
19	-198,89
19,5	-197,74
20	-196,58
20,5	-195,41
21	-194,25
21,5	-193,09
22	-191,93
22,5	-190,76
23	-189,59
23,5	-188,43
24	-187,26
24,5	-186,09
25	-184,92
25,5	-183,75
26	-182,57
26,5	-181,40
27	-180,23
27,5	-179,05
28	-177,87
28,5	-176,70
29	-175,52
29,5	-174,34
30	-173,16
30,5	-171,98
31	-170,79
31,5	-169,61
32	-168,42
32,5	-167,24
33	-166,05
33,5	-164,86
34	-163,67
34,5	-162,48
35	-161,29
35,5	-160,10
36	-158,91
36,5	-157,72
37	-156,52
37,5	-155,33
38	-154,13
38,5	-152,93
39	-151,73
39,5	-150,54
40	-149,34
40,5	-148,13
41	-146,93
41,5	-145,73
42	-144,53
42,5	-143,32
43	-142,12
43,5	-140,91
44	-139,70
44,5	-138,49
45	-137,28
45,5	-136,07
46	-134,86
46,5	-133,65
47	-132,44
47,5	-131,23
48	-130,01
48,5	-128,80
49	-127,58
49,5	-126,36
50	-125,15
50,5	-123,93

Сопротивление(Ом)	Температура(°C)
51	-122,71
51,5	-121,49
52	-120,27
52,5	-119,05
53	-117,82
53,5	-116,60
54	-115,38
54,5	-114,15
55	-112,93
55,5	-111,70
56	-110,47
56,5	-109,25
57	-108,02
57,5	-106,79
58	-105,56
58,5	-104,33
59	-103,10
59,5	-101,86
60	-100,63
60,5	-99,40
61	-98,16
61,5	-96,93
62	-95,69
62,5	-94,46
63	-93,22
63,5	-91,98
64	-90,74
64,5	-89,50
65	-88,26
65,5	-87,02
66	-85,78
66,5	-84,54
67	-83,30
67,5	-82,05
68	-80,81
68,5	-79,56
69	-78,32
69,5	-77,07
70	-75,83
70,5	-74,58
71	-73,33
71,5	-72,08
72	-70,83
72,5	-69,59
73	-68,33
73,5	-67,08
74	-65,83
74,5	-64,58
75	-63,33
75,5	-62,07
76	-60,82
76,5	-59,57
77	-58,31
77,5	-57,06
78	-55,80
78,5	-54,54
79	-53,29
79,5	-52,03
80	-50,77
80,5	-49,51
81	-48,25
81,5	-46,99
82	-45,73
82,5	-44,47
83	-43,21
83,5	-41,95

Сопротивление(Ом)	Температура(°C)
84	-40,68
84,5	-39,42
85	-38,16
85,5	-36,89
86	-35,63
86,5	-34,36
87	-33,10
87,5	-31,83
88	-30,56
88,5	-29,30
89	-28,03
89,5	-26,76
90	-25,49
90,5	-24,22
91	-22,95
91,5	-21,68
92	-20,41
92,5	-19,14
93	-17,87
93,5	-16,59
94	-15,32
94,5	-14,05
95	-12,77
95,5	-11,50
96	-10,22
96,5	-8,95
97	-7,67
97,5	-6,39
98	-5,12
98,5	-3,84
99	-2,56
99,5	-1,28
100	0,00
100,5	1,28
101	2,56
101,5	3,84
102	5,12
102,5	6,40
103	7,68
103,5	8,97
104	10,25
104,5	11,53
105	12,82
105,5	14,10
106	15,39
106,5	16,67
107	17,96
107,5	19,24
108	20,53
108,5	21,82
109	23,11
109,5	24,40
110	25,68
110,5	26,97
111	28,26
111,5	29,55
112	30,84
112,5	32,14
113	33,43
113,5	34,72
114	36,01
114,5	37,31
115	38,60
115,5	39,89
116	41,19
116,5	42,48

Сопротивление(Ом)	Температура(°C)
117	43,78
117,5	45,08
118	46,37
118,5	47,67
119	48,97
119,5	50,27
120	51,57
120,5	52,87
121	54,17
121,5	55,47
122	56,77
122,5	58,07
123	59,37
123,5	60,67
124	61,98
124,5	63,28
125	64,58
125,5	65,89
126	67,19
126,5	68,50
127	69,80
127,5	71,11
128	72,42
128,5	73,72
129	75,03
129,5	76,34
130	77,65
130,5	78,96
131	80,27
131,5	81,58
132	82,89
132,5	84,20
133	85,52
133,5	86,83
134	88,14
134,5	89,46
135	90,77
135,5	92,09
136	93,40
136,5	94,72
137	96,03
137,5	97,35
138	98,67
138,5	99,99
139	101,30
139,5	102,62
140	103,94
140,5	105,26
141	106,58
141,5	107,90
142	109,23
142,5	110,55
143	111,87
143,5	113,19
144	114,52
144,5	115,84
145	117,17
145,5	118,49
146	119,82
146,5	121,15
147	122,47
147,5	123,80
148	125,13
148,5	126,46
149	127,79
149,5	129,12

Сопротивление(Ом)	Температура(°C)
150	130,45
150,5	131,78
151	133,11
151,5	134,44
152	135,77
152,5	137,11
153	138,44
153,5	139,78
154	141,11
154,5	142,45
155	143,78
155,5	145,12
156	146,45
156,5	147,79
157	149,13
157,5	150,47
158	151,81
158,5	153,15
159	154,49
159,5	155,83
160	157,17
160,5	158,51
161	159,85
161,5	161,20
162	162,54
162,5	163,88
163	165,23
163,5	166,57
164	167,92
164,5	169,27
165	170,61
165,5	171,96
166	173,31
166,5	174,66
167	176,01
167,5	177,36
168	178,71
168,5	180,06
169	181,41
169,5	182,76
170	184,11
170,5	185,47
171	186,82
171,5	188,18
172	189,53
172,5	190,89
173	192,24
173,5	193,60
174	194,96
174,5	196,31
175	197,67
175,5	199,03
176	200,39
176,5	201,75
177	203,11
177,5	204,47
178	205,84
178,5	207,20
179	208,56
179,5	209,92
180	211,29
180,5	212,65
181	214,02
181,5	215,39
182	216,75
182,5	218,12

Сопротивление(Ом)	Температура(°C)
183	219,49
183,5	220,86
184	222,22
184,5	223,59
185	224,96
185,5	226,33
186	227,71
186,5	229,08
187	230,45
187,5	231,82
188	233,20
188,5	234,57
189	235,95
189,5	237,32
190	238,70
190,5	240,07
191	241,45
191,5	242,83
192	244,21
192,5	245,59
193	246,97
193,5	248,35
194	249,73
194,5	251,11
195	252,49
195,5	253,88
196	255,26
196,5	256,64
197	258,03
197,5	259,41
198	260,80
198,5	262,19
199	263,57
199,5	264,96
200	266,35
200,5	267,74
201	269,13
201,5	270,52
202	271,91
202,5	273,30
203	274,69
203,5	276,08
204	277,48
204,5	278,87
205	280,27
205,5	281,66
206	283,06
206,5	284,45
207	285,85
207,5	287,25
208	288,65
208,5	290,04
209	291,44
209,5	292,84
210	294,25
210,5	295,65
211	297,05
211,5	298,45
212	299,86
212,5	301,26
213	302,66
213,5	304,07
214	305,48
214,5	306,88
215	308,29
215,5	309,70

Сопротивление(Ом)	Температура(°C)
216	311,11
216,5	312,51
217	313,92
217,5	315,34
218	316,75
218,5	318,16
219	319,57
219,5	320,98
220	322,40
220,5	323,81
221	325,23
221,5	326,64
222	328,06
222,5	329,48
223	330,89
223,5	332,31
224	333,73
224,5	335,15
225	336,57
225,5	337,99
226	339,41
226,5	340,84
227	342,26
227,5	343,68
228	345,11
228,5	346,53
229	347,96
229,5	349,38
230	350,81
230,5	352,24
231	353,67
231,5	355,10
232	356,52
232,5	357,96
233	359,39
233,5	360,82
234	362,25
234,5	363,68
235	365,12
235,5	366,55
236	367,99
236,5	369,42
237	370,86
237,5	372,30
238	373,73
238,5	375,17
239	376,61
239,5	378,05
240	379,49
240,5	380,93
241	382,38
241,5	383,82
242	385,26
242,5	386,71
243	388,15
243,5	389,60
244	391,04
244,5	392,49
245	393,94
245,5	395,38
246	396,83
246,5	398,28
247	399,73
247,5	401,18
248	402,64
248,5	404,09

Сопротивление(Ом)	Температура(°C)
249	405,54
249,5	407,00
250	408,45
250,5	409,91
251	411,36
251,5	412,82
252	414,28
252,5	415,73
253	417,19
253,5	418,65
254	420,11
254,5	421,57
255	423,04
255,5	424,50
256	425,96
256,5	427,42
257	428,89
257,5	430,35
258	431,82
258,5	433,29
259	434,76
259,5	436,22
260	437,69
260,5	439,16
261	440,63
261,5	442,10
262	443,58
262,5	445,05
263	446,52
263,5	448,00
264	449,47
264,5	450,95
265	452,42
265,5	453,90
266	455,38
266,5	456,86
267	458,34
267,5	459,82
268	461,30
268,5	462,78
269	464,26
269,5	465,74
270	467,23
270,5	468,71
271	470,20
271,5	471,68
272	473,17
272,5	474,66
273	476,15
273,5	477,64
274	479,13
274,5	480,62
275	482,11
275,5	483,60
276	485,09
276,5	486,59
277	488,08
277,5	489,58
278	491,07
278,5	492,57
279	494,07
279,5	495,57
280	497,07
280,5	498,57
281	500,07
281,5	501,57

Сопротивление(Ом)	Температура(°C)
282	503,07
282,5	504,57
283	506,08
283,5	507,58
284	509,09
284,5	510,60
285	512,10
285,5	513,61
286	515,12
286,5	516,63
287	518,14
287,5	519,65
288	521,16
288,5	522,67
289	524,19
289,5	525,70
290	527,22
290,5	528,73
291	530,25
291,5	531,77
292	533,28
292,5	534,80
293	536,32
293,5	537,84
294	539,37
294,5	540,89
295	542,41
295,5	543,94
296	545,46
296,5	546,99
297	548,51
297,5	550,04
298	551,57
298,5	553,10
299	554,63
299,5	556,16
300	557,69
300,5	559,22
301	560,75
301,5	562,29
302	563,82
302,5	565,36
303	566,89
303,5	568,43
304	569,97
304,5	571,51
305	573,05
305,5	574,59
306	576,13
306,5	577,67
307	579,21
307,5	580,76
308	582,30
308,5	583,85
309	585,40
309,5	586,94
310	588,49
310,5	590,04
311	591,59
311,5	593,14
312	594,69
312,5	596,25
313	597,80
313,5	599,35
314	600,91
314,5	602,46

Сопротивление(Ом)	Температура(°C)
315	604,02
315,5	605,58
316	607,14
316,5	608,70
317	610,26
317,5	611,82
318	613,38
318,5	614,94
319	616,51
319,5	618,07
320	619,64
320,5	621,20
321	622,77
321,5	624,34
322	625,91
322,5	627,48
323	629,05
323,5	630,62
324	632,20
324,5	633,77
325	635,34
325,5	636,92
326	638,50
326,5	640,07
327	641,65
327,5	643,23
328	644,81
328,5	646,39
329	647,97
329,5	649,56
330	651,14
330,5	652,72
331	654,31
331,5	655,90
332	657,48
332,5	659,07
333	660,66
333,5	662,25
334	663,84
334,5	665,43
335	667,03
335,5	668,62
336	670,22
336,5	671,81
337	673,41
337,5	675,01
338	676,61
338,5	678,20
339	679,81
339,5	681,41
340	683,01
340,5	684,61
341	686,22
341,5	687,82
342	689,43
342,5	691,04
343	692,64
343,5	694,25
344	695,86
344,5	697,47
345	699,09
345,5	700,70
346	702,31
346,5	703,93
347	705,54
347,5	707,16

Сопротивление(Ом)	Температура(°C)
348	708,78
348,5	710,40
349	712,02
349,5	713,64
350	715,26
350,5	716,88
351	718,51
351,5	720,13
352	721,76
352,5	723,38
353	725,01
353,5	726,64
354	728,27
354,5	729,90
355	731,53
355,5	733,16
356	734,80
356,5	736,43
357	738,07
357,5	739,70
358	741,34
358,5	742,98
359	744,62
359,5	746,26
360	747,90
360,5	749,55
361	751,19
361,5	752,83
362	754,48
362,5	756,13
363	757,78
363,5	759,42
364	761,07
364,5	762,73
365	764,38
365,5	766,03
366	767,69
366,5	769,34
367	771,00
367,5	772,65
368	774,31
368,5	775,97
369	777,63
369,5	779,29
370	780,96
370,5	782,62
371	784,29
371,5	785,95
372	787,62
372,5	789,29
373	790,96
373,5	792,63
374	794,30
374,5	795,97
375	797,64
375,5	799,32
376	800,99
376,5	802,67
377	804,35
377,5	806,03
378	807,71
378,5	809,39
379	811,07
379,5	812,75
380	814,44
380,5	816,12

Сопротивление(Ом)	Температура(°C)
381	817,81
381,5	819,50
382	821,18
382,5	822,87
383	824,56
383,5	826,26
384	827,95
384,5	829,64
385	831,34
385,5	833,04
386	834,73
386,5	836,43
387	838,13
387,5	839,83
388	841,54
388,5	843,24
389	844,94
389,5	846,65
390	848,36
390,5	850,06