



湖南石油化工职业技术学院  
Hunan Petrochemical Vocational Technology College

## 学生毕业设计成果

设计题目： 低功耗热电阻温度采集系统设计  
专业名称： 工业过程自动化技术  
班级名称： 仪表 3171  
学生姓名： 黄飞虎  
指导教师： 刘应  
责任领导： 蒋丹

二零一九年十一月

### 学生毕业设计成果真实性承诺书

本人郑重承诺：我所递交的毕业设计材料，是本人在指导老师的指导下独立进行完成的；除文中已经注明引用的内容外，不存在有作品（产品）剽窃和抄袭他人成果的行为。对本设计的共同完成人所做出的贡献，在对应位置已以明确方式标明。若被查出有抄袭或剽窃行为，或由此所引起的法律责任，本人愿意承担一切后果。

学生（确认签字）：黄飞虎

签字日期：2019.11.10  
签字日期：2020.5.13

### 指导教师关于学生毕业设计成果真实性审核承诺书

本人郑重承诺：已对该生递交的毕业设计材料中所涉及的内容进行了仔细严格的审核，其成果是本人在的指导下独立进行完成的；对他人成果的引用和共同完成人所做出的贡献在对应位置已以明确方式标明。不存在有作品（产品）剽窃和抄袭他人成果的行为。若查出该生所递交的材料有学术不端的行为，或由此所引起的法律责任，本人愿意承担一切责任。

指导教师（确认签字）：刘红

签字日期：2019.11.12  
签字日期：2020.5.13

# 目 录

一. 成果简介.....	1
二. 设计思路.....	1
1. 温度传感器.....	1
2. AD7795 模数转换器.....	2
3. BC95-B5 模块设计.....	3
三. 设计过程.....	3
1. 测量精度.....	3
2. 模数转换器低功耗设计.....	4
3. 低功耗需求设计.....	6
四. 成果特点.....	7
1. 误差数据图.....	7
2. 温度测量结果.....	9
3. 特点介绍.....	9
五. 个人收获与感受.....	10
参考文献.....	11

# 低功耗热电阻温度采集系统设计

## 一. 成果简介

当前，温度传感器被广泛应用到我们的日常生活中，它是温度测量仪表的主要部件，种类颇多。按照测量方式可以把它分为接触式和非接触式两种。依照传感器材料以及电子元件的特性分为热电偶和热电阻两种。人手持电子测温设备会花费更多时间，而且实时测量误差数据较大，没法达到我们实时监测温度的要求；线缆测温设备需要布置完善的线路，不利于在恶劣环境下实时监测；无线温度传感器利于携带，操作简单，更适合我们在各类环境下使用。

为了进一步提高温度采集系统的测量准确度，我会选择稳定性好，精度等级高以及速度更快的规格为 PT100 的铂电阻作为其温度传感器模块。选择功耗低、噪音更小的型号为 24 位 AD7795 作为它的模数转换器，选用规格 8 位 PIC18F24K22 作为它的核心控制器从而保障其性能稳定。温度计通过热传导或对流达到平衡，在自动测量和控制中通过市值对比从而得到介质的实际准确温度。

温度测量系统框图，包括规格是 PT100 的铂电阻、BC95-b5 系统模块、A/D 转换电路和 CPU。系统是由控制和调节时间从而实现实时采集测量温度,同时根据固定内存和软处理数据存储模块,再由 CPU 模块和 BC95 - B5 系统模块根据每 1 小时的运行周期中,将已设置的格式数据根据实际需求运输至指定服务器区域。硬件系统采用可拆卸电池作为电源，其供电电压为 3.3v，功耗低，更环保，更有利于现实使用。

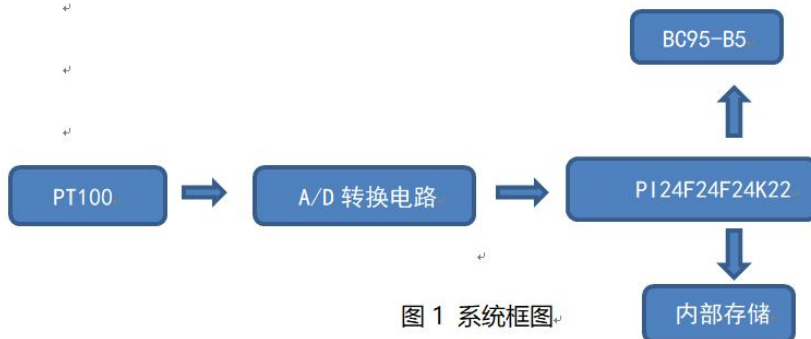


图 1 系统框图。

## 二. 设计思路

### 1. 温度传感器



图 2 规格 PT100 铂电阻

我设计的传感器可以自动采集现场环境温度，测温范围为 $-180\sim 600^{\circ}\text{C}$ 。PT100 铂电阻具有精度高、稳定性好、响应速度快等特点。通过测量电阻值的变化，可以实现对环境温度的实时监测。当环境温度变化时，电阻的指示值也会发生变化。假设对电阻施加恒功率电流后，根据温度传感器的电压可以推导出其电阻值。然后对不同 PT100 铂电阻对应的温度值进行积分，得到被测环境的实时温度。在 AD 转换电路中，PT100 铂电阻的电压被转换成一个特定值，同时给 PT100 铂电阻和其他参考电阻提供高精度、完美的恒定电流值。

## 2. AD7795 模数转换器

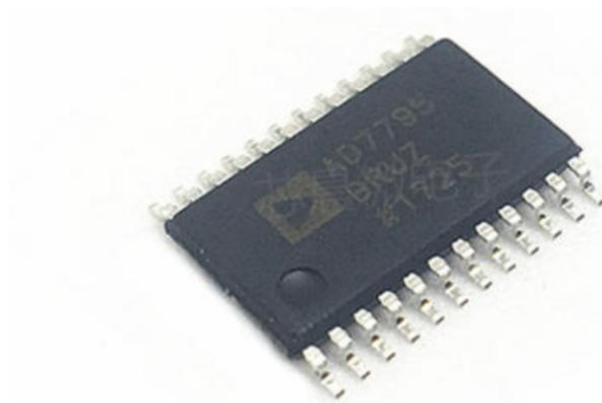


图 3 AD7795 模数转换器

AD7795 模数转换器同时具备 24 位 6 通道、低噪声、低功耗等特性，它的温度测量区间为 $-35\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，所以我选择  $3.0\sim 56.0\text{V}$  电压区间内的电源设计对它进行供电，处于正常稳定工作情况下的设定功耗电流不会超过  $40\text{A}$ 。进入省电模式后，它的功耗电流将减小至  $1\mu\text{A}$ ，所以规格为 AD7795 的模数转换器充分满足我们温度测量系统的

低功耗设计要求。

### 3. BC95-B5 模块设计

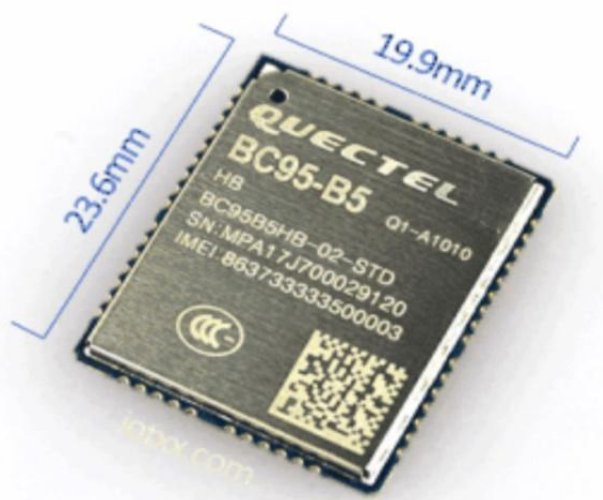


图 4 BC95-B5 模块

系统设计 BC95 - B5 模块中加入了省电设计程序,当构建模块之间的通信和数据网络连接成功,会发送一个省电请求消息传输给系统模块,并在数据所有的定时器之间配置一个信息回复,自动启动计时器超时后,将控制模块由运行模式切换成省电模式以节省电耗。

## 三. 设计过程

### 1. 测量精度

规格为 PT100 的铂电阻可以通过 2 线、3 线或 4 线三种方式连接电路。在这些方法中,最准确的还是四线连接,因为它可以消除由导线引起的压降速率,从而提高设备使用年限。

(1) 焦耳定律表达为:

$$W = I^2R$$

由式子得出,随着电流输出的减小,电阻产生的热量也会随之减少,从而大大提高设备测量精度。如果它的激励电流太小,铂电阻两端产生的电压数值也会降低,导致 AD7795 模数转换器无法实现实时数据转换。根据上述结果得出,并联的 AD7795 模数转换器通过两个 210  $\mu$  A 恒定电流为 PT100 铂电阻提供恒定的激励电流。结合实际 PT100 阻力在不同环境和温度下的数据可以得出,当它的电阻变化 1  $\Omega$  以上,环境温

度采集的数据将会有误差值。测试了 PT100 实时电阻值在环境温度 26°C 下的数据转换过程，实测误差值超过 0.2°C，不能满足我们的高精度和低功耗的设计要求。因此，将温度测量范围分为高于 0°C 和低于 0°C 两种模式。通过数据可视化算法，分析了电阻值与测量温度之间的关系，得到如下表达式：

$$\begin{cases} t = A_1 R_1^3 + B_1 R_t^2 + C_1 R_t - 235.2, t \geq 0 \\ t = A_1 R_1^3 + B_1 R_t^2 + C_1 R_t - 235.2, t < 0 \end{cases}$$

(2) 其中：系数  $A_1$ ， $B_1$ ， $C_1=2.3$ ； $A_2$ 与 $B_2$ 是式子固定系数。

在将其对应的 PT100 在 26°C 时的阻值代入公式，得到温度值为 26.003°C，实际误差仅为 0.003°C。因此，与线性相似方法相比，该方法具有更高的精度，完全满足了本系统实际测试对高精度、低功耗需求。

## 2. 模数转换器低功耗设计

为了保证模数转换器能够准确无误地完成温度数据过程转换，设计在每次数据转换前先对其进行复位操作，并在初始化操作前保持 500  $\mu$ s 的频率。而在初始化过程中，各种系统配置的模数转换器和模拟数字转换器需要提前完成配置，主要包括两端电压的电源连接，通过内部实际电流输出的恒定电流和数据转换模式，其编码方法由初始化和放大率决定。选用为单极编码。在日常使用中，系统不用频繁采集数据，所以我选择单次转换的模式，每次运行一次后就自动切换到节电运行模式。此时转换器只有 1  $\mu$ A 的电流功耗，有效延长了电池寿命。下图则展示了模数转换器运行流程：

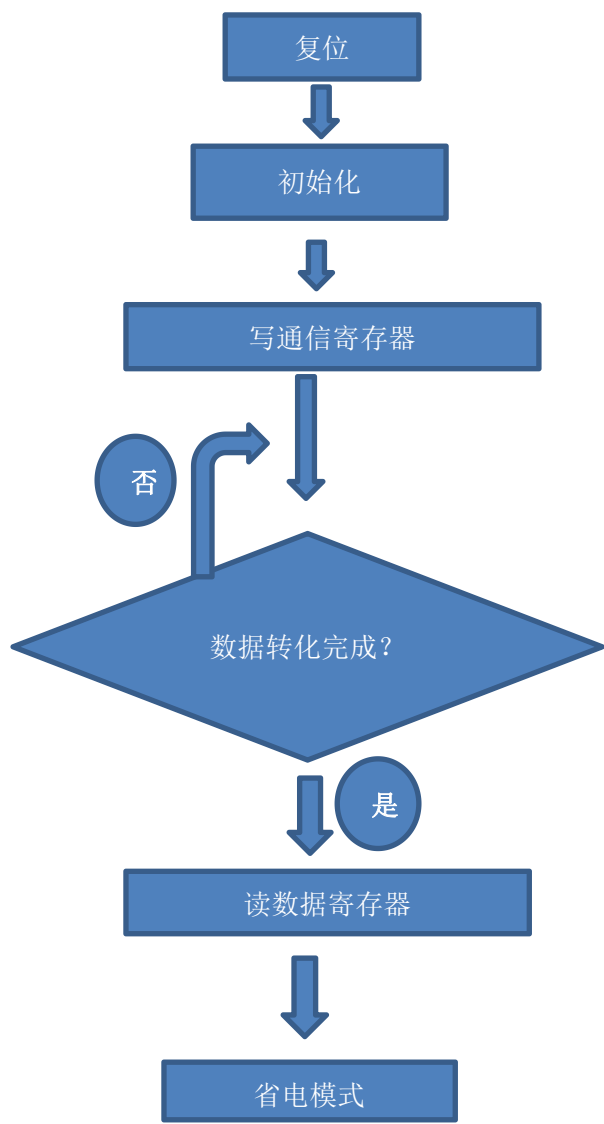




图 5 AD7795 运行流程图

### 3. 低功耗需求设计

日常生活中我们数据采集的频率通常会比较慢,所以应该选择 SD1 控制系统正常运行。SD1 超时或者触发中断时,核心控制器将再次通过控制温度采集系统电路采集温度,同时结合模数转换器回到铂电阻温度和其对应的设定值,然后根据之前设置好程序将数据将存储在内部芯片,每次完成数据采集和存储后都会自动进入省电模式。系统还包含 SD0 和 SD3 定时器,其中 SD0 用于控制系统的关机时间,SD3 用于控制系统的工作时间。该设计还同时允许用户实时控制系统的启动时间、工作时间、关机时间和上传时间。完成初始化后系统上电,SD3 设定时间是 3 分钟,等待后续用户操作的顺序,如果超过规定时间未收到用户提供的有效指令,系统将保持默认的设置,然后间隔 6 分钟采集一次数据,数据收集和上传周期为 1 小时,系统默认将耗尽电池供电。当 SD1 定时触发次数等于用户开始设置的次数时,中央处理单元的电子控制模块将所有数据上传至指定对象后,模数转换器将会自动切换为省电模式。

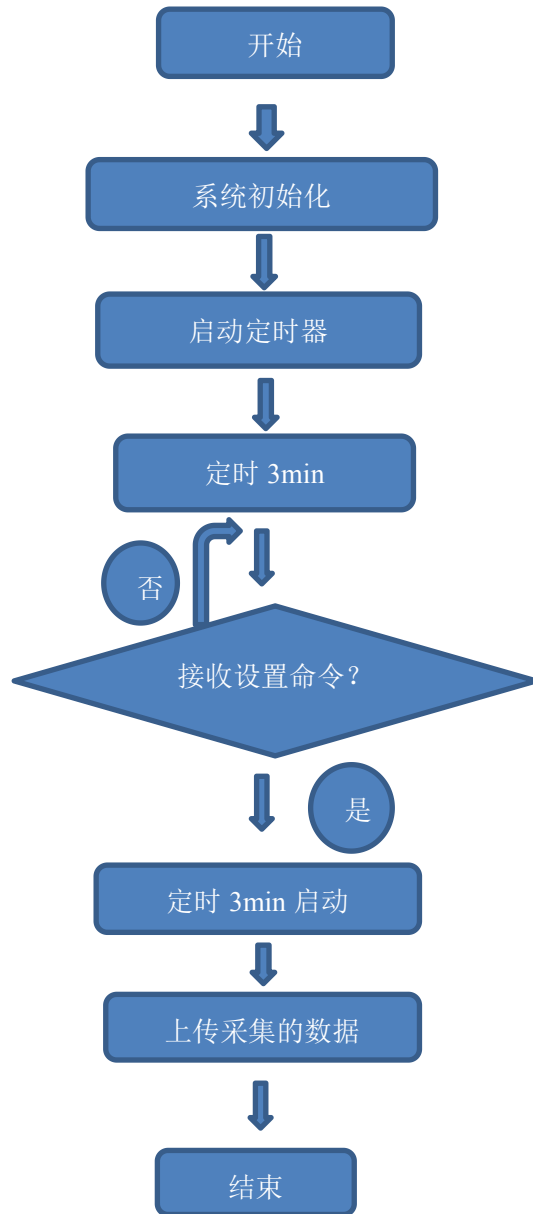


图 6 系统运行流程图

#### 四. 成果特点

##### 1. 误差数据图

选择数据波动范围为  $0.004^{\circ}\text{C}$  的恒温槽作为标准的实时测温环境，检测系统的运行状态和数据采集的准确性。温度范围为  $-30^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ ，温度区间为  $10^{\circ}\text{C}$ ，设定每个温度点必须采集 3 次以上，各组温度数据的平均值如下图所示。可以看出，各组温度数据采集具有良好的相似性，充分满足系统需求的稳定性。

实时监控温度与 MB 算法得到的标准温度数值之间的误差数据汇总，数据误差曲线图标表示 9 个测点的绝对误差值，最大值为  $0.033^{\circ}\text{C}$ ，充分实现了系统对温度精度的要求。对比测试结果可以得出，当设备处于省电状态运行，设定其电流值小于  $12\ \mu\text{A}$ ，当前值消耗后进入运行状态的温度数据采集小于  $650\ \mu\text{A}$ ，这充分满足产品低功耗的设计要求和运行系统的配置参数。

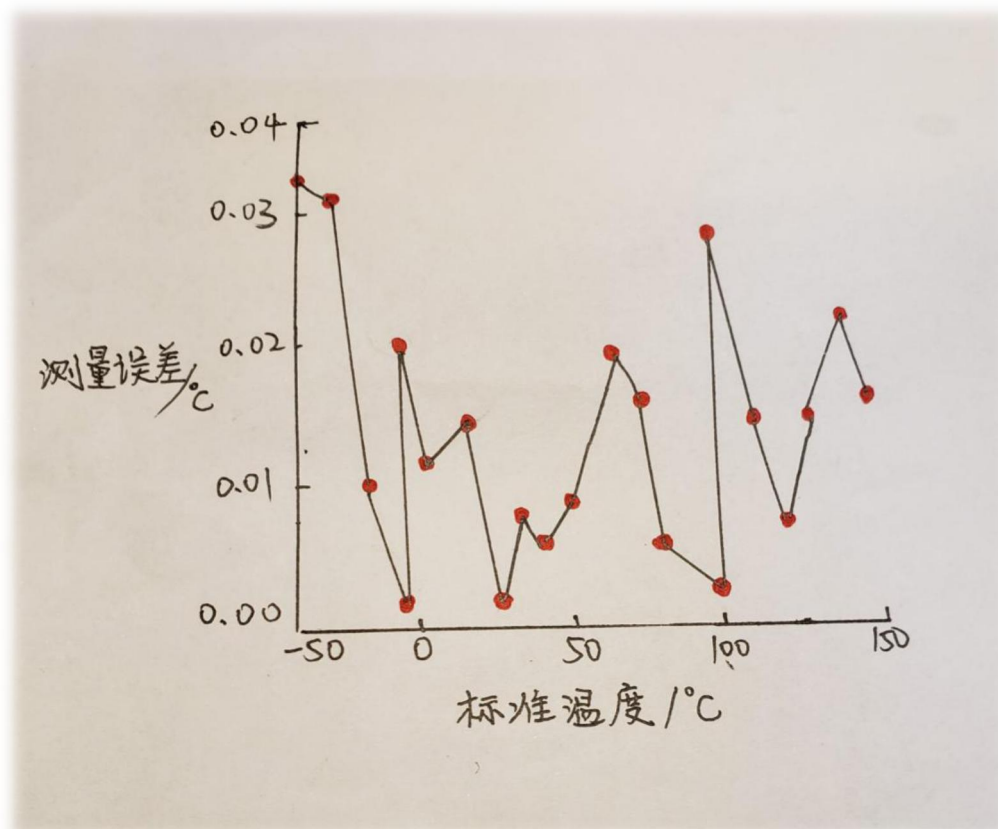


图 7 测量数据误差曲线图

## 2. 温度测量结果

标准值	测量值 a	测量值 b	测量值 c	平均值	误差值
-30	-30.002 2	-30.002 8	-30.002 4	-30.002 8	0.001 8
-20	-20.000 8	-20.000 0	-20.000 2	-20.000 0	0.001 0
-10	-9.994 6	-9.994 6	-9.994 6	-9.994 6	0.005 4
0	0.0010 1	0.0010 1	0.0010 1	0.0010 1	0.00 01
10	10.011 2	10.011 2	10.011 2	10.011 2	0.011 2
20	20.004 8	20.005 2	20.005 0	20.005 0	0.005 0
30	30.012 4	30.012 5	30.012 3	30.012 4	0.012 4
40	39.998 5	39.998 5	39.998 5	39.998 5	0.001 5
50	50.016 5	50.016 8	50.016 1	50.016 8	0.016 8
60	60.007 7	60.007 7	60.007 7	60.007 7	0.007 7
70	70.004 6	70.005 2	70.004 9	70.004 9	0.004 9
80	79.998 9	79.998 9	79.998 9	79.998 9	0.001 1
90	90.008 8	90.008 8	90.008 8	90.008 8	0.008 8
100	100.002 6	100.002 8	100.003 0	100.002 8	0.002 8
110	110.016 6	110.016 7	110.016 5	110.016 6	0.016 6
120	120.018 2	120.018 5	120.018 5	120.018 8	0.018 5

温度测量结果 单位：℃

## 3. 特点介绍

低功耗热电阻温度采集系统设计是通过内部的定时器实现温度与信号的实时采集,根据固定的数据指令,同时将数据存储到内部存储器的核心处理器内,再由 CPU 和系统控制模块根据每 1 小时间隔的周期初始化并传输数据到服务器。在每次数据转换之前,需要重置模数转换器模块,并一直保持在 500 μs 的频率。

每一次数据采集和存储完成后系统以省电运行状态来实现低功耗工作,在 -30~120℃ 的温度范围内测试得出,每次温度数据采集具有极好的重合性,系统能够

保持在稳定的运行状态。实际测量精度的最大绝对误差为  $0.033^{\circ}\text{C}$ ，完全满足设计的温度采集设备的高准确度需求。

## 五. 个人收获与感受

这次的毕业设计我是竭尽全力，并且非常用心地去完善它了。很感谢刘应老师对我的悉心指导，从选题到设计过程，到最后的修改，他都是十分有耐心地为我解惑。通过这次综合性学习，我收获了许多对我未来很有帮助的东西，明确了我以后想要去发展的方位，感谢学校的老师们对我的教导。未来，我将不忘初心，继续前进！

最后，对文中所引文献的作者们表示感谢！

## 参考文献

- [1]朱熙,李振伟,葛哲阳,等.真空热试验数字温度测量系统设计与实现[J].计算机测量与控制,2018,26(05):21-24.
- [2]仲丽娟,杨庆华,屠晓伟,等.室内降温装的温度采集系统的设计[J].工业控制计算机,2018,31(04):59-61.
- [3]常家树.北方寒冷地区钢桥面铺装层温度场分布规律研究[J].北方交通,2018(05):24-26.
- [4]张艳.浅谈单片机温度测量和控制系统的设计与实现[J].南方农机,2018,49(09):121-131.
- [5]吴旭亮,岳惠峰,余晓舟,等.航空发动机数据采集系统设计[J].电子世界,2018(07):153-156.
- [6]兰羽,万可顺.基于AT89C51的无线温度采集系统的设计[J].国外电子测量技术,2013(06):65-68.
- [7]赵世峰,何哲健.基于K型热电偶的多通道温度采集系统设计[J].软件导刊,2017(11):22-23.  
55-57+112.
- [8]彭远芳,赵又新.高精度温度采集系统[J].仪表技术与传感器,2007(05):10-15+145.
- [9]贾书庭,王凯,王亚刚.WIA-PA无线温度变送器的设计与实现[J].电子科技,2015(09):66-68.
- [10]马骏,苏冬云.温度数据采集测试系统设计[J].机电工程技术.2005(10):65-77+99.
- [11]张军.智能温度传感器DS18B20及其应用[J].仪表技术.2010(04):33-34.
- [12]余德亮,范雯杰,蒋涌,等.多通道温湿度采集系统设计[J].气象水文海,2018,35(01):68-69.
- [13]冯尧,梁硕,刘阳,等.航天器热电偶检测系统的设计与实现[J].计算机测量与控制.2017(10):