

文章编号 :1000-2278(2012)04-0508-05

陶瓷窑炉无线温度检测及 LED 点阵显示系统设计

石长华 黄新华

(景德镇高等专科学校,江西 景德镇 333000)

摘 要

陶瓷窑炉温度的测量是陶瓷工业生产核心技术,利用 nRF2401 无线通信模块将窑炉温度数据进行无线传送,16×64LED 双色点阵远距离实时显示窑炉温度,实现窑炉温度测量极少对陶瓷烧制生产中装坯和产品出窑的干扰。MAX31855 是冷端补偿热电偶至数字输出转换器,在测温范围 0℃ 至 +1300℃ 内精度达±6℃。软件设计采用分段温度补偿计算子程序后测温精度优于±1℃。该陶瓷窑炉无线温度检测及 LED 点阵显示系统,具有较高测量精度,在复杂的陶瓷烧制现场使用,有着很好的实用价值。

关键词 单片机;热电偶;MAX31855;nRF2401;LED 点阵

中图分类号:TQ174.6*53 文献标识码:A

0 引言

陶瓷窑炉是实现陶瓷烧成制度的设备,陶瓷窑炉温度的测量是陶瓷工业生产核心技术,为了保证优良的陶瓷质量和成色,需寻找同类陶瓷制品的最佳烧成曲线,则应对每一炉的烧制全程进行实时记录并分析陶瓷窑炉内温度的变化,为同类型的坯和釉生产工艺的改善和规范提供科学依据^[1]。

温度数据传送中,无线技术相比有线技术具有节约成本、实现方便、适合复杂工作场所等优点,窑炉温度显示时相比小尺寸数码管或液晶,LED 点阵显示具有亮度高、可显示汉字、不易视疲劳等优点。陶瓷烧制中高温上限到 1300℃,常用的热电偶模数转换器 MAX6675 只有 1024℃ 上限温度^[2],不能满足陶瓷窑炉测温的要求,设计中采用器件 MAX31855 进行模数转换,测温范围和精度都满足陶瓷窑炉要求。本文设计的陶瓷窑炉无线温度检测及 LED 点阵显示系统,在复杂的陶瓷烧制现场使用,有着很好的实用价值。

1 系统总体方案设计

收稿日期:2012-06-11

基金项目:江西省教育厅科技研究项目(编号:GJ08472)

1.1 系统要求

(1) 满足陶瓷烧制实际需要,测温范围在 0~1300℃,测量精度为±1℃。

(2) 陶瓷窑炉中实时温度数据要以无线方式传送到接收端。

(3) 陶瓷窑炉实时温度数据发射端采用数码管显示,接收端采用 16×64LED 双色点阵显示炉温,同时还能显示当前实时时间、环境温度和热电偶故障等数据。

1.2 系统组成

根据系统要求,设计陶瓷窑炉无线点阵 LED 温度显示系统如图 1 和图 2 两部分组成。发射系统置于陶瓷窑炉附近,方便与 K 型热电偶连接,接收显示系统置于陶瓷窑炉烧制现场任何地方,以不超出 nRF2401 无线通信模块传输距离为限。nRF2401 无线通信模块接上外置柱状天线,通信距离可达 100 米。

2 硬件电路设计

2.1 温度检测及模数转换

温度检测及模数转换电路如图 3 所示。采用 K 型热电偶检测陶瓷窑炉炉温,器件 MAX31855 进行模数转换,仅占用 STC89C52 单片机 P1 口的三个引

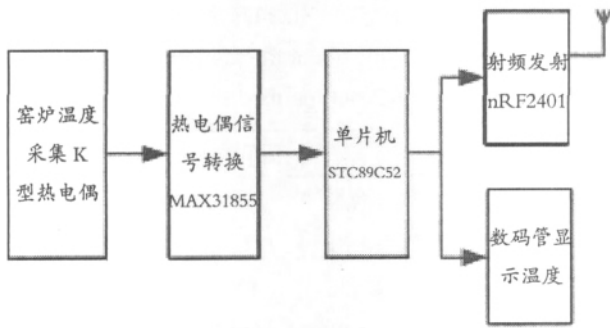


图 1 发射系统

Fig.1 The transmitter

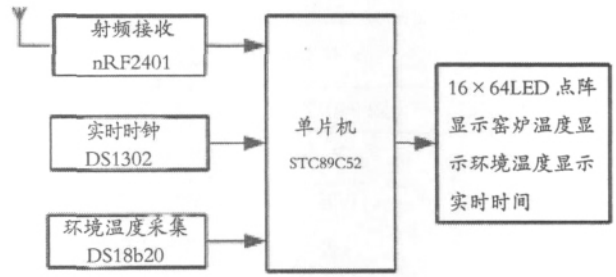


图 2 接收显示系统

Fig.2 The receiver and LED displayer

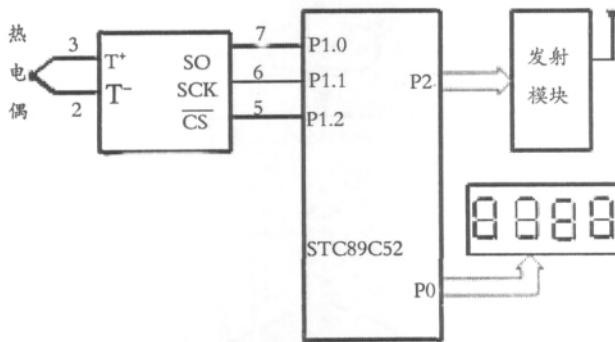


图 3 温度检测及模数转换电路

Fig.3 The circuit for temperature measurement and analog-to-digital conversion

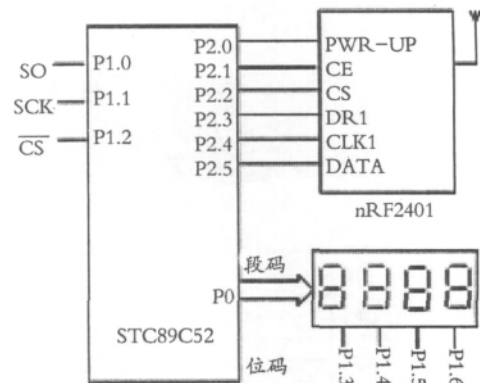


图 4 温度数据无线发射及数码显示电路

Fig.4 The circuit for wireless transmission and digital display of temperature data

脚,电路结构简单,测温范围宽、精度高,使用稳定可靠。

热电偶为电压发生装置^[3] JEC 采用的 NIST ITS- 90 现代热电偶标准化处理数据库^[4] ,是各种类型热电偶测温数据基础。对于 K 型热电偶,可测温范围是 - 200℃ 至 +1372℃ ,对应电压由 - 5.891mV 至 +54.886mV 变化,但输出电压作为温度的函数呈现非常高的非线性。工业应用中,电压对应的温度函数如果没有经过适当补偿,K 型热电偶的非线性误差会超过几十摄氏度。

MAX31855 是冷端补偿热电偶至数字输出转换器^[5] ,厂家提供有各种类型热电偶适用的版本,MAX31855KASA+ 适用于 K 型热电偶,测温范围 - 200℃ 至 +1350℃ ,电压按照大约 41.276μV/℃ 的规律变化,按以下线性方程式逼近热电偶特性:

$$V_{OUT}=(0.04127\text{mV}/^{\circ}\text{C})\times (T_R-T_{AMB}) \quad (1)$$

式中, V_{OUT} 为热电偶输出电压(mV) , T_R 为远端热电偶

结温(℃) , T_{AMB} 为冷端器件温度(℃)。

注意,MAX31855KASA+ 假定温度和电压之间为线性关系。由于所有热电偶都呈现一定的非线性,应对器件输出数据进行适当修正。根据 NIST ITS- 90 热电偶数据库,通过使用标准化多项式将热电偶电压换算成温度,标准化多项式为:

$$T=d_0+d_1E+D_2E^2+\dots+d_NE^N \quad (2)$$

式中, T 为修正后热电偶温度(℃) , E 为 V_{OUT} 即(1)式中热电偶输出电压(mV) , d_0 至 d_N 是 K 型热电偶的 NIST(NBS)多项式系数。根据(2)式算出温度能够在 - 200℃ 至 +1350℃ 温度范围内误差小于 ± 1℃ ,完全满足陶瓷烧制测温及控温的实际需要。

2.2 窑炉温度数据无线发射

窑炉温度数据无线发射及数码显示电路如图 4 所示。发射系统由单片机 STC89C52 控制无线数字传输芯片 nRF2401,通过无线方式将窑炉温度数据传送到接收端,四个数码管显示发送端采集到的窑炉

表 1 单片机与 nRF2401 接口说明

Tab.1 Specifications about the interface between SCM and Nrf2401 module

单片机端口	nRF2401端口	功能
P2.0	PWR_UP	控制 nRF2401 电源
P2.1	CE	nRF2401 工作模式
P2.2	CS	nRF2401 片选
P2.3	DR1	nRF2401 中断 1 输出
P2.4	CLK1	nRF2401 通道 1 时钟
P2.5	DATA	nRF2401 通道 1 数据

表 2 08 标准 LED 点阵接口说明

Tab.2 Specifications about the standard 08 port for LED dot matrix display

点阵接口	功能	点阵接口	功能
R1	红色数据输入	C	行选地址
R2	单行汉字未用	D	行选地址
G1	绿色数据输入	EN	显示使能
G2	单行汉字未用	STR	数据锁存
A	行选地址	CLK	移位时钟
B	行选地址		

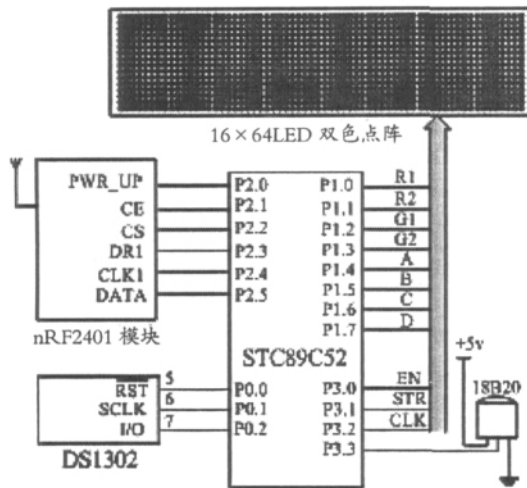


图 5 窑炉温度数据无线接收及显示电路

Fig.5 The circuit for wireless receiver and display of kiln temperature data

温度。

nRF2401 芯片共有 24 个引脚^[6],为了方便嵌入式设计使用,市场上有多种 nRF2401 无线模块可选用,本电路选用一种模块采用 10 针单列直插引脚接口,nRF2401 模块包括 nRF2401 芯片部分、3.3V 稳压部分、晶振部分、天线部分。表 1 给出了单片机 STC89C52 与 nRF2401 模块通信接口描述,使用通道 1 在 ShockBurst™ 模式下进行数据传输。

2.3 窑炉温度数据无线接收与显示

窑炉温度数据无线接收及 LED 点阵显示^[7]电路如图 5 所示。nRF2401 无线模块与单片机 STC89C52 通信接口和发射端完全一样,只是编程使其工作在接收状态,实时时钟芯片 DS1302 完成时钟产生功能,DS18B20 完成环境温度采集任务,16×64LED 双色

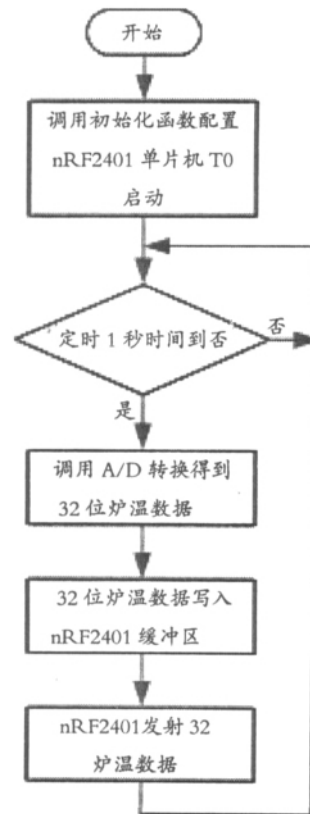


图 6 发射端主程序流程图

Fig.6 The operation of the transmitter's main program

点阵完成显示任务,LED 双色点阵采用 08 标准 LED 点阵接口,表 2 给出了 LED 双色点阵 08 标准 LED 点阵接口说明。

3 软件设计

本系统的软件采用结构化模块程序设计,主要由

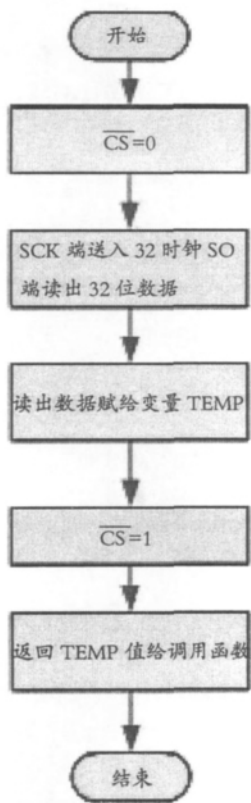


图 7 A/D 转换子程序流程图

Fig.7 The operation of the A/D converter's subprogram

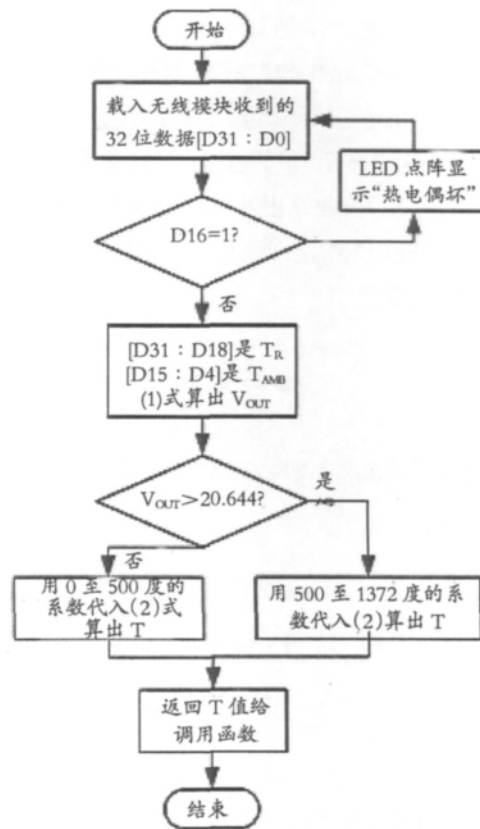


图 8 温度补偿计算子程序流程图

Fig.8 The operation of the subprogram for temperature compensation

主程序、中断服务程序和子程序组成。

发射系统子程序主要有温度数据 A/D 转换子程序、数码管动态显示子程序、无线发送数据子程序等组成。温度数据 A/D 转换子程序主要用来驱动器件 MAX31855,当 \overline{CS} 为低电平时,并在 SCK 端施加 32 个时钟信号,从 SO 端读取模数转换结果。器件 MAX31855 始终在后台执行三项转换操作:内部冷端温度转换、外部热电偶温度转换和热电偶故障检测,只有 \overline{CS} 为高电平时才能更新故障状态和温度数据。从 SO 引脚输出的 32 个数据顺序为 MSB 至 LSB,第一个输出的 D31 是热电偶温度符号位(0 为正温度,1 为负温度),D[30:18]位是热电偶温度转换数据,D16 为热电偶故障检测标志(0 表示正常,1 表示有障),D15 是冷端温度的符号位(0 为正温度,1 为负温度),D[14:4]是冷端温度转换数据。本文主要给出发射端主程序(图 6)和 A/D 转换子程序流程图(图 7),其它子程序略。

接收显示系统子程序主要有无线数据接收子程

序、实时时钟子程序、环境温度检测子程序、LED 点阵移动显示子程序和温度补偿计算子程序组成。LED 点阵主要显示内容是:“20** 年 ** 月 ** 日 ** 时 ** 分,室内温度是** 度,发送端传来炉温是 **** 度,补偿后精确炉温是 **** 度。”显示内容共有 45 个汉字而显示屏只有 4 个汉字宽度,采用移动显示能很好解决这个矛盾。温度补偿计算子程序利用无线接收到的 32 位数据进行精确炉温计算和热电偶故障判断,当判断热电偶有故障时,显示屏仅显示“热电偶坏”四个汉字,移动显示内容不再出现。本文主要给出分段温度补偿计算子程序流程图如图 8 所示。

4 结束语

电路采用无线射频模块 nRF2401 和冷端补偿热电偶至数字输出转换器 MAX31855 既满足了陶瓷烧制 1300℃ 高温要求,又具有较高的测量精度,直接使用其转换后的数字温度,在测温范围 -200℃ 至 +1350℃ 内精度达 ± 6℃,作为工程应用也基本达到

要求,采用温度补偿计算子程序后测温精度优于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。最初硬件电路接收数据是由单片机经串口与PC机通信,由PC机显示炉温,而且能显示温度曲线;后改为LED点阵显示,很好解决了“陶瓷烧制时间长(3至7天不等),长期看很小显示数码管或显示屏易疲惫”矛盾,LED点阵显示陶瓷窑炉温度也是本设计的另一个创新点。

参考文献

- 1 张金敏.基于数据融合的陶瓷窑炉温度记录仪的研究.自动化与仪器仪表,2010,04:116~118
- 2 陈源,杨波,唐宏伟,李海娜.基于MAX6675的两路温度采集系统的设计.信息系统工程,2011,11:31~32
- 3 Joseph Shtargot, Sohail Mirza. 利用先进的热电偶和高分辨率 Δ - Σ ADC实现高精度温度测量.世界电子元器件,2012,02:43~48
- 4 参见 NIST 在线数据库,网址 http://srdata.nist.gov/its90/main/its90_main_page.html
- 5 MAX31855 中文资料(PDF)
- 6 nRF2401 资料(PDF)
- 7 石长华,周杰.基于Proteus的单片机汉字点阵显示设计与仿真.景德镇高专学报,2007,04:1~3

Design of Wireless Temperature Measurement and LED Lattice Display System for Ceramic Kiln

SHI Changhua HUANG Xinhua

(Jindezhen Comprehensive College, Jingdezhen Jiangxi 333000, China)

Abstract

Temperature measurement of a kiln is one of the key technologies in ceramic industry. The temperature data can be transmitted by wireless communication module nRF2401, and simultaneously double-colored lattice 16×64LED will display the temperature of a kiln in real time in the distance. Such measurement will hardly interfere with the loading and unloading of a kiln in the course of production. MAX31855 is a cold-junction compensated thermocouple-to-digital converter with the thermocouple accuracy of less than $\pm 6^{\circ}\text{C}$ for temperatures ranging from 0°C to 1300°C , and the accuracy can be increased to less than $\pm 1^{\circ}\text{C}$ through the sectional temperature compensation by a subprogram. The wireless temperature measurement and LED lattice display system for ceramic kiln are accurate when used in firing, so they have good practical value.

Key words microcontroller; thermocouple; MAX31855; nRF2401; LED lattice