

文章编号:1671-251X(2015)09-0018-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.09.006

高仙儒,周新志.微波干燥煤环境下的模拟信号光纤传输系统设计[J].工矿自动化,2015,41(9):18-21.

微波干燥煤环境下的模拟信号光纤传输系统设计

高仙儒, 周新志

(四川大学 电子信息学院, 四川 成都 610065)

摘要:在大功率微波环境下,电信号的传输极易受电磁干扰的影响而损失传输精度。针对该问题,设计了一种微波干燥煤环境下的模拟信号光纤传输系统。该系统基于V/F转换,以光纤为传输通道,FPGA为频率测量计,ARM为数据处理控制器,可以有效抑制电磁干扰和提高传输精度。实验结果表明,该系统抗干扰能力强,传输距离远,稳定性高,且电路结构简单,模拟小信号传输误差小于0.1%,为复杂环境中的模拟信号传输提供了一个优良的解决方案。

关键词:微波加热;模拟信号;传输系统;光纤;V/F转换;FPGA

中图分类号:TD67 文献标志码:A 网络出版时间:2015-08-29 15:40

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150829.1540.006.html>

Design of optical fiber transmission system of analog signal under microwave drying coal environment

GAO Xianru, ZHOU Xinzhi

(College of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Under high-power microwave environment, transmission of electrical signals could easily be affected by electromagnetic interference and lead to loss of transmission accuracy. In order to solve the problem, an optical fiber transmission system of analog signal under microwave drying coal environment was designed. The system is based on V/F transform, takes optical fiber as transmission channels and uses FPGA as the frequency meter, ARM as data processing controller, can effectively restrain electromagnetic interference and improve transmission accuracy. The experimental results show that the system has advantages of good anti-interference ability, far transmission distance, high stability, simple circuit structure, and transmission error of small analog signal is less than 0.1%. The system provides a good solution for analog signal transmission under complex environment.

Key words: microwave heating; analog signal; transmission system; optical fiber; V/F conversion; FPGA

0 引言

在工业上,由于煤的含水率过高会使煤燃烧不充分,造成资源浪费,同时会产生大量污染物,因此,煤干燥技术在煤生产过程中至关重要。与传统干燥技术相比,微波干燥技术具有绿色环保、穿透力强、

加热均匀、效率高等优点^[1],近年来被广泛使用。大功率微波加热煤质时容易产生热失控问题^[2-3],随着加热温度的升高,煤介电常数会增大,介电常数大的部分会吸收更多的热量,即出现温度高的部分吸收更多热量的情况,导致局部温度快速升高,引起安全事故。为解决该问题,需实时、准确监控加热腔体内

收稿日期:2015-05-26;修回日期:2015-07-17;责任编辑:张强。

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973计划)资助项目(2013CB328903)。

作者简介:高仙儒(1992—),男,贵州毕节人,硕士研究生,研究方向为嵌入式应用,E-mail:1040705614@qq.com。通信作者:周新志(1966—),男,四川德阳人,教授,博士,硕士研究生导师,现主要从事模式识别和智能控制方面的研究工作,E-mail:xz.zhou@scu.edu.cn。

的温度、含水率等关键参数,实时调节微波功率,确保安全生产。

工业现场环境复杂,信号传输极易受干扰^[4-5]。微波加热环境下有着强烈的电磁干扰,对信号传输精度有很大影响。为此,吴文秀^[6]提出使用光电耦合器实现输入输出端电气隔离的方法,但并没有解决信号在传输线传输过程中的抗干扰问题。另一方面,光纤传输通道具有抗干扰能力强、稳定度高、传输距离远等优点,史萌萌等^[7-8]提出在光纤通道中直接传输模拟信号,但此方法对系统信噪比、线性度等要求十分严格,因此,传输精度不高。张威等^[9]提出将模拟信号转换为频率信号再通过光纤传输,虽然解决了传输过程中的干扰问题,但电路复杂,且信号只能单向传输,系统灵活性低。

针对上述信号传输方法存在的问题,本文设计了一种微波干燥煤环境下的模拟信号光纤传输系统。该系统基于 V/F(电压-频率)转换,以光纤为传输通道,FPGA 为频率测量计,ARM 为数据处理控制器,具有电路简单、稳定性好、传输精度高的特点,可有效解决电磁干扰问题。光纤驱动器使用单纤双向光收发一体模块,能够在单根光纤中实现信号双向传输,提高了系统灵活性。

1 系统结构

微波干燥煤环境下的模拟信号光纤传输系统包括 V/F 转换电路、单纤双向光模块、光纤、信号处理单元等部分。系统结构如图 1 所示。

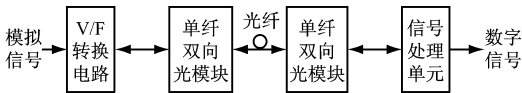


图 1 微波干燥煤环境下的模拟信号光纤传输系统结构

微波加热环境中采集的模拟电压小信号经过 V/F 转换电路转换为脉冲频率信号,脉冲频率大小与电压信号大小成线性关系。脉冲频率信号输入单纤双向光模块转换成光信号经光纤发送出去。在接收端,单纤双向光模块将接收到的光信号还原成脉冲频率信号。信号处理单元使用 FPGA+ARM 嵌入式控制器,FPGA 采用等精度法测量脉冲信号频率,ARM 通过数据线读取该频率值,并根据电压与频率关系计算出对应电压值,用于现场分析控制,不需要将频率信号还原为电压信号,既减少了系统设计复杂度,同时又避免了还原过程中的精度损失。

1.1 V/F 转换电路

V/F 转换电路采用 V/F 转换芯片 AD7740,可

将模拟电压信号转换成脉冲频率信号。AD7740 具有外围电路简单、稳定性好、转换精度高等特点。V/F 转换电路如图 2 所示。

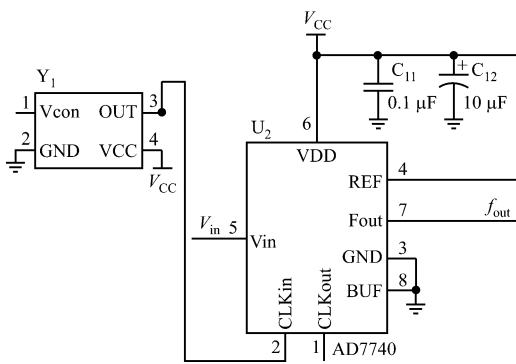


图 2 V/F 转换电路

V/F 转换频率与输入电压的关系式为

$$f_{out} = 0.1 f_{clkin} + 0.8 \frac{V_{in}}{V_{REF}} f_{clkin} \quad (1)$$

式中: f_{out} 为输出频率; f_{clkin} 为晶振输入参考频率,最高为 1 MHz; V_{in} 为输入模拟电压信号; V_{REF} 为参考电压。

从式(1)中可以看出,输出频率只与输入电压、参考电压和晶振频率有关,而不需要外接电阻、电容来设置输出频率,这使得转换精度和稳定性更容易得到保证。若使用 5 V 电源电压,1 MHz 温度补偿晶振提供参考频率,则输入电压范围为 0 ~5 V,对应输出频率为 100 ~900 kHz,在输入电压为 0 时,也有 100 kHz 的输出频率,避免了小信号输入时因输出频率接近零而误差较大的情况。

1.2 单纤双向光模块

单纤双向光模块只使用 1 根光纤实现信号的双向传输,比传统双纤双向传输节约一半光纤。单纤双向光模块基于 WDM(Wavelength Division Multiplexing,波分复用)原理^[10]。本系统使用常见的 1×9 单纤双向光模块。一定码率的电信号驱动光模块的半导体激光器发射出相应的调制光信号,经光纤发送,接收端光信号经光探测二极管还原成电信号。该模块内部集成发送和接收电路,可同时实现信号的发送和接收。

系统所用光模块电源电压为 5 V,兼容 TTL 电平,通信速率可达 10 Mbit/s,传输距离为 40 km。单纤双向收发电路如图 3 所示,一端使用 1 310 nm 光发射、1 550 nm 光接收模块;另一端使用 1 550 nm 光发射、1 310 nm 光接收模块,与前端模块相对应。从 V/F 转换器出来的脉冲频率信号经过大电流与门电路 75451 调理后输入单纤双向光模

块,驱动光模块的半导体激光器发射出相应频率的调制光信号并从光纤发送出去,接收端光模块的光探测二极管将光信号转换成相应频率的电信号输出,进入 FPGA 频率测量计。从 FPGA 发出的控制信号传输过程与频率信号传输过程相同,方向相反。

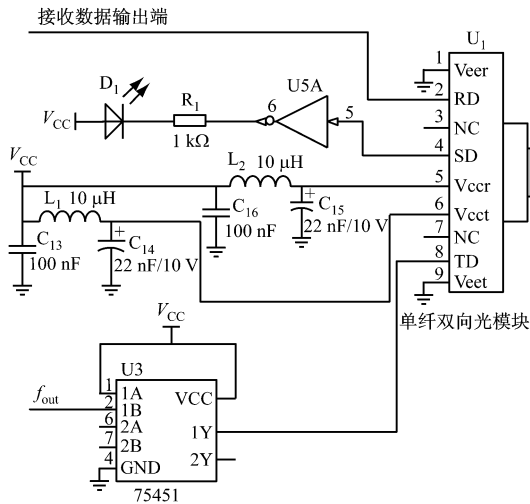


图 3 单纤双向收发电路

1.3 信号处理单元

信号处理单元采用 ARM+FPGA 嵌入式控制器测量脉冲信号频率并进行数据处理。FPGA 是高速可编程逻辑门阵列,延时可达到纳秒级,用来测量脉冲信号频率具有很大优势。传统测频方法有直接测频法和间接测频法^[11]。直接测频法即在一定的闸门时间内通过测量信号脉冲个数来计算频率,这种方法适用于高频信号。间接测频法即测周期法,先测量信号周期再计算频率,这种方法适用于低频信号。由于上述 2 种方法均存在一定的计数误差且适用范围有限,本系统采用基于 FPGA 的等精度测频法,该方法测量精度高且对高低频均适用。

基于 FPGA 的等精度测频原理如图 4 所示。使用 2 个计数器分别对标准频率信号 f_s 和被测频率信号 f_x 进行计数,闸门信号通过 D 触发器使 2 个计数器同步。当预置闸门信号上升沿到来时,计数器并不立即开始计数,而是等到被测信号下一个上升沿到来时才开始计数;同样,当闸门信号下降沿到来时计数器并不立即停止计数,而是等到被测信号下一个上升沿到来时才停止计数^[12]。设标准信号计数值为 N_s ,被测信号计数值为 N_x ,则有

$$\frac{N_s}{f_s} = \frac{N_x}{f_x} \tag{1}$$

即

$$f_x = N_x \frac{f_s}{N_s} \tag{2}$$

FPGA 通过 END 信号的下降沿通知 ARM 计数结束。为了读取 2 个 32 位计数值,ARM 通过数据选择控制信号 SEL[2..0]分 8 次读取 2 个计数值,每次从 DATA[7..0]读取 8 位。ARM 读取 2 个计数值后,根据式(2)即可计算出被测信号频率。

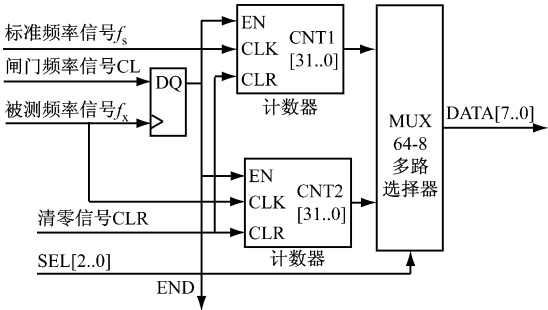


图 4 基于 FPGA 的等精度测频原理

2 实验结果及数据分析

实验中使用 1 根长为 3 m 的多模光纤作为光纤通道。为了模拟传感器输出的电压,使用标准信号发生器输出直流电压信号 V_{in} 。用示波器测量 V/F 转换器输出的信号频率 f_1 ,即输入光模块的信号频率。光纤接收端输出的信号频率为 f_2 ,FPGA 测量得到的频率为 f_3 ,同时列出理想频率值 f_4 作为对比,测试数据见表 1。

表 1 测试数据

V_{in}/V	f_1/kHz	f_2/kHz	f_3/kHz	f_4/kHz
0	100	100	100.0	100.0
0.5	185	185	180.1	180.0
1.0	267	267	260.1	260.0
1.5	345	345	340.2	340.0
2.0	430	430	419.8	420.0
2.5	508	510	501.5	500.0
3.0	600	600	583.0	580.0
3.5	655	655	655.2	660.0
4.0	750	750	746.0	740.0
4.5	830	830	810.5	820.0
5.0	920	920	917.0	900.0

从表 1 可以看出,用示波器测量的频率值误差很大,经分析是由于实验所用示波器探头和示波器本身测量精度较低引起的;同时可以看到,V/F 转换频率 f_1 和经光纤传输后的频率 f_2 之间相差极小,说明光纤传输通道误差极小,可以确保传输精度。当输入电压 V_{in} 小于 3 V 时,FPGA 测量频率

f_3 和理想频率 f_4 之间的相对误差小于 0.1%,测量精度很高。当 V_{in} 大于 3 V 时,V/F 转换精度逐渐降低,接近 5 V 时转换误差大于 1%,通过选取合适的传感器使输出电压控制在 3 V 以下,可以很好地保证转换精度。

3 结语

微波干燥煤环境下的模拟信号光纤传输系统利用光纤传输信号,光纤传输通道受电磁干扰小,抗干扰能力强,传输精度高,且传输速率高。当输入电压小于 3 V 时,传输误差小于 0.1%;但当输入电压大于 3 V 时,V/F 转换器的转换精度会有所降低,故使用中应选择合适的传感器使输出电压控制在 3 V 以下,以保证转换精度。

参考文献:

[1] 安可民.微波干燥法在煤中水分快速测试的应用[J].煤质技术,2007(3):22-24.

[2] 刘长军,申东雨.微波加热陶瓷中热失控现象的分析与控制[J].中国科学:E辑,2008,38(7):1097-1105.

[3] WU X, THOMAS J R, DAVIS W A. Control of thermal runaway in microwave resonant cavities[J]. Journal of Applied Physics,2002,92(6):3374-3380.

[4] 黄勤陆,黄骏,黄凤江.工业自动化控制系统的抗干扰技术分析[J].工矿自动化,2012,38(5):39-42.

[5] 廖志强,陈东春,刘水文.煤矿井下电磁干扰源及抗干扰技术研究[J].工矿自动化,2012,38(7):25-28.

[6] 吴文秀.一种利用 V/F 和 F/V 转换器实现远距离隔离传输的实用电路[J].长江大学学报:自然科学版,2006,3(4):110-111.

[7] 史萌萌,江海河.模拟光纤传输模块的原理与设计[J].光学与光电技术,2007,5(6):21-23.

[8] 亢彦军,宋光德.基于 V/F 转换的高精度模拟信号光纤传输系统[J].传感器与微系统,2007,26(6):67-69.

[9] 张威,韩建辉,亓东欣.基于 VFC 和 FVC 的模拟电压信号远程传输电路的设计与研究[J].山东师范大学学报:自然科学版,2012,27(2):55-58.

[10] 黄伟,朱瑾,张云洞.单纤双向 WDM 滤光片的研制[J].光学技术,2001,27(6):520-521.

[11] 李国利,刘旭明,翟力欣.基于 FPGA 与单片机的等精度频率计的设计[J].电子设计工程,2013,21(22):171-173.

[12] 孙浩杰,周新志,雷印杰.大功率微波加热设备的模拟信号传输系统设计[J].计算机测量与控制,2015,23(1):327-332.