

文章编号: 1000-5013(2012)04-0384-04

采用红外通信的智能化抄表器电路设计

傅文渊^{1,2}, 王爽^{1,2}, 李国刚^{1,2}, 凌朝东^{1,2}

(1. 华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 厦门 361021;
2. 厦门市专用集成电路系统重点实验室, 福建 厦门 361008)

摘要: 基于红外通信原理, 设计智能电表的红外通信抄表器电路. 在其发射电路中, 采用两个红外发射管串联, 以减小红外发射电路中的反馈电阻和并联一个小电容的方法来增大发射强度; 而在其接收电路中, PIN 型光电二极管接收光信号后直接进入带通滤波器, 然后依次进入限幅放大器和前置放大器, 以避免周边环境光使前置放大器进入饱和区或者截止区, 增大红外传输距离. 测试结果表明: 红外通信距离在 5 m 内, 抄表数据的相对误差低于 0.85%.

关键词: 抄表器; 智能电表; 红外通信; 电路设计; 智能电网

中图分类号: TM 933.4 **文献标志码:** A

物联网技术从提出到现今, 得到了飞速的发展和完善^[1]. 智能电网是物联网建设的基础, 是关系国计民生的重要基础. 与传统电网相比, 智能电网提供了更完整和更全面的电网状态监测图. 智能电表是智能电网建设的核心, 高精度智能电表的出现对抄表系统提出了更高的要求. 由于其高精度和智能的特点, 在实际的抄表过程中, 能影响其性能的因素也比普通电表更多, 诸如变压器损耗、谐波失真、非同步采样, 以及非线性元件中的任何故障都将会导致其性能参数的严重降低, 使抄表变得尤为困难^[2-5]. 因而, 现阶段研究高精度智能电表抄表技术有着极其重要的现实意义. 红外通信传输是实现远程抄表系统的一种重要方法. 它以红外线作为载体传输用户电能数据信息, 通过红外发射器和红外接收器完成信号的空间传输. 数字信号经过编码和调制后, 通过光电变换电路转换为驱动红外发光二极管光脉冲^[6]. 该光脉冲在接收端通过红外接收器进行光电变换, 然后把信号解调和解码后得到原信号, 即用户的电能表数据. 为了提高红外通信的距离和抄表数据的准确度, 本文提出一种新型红外通信抄表器电路.

1 系统架构

智能电表自动抄表系统包括智能电表、红外抄表器、上位机和智能电网传输的用户数据等 4 个组成部分, 其工作流程如图 1 所示.

电能表是三相多功能电能表, 它能实时从智能电网中采集数据, 经计算和存储后, 通过红外通信发射端口将数据发送至红外抄表器中. 红外抄表器有 RS232 通信接口和红外交互接口两个数据接口, 分别完成与上位机和智能电表的数据通信. 上位机通过 RS232 接口与红外抄表器进行数据交换. 抄表器中的用户数据传输到上位机中进行存储和备份, 而上位机中的相关管理系统软件把处理后的数据反馈到抄表器中并通过 LCD 显示.

抄表前, 供电部门将抄表程序通过 RS232 数据端口发送到抄表器中, 抄表员在现场选择不同的用户(电表)进行抄表. 抄表完毕后, 抄表员将抄表器的数据通过 RS232 数据端口传递给计算机抄表数据

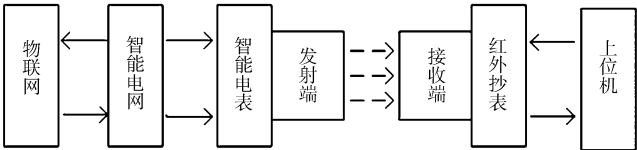


图 1 智能电表自动抄表流程

Fig. 1 Automatic meter reading process in smart meter

库管理系统，以便进一步的数据处理。

2 电路设计

红外发射器和接收器件是红外通信系统的主要构成部分，在设计时需重点考虑其电路的抗干扰设计。

2.1 红外发射电路

所设计的红外发射电路如图 2 所示。该电路包含定时器电路、电平转换电路、光耦合电路及与单片机接口电路。

经典的发射电路通常采用 NE555 时基电路产生调制信号，而设计的定时器电路由美国安森美公司的 MC1455 芯片完成。MC1455 比 NE555 具有更低的功耗和更高的集成度。单片机 TXD 发出的信号经过电平转换送入 MC1455 的 4 脚，该信号决定了调制信号的频率。由于单片机输出的信号频率较低，带负载能力弱，因此需要加载调制信号增大信号抗干扰能力。通常的做法是加入载波频率为 38 kHz 的调幅信号来驱动 TXD 的微弱信号；然后，再用已调制的信号对红外光进行光调制，驱动红外发光管 D_1 向外发射红外光。

图 2 中的 R_1 、 R_2 和 C_1 为定时器脉宽调制控制元件。MC1455 的 3 脚输出低电平时，7 脚通过 R_2 对 C_3 和 C_1 放电。若 3 脚输出高电平时，电源通过 R_1 、 R_2 对 C_1 和 C_3 充电。定时器的振荡周期为一次完整的充电和放电过程，即 $T=t_r+t_f$ 。由图 2 可得

$$t_r = 0.69 \left[\frac{R_1 C_1 C_3}{C_1 + C_3} + (R_1 + R_2) C_1 \right], \quad t_f = 0.69 \left[\frac{R_2 C_1 C_3}{C_1 + C_3} + R_2 C_1 \right]. \quad (1)$$

调制信号占空比为

$$t_f = \frac{t_r}{t_r + t_f} = \frac{R_1 C_3 + R_1 + R_2}{R_1 C_3 + R_1 + 2R_2 + R_2 C_3}. \quad (2)$$

式(1)中的电阻越大，则计量的时间误差就越大，造成每次数据误差增大。所以图 2 的 C_1 和 C_3 应采用存储效应小的薄膜电容器保证充放电精确控制，或者采用高精度的校正电容保证系统的精度。时间常数大，可以让电容充分放电和减小定时误差造成的影响，同时也放宽对软件处理及实时性的要求。因为直接用 I/O 接口做比较，对电源的纹波要求很高。电源抑制比过小，会给系统带来很大的误差。

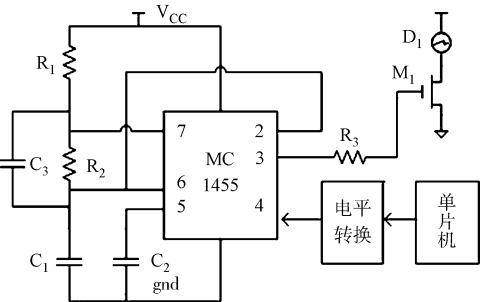
D_1 为发光二极管，位于凸透镜的物方焦点处，接收二极管位于凸透镜的像方焦点处。这样可使二极管的发射光平行出射，发射光遇到障碍物以后反射回来经凸透镜聚焦到红外接收二极管，而且是红外发光二极管与红外接收二极管处于同一平面。 M_1 为功率放大管，驱动发光二极管发射振荡的红外光脉冲。它的控制信号是 MC1455 的 3 脚。发射红外线去控制相应的受控装置时，其控制的距离与发射功率成正比。为了增加红外线的控制距离，红外发光二极管工作于脉冲状态，因为调制光的有效传送距离与脉冲的峰值电流成正比，只需尽量提高峰值电流，就能增加红外光的发射距离。另外，通信过程中应避免太阳光和其他干扰光直射到接收器窗口上。为了增大通信距离，前置放大器 M_1 的反馈电阻 R_3 选小一点，使光最强时运算放大器处于线性工作区。

2.2 红外接收电路

所设计的红外接收电路如图 3 所示。采用 PIN 型光电二极管，把接收到的红外光脉冲信号变成电流脉冲信号，并依次通过限幅放大器、带通滤波器、前置放大器、检波器、积分器及整形电路。然后，将红外 PIN 管送来的脉冲信号进行放大并送入限幅放大器，使其变为矩形脉冲，通过滤波器进行频率选择，滤除干扰信号，由检波器滤除载频检出原始信号。最后，经波形整形后，送入单片机的 RXD 端口。

传统的红外接收电路采用集成模块来完成。这种模块包含限幅放大器、前置放大器、带通滤波器及 PIN 型光电二极管，如 TSOP18 模块、HS38 模块、VF0038 模块等。采用模块化设计的优点是设计简单、稳定性较高，而缺点是设计灵活性差，无法进行二次设计开发。实验采用自主设计方式来完成接收电路的设计。PIN 型光电二极管接收光信号后直接进入带通滤波器，然后依次进入限幅放大器和前置放大器。这样可以避免周边环境光使前置放大器进入饱和区或者截止区，进而影响红外传输距离。

选用美国莫托洛拉公司的 MC14413 型带通滤波器，前置放大器和限幅放大器选用德州仪器半导



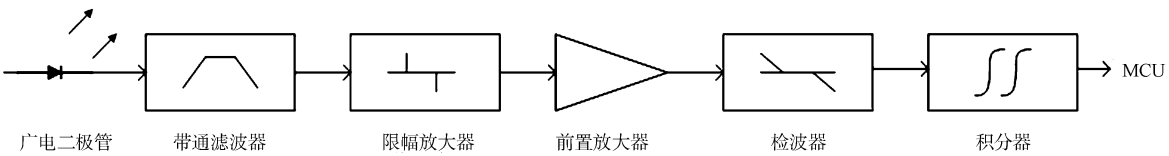


图 3 红外接收电路图

Fig. 3 Infrared receiver circuit

体公司的 TLC2262 系列芯片. 图 4 为检波器电路. 当输入为正调幅波形时, 二极管导通. 由于时间常数较小, 电容充电快, 输出电压可以瞬间到达很大的数值. 当输入的电压幅值由波峰向波谷变化时, 二极管 D 截止, 电容 C 把在充电期间累积的电荷通过电阻 R 释放出; 由于时间常数较大, 电容放电较慢, 电容 C_1 起到隔离直流电压的作用, 输出信号为解调恢复后的原调制信号. 当电容选择合适的胆电容, 高频电源电压的纹波可以忽略, 不会影响最后的输出信号.

图 5 为积分器电路. C_2 的加入减小了电路中的 $1/f$ 噪声, 增大了对直流信号的抑制程度, 但会使积分器的频带宽度受到影响. 因此, 在设计时要折中考虑. 为了避免数字信号对模拟部分的干扰和各个模块之间的相互串扰, 在数字电源和模拟电源及数字地和模拟地之间分别用磁珠隔离, 防止高频信号通过连接线进入模拟模块.

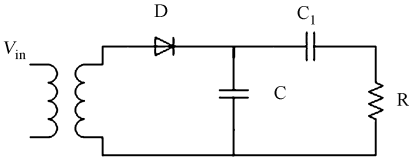


图 4 检波器电路图

Fig. 4 Detector circuit

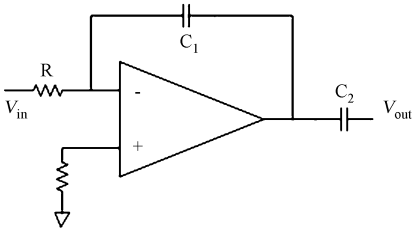


图 5 积分器电路图

Fig. 5 Integrator circuit

3 实验验证

针对提出的基于红外通讯的智能电表抄表模型, 设计了红外通讯电路模块. 实验仪器设备: 万用表、数字示波器、单片机下载器、双路稳压稳流电源($0\sim32\text{ V}/0\sim3\text{ A}\times2$ 双路); 计算机硬件指标: CPU 为 Pentium Dual-Core T4200(2.00 GHz); RAM 为 2.00 GB; 硬盘为 320 GB. 计算机软件为 IAR.

将程序通过单片机下载器由计算机下载到电表, 读取电表数据的核心模块, 同时向电表写入数据的核心模块; 然后, 快速跳转到所要求的记录数据的模块; 最后, 将该模块通过红外通信模块传输到其他的电表, 完成红外通信链路的测试. 实际验证过程中采用两个同款电表模拟红外抄表, A 电表程序正常运行, B 电表运行抄表程序. 由于 B 表有抄表控制键, 红外接收管与 A 表的发射管正对, 按下抄表键 3 s 后, A 表数据即可抄录下来. 由于 A 表会先存储后发射, 故 B 表所抄数据与 A 表当前显示数据有误差. 图 6 为红外抄表示意图.

在程序上做相应处理, 实现任意红外设备唤醒停电状态的电表. 为了满足通讯距离达到 5 m 的要求, 采用两个红外发射管串联的方式, 增加发射强度及减小红外发射电路中的反馈电阻, 同时并联一个小电容以防止自激振荡. 表 1 为抄表数据的测试结果. 表 1 中: d 为测试距离; U 为电压; I 为电流强度; P_1, P_2 分别为有功功率和无用功率; η 为误差. 从表 1 可知: 随着测试距离的增大, 抄表数据的相对误差也相应增加, 但均小于 0.85%; 在测试距离为 2 m 时, 抄表的相对误差小于 0.31%.



图 6 红外抄表示意图

Fig. 6 Infrared meter schematic

表 1 抄表数据测试结果
Tab. 1 Test results of the meter reading data

d/m	U/V	I/A	P_1/kW	$P_2/\text{kV} \cdot \text{A}$	$\eta/\%$
1	220.02	1.501	0.213 5	0.230 2	<0.62
2	220.03	1.499	0.223 2	0.229 9	<0.31
3	220.05	1.503	0.238 1	0.230 2	<0.50
5	220.09	1.510	0.239 8	0.234 5	<0.85

4 结束语

基于智能电表,设计了红外通信抄表器电路. 在发射电路的设计中,采用两个红外发射管串联的方式,增加发射强度及减小红外发射电路中的反馈电阻,同时并联一个小电容防止自激振荡,使光最强时运算放大器处于线性工作区. 在接收电路的设计中,提出一种新型的电路结构,以增大红外传输距离. 在此基础上,完成了红外通信的硬件电路设计和抄表数据测试. 测试结果表明:该红外通信电路能很好地完成智能抄表的功能.

参考文献:

[1] 朱坤旺,傅文渊,凌朝东. 低功耗 H. 264 Baseline 解码 IP 核设计[J]. 华侨大学学报:自然科学版,2011,32(3):280-283.

[2] 申邵东,魏星. 谐波对有功电能计量影响的仿真研究[J]. 电力自动化设备,2008,28(2):54-57.

[3] 孙向飞,束洪春,于继来. 电流互感器暂态饱和对和应涌流传变的影响[J]. 电力自动化设备,2009,29(1):83-88.

[4] 赵占雷,王建国. 计量用电力互感器误差大小与电量的关系[J]. 科技情报开发与经济,2009,19(35):211-212.

[5] 陈黎来. 电流互感器对电能计量的影响[J]. 电力自动化设备,2011,31(1):138-141.

[6] 唐柳,方凤才. 一种基于 AT89S52 单片机的红外遥控发射码解码技术[J]. 广西师范学院学报:自然科学版,2009,26(2):44-47.

Circuit Design of Intelligent Meter Reading
Based on Infrared Communication

FU Wen-yuan^{1,2}, WANG Shuang^{1,2},
LI Guo-gang^{1,2}, LING Chao-dong^{1,2}

(1. College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China;
2. Xiamen Key Laboratory of ASIC System, Xiamen 361008, China)

Abstract: Based on infrared communication principle, this paper design a smart meter infrared communications circuit. In the transmitter circuit design, two cascade infrared emitting diode used to reduce the feedback resistor in the infrared transmitter circuit and parallel a small capacitor used to increase emission intensity. In the receiver circuits, the PIN photodiode received an optical signal and put it directly into the band-pass filter, and then turn into the limiting amplifier and preamplifier to avoid the surrounding ambient light to make pre-amplifier turn to saturation or cutoff region. The result is to increase the infrared transmission distance. Test results show that the infrared communication within a distance of 5 m relative error from the meter reading data is less than 0.85%.

Keywords: meter-reading; smart meters; infrared communication;circuit design; smart grid

(责任编辑: 钱筠 英文审校: 吴逢铁)