

# 基于嵌入式系统的红外通讯解码应用<sup>①</sup>



钟炜楠<sup>1</sup>, 吴允平<sup>1,2,3</sup>, 苏伟达<sup>1</sup>, 李汪彪<sup>1</sup>, 王廷银<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(福建师范大学 光电与信息工程学院, 福州 350007)

<sup>2</sup>(福建省光电传感应用工程技术研究中心, 福州 350007)

<sup>3</sup>(数字福建环境监测物联网实验室, 福州, 350117)

通讯作者: 王廷银, E-mail: tywang@fjnu.edu.cn

**摘要:** 红外遥控是目前无线通讯中使用较为广泛的一种, 具有协议简单、功耗低、适应性强的优点. 基于红外遥控的通信协议, 提出一种基于嵌入式系统的红外通讯方法, 将波形采集和数据分析解码工作各自独立, 具有波形采集完整、兼容性高和移植性强等优点.

**关键词:** 红外通讯; 红外通信协议; 红外接收

引用格式: 钟炜楠, 吴允平, 苏伟达, 李汪彪, 王廷银. 基于嵌入式系统的红外通讯解码应用. 计算机系统应用, 2019, 28(8): 246-250. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/7021.html>

## Application of Infrared Communication Decoding Based on Embedded System

ZHONG Wei-Nan<sup>1</sup>, WU Yun-Ping<sup>1,2,3</sup>, SU Wei-Da<sup>1</sup>, LI Wang-Biao<sup>1</sup>, WANG Ting-Yin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(College of Photonic and Electronic Engineering, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

<sup>2</sup>(Fujian Photoelectric Sensing Application Engineering Technology Research Center, Fuzhou 350007, China)

<sup>3</sup>(Digital Fujian Environmental Monitoring IoT Laboratory, Fuzhou 350117, China)

**Abstract:** Infrared remote control is widely used in wireless communication, and has the advantages of simple protocol, low power consumption and strong adaptability. Based on the communication protocol of infrared remote control, an infrared communication method based on embedded system is proposed. The waveform acquisition, data analysis and decoding work are separated. Compared with the previous method, it has the advantages of complete waveform acquisition, high compatibility, and strong portability.

**Key words:** infrared communication; infrared communication protocol; infrared reception

## 1 引言

红外通讯是以波长为  $0.76\ \mu\text{m}$ ~ $1.5\ \mu\text{m}$  的红外光作为通讯载体实现的数据传送. 由于红外光通信方向性很强, 在短距离无线通信领域有着广泛的应用. 通常, 红外通讯主要由发射和接收两部分组成<sup>[1-3]</sup>, 红外发射过程是: 先将一帧数据调制成红外光信号, 利用发射电路将信号放大后向外发射<sup>[4]</sup>; 而红外接收是发射的逆过程, 接收电路将收到的调制信号存储下来后, 解调还原

成数字信号, 最后由微处理器进行后续解码处理. 红外信号的编码方式有很多种<sup>[5]</sup>, 区别主要在于高、低电平的时间宽度不同, 编码位数不同等, 目前较为常用的编码协议有: 脉冲宽度编码 (PWM 码) 的 SIRC 协议、Manchester 编码的 RC-5 协议和脉冲位置编码 (PPM 码) 的 NEC 协议等<sup>[6,7]</sup>. 数据报文通常由引导码、地址码、地址反码、指令和指令反码等部份组成, 以 PPM 码的 NEC 协议为例, 如图 1 所示, 其特点为<sup>[8]</sup>:

① 基金项目: 国家自然科学基金海峡联合基金 (U1805263); 福建省自然科学基金 (N2019J01427); 福建省引导性项目 (2019H0009)

Foundation item: Joint Fund for the Promotion of Scientific Cooperation across the Taiwan Straits of National Natural Science Foundation of China (U1805263); Natural Science Foundation of Fujian Province (2019J01427); Guiding Project of Fujian Province (2019H0009)

收稿时间: 2019-01-23; 修改时间: 2019-02-26; 采用时间: 2019-03-08; csa 在线出版时间: 2019-08-08

- (1) 8 bit 地址码和 8 bit 指令码;
- (2) 载波频率为 38 kHz;
- (3) 引导码由一个 9 ms 低电平和 4.5 ms 高电平组成;
- (4) 逻辑 1 由 560 μs 低电平和 1680 μs 高电平表达, 逻辑 0 由 560 μs 低电平和 560 μs 高电平表达。

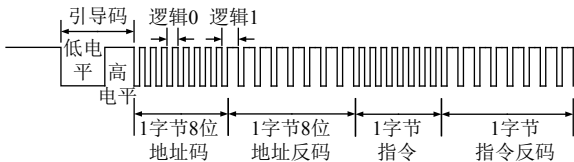


图1 NEC协议红外数据波形

目前, 红外收发控制器的硬件已经成熟商用, 市面上的成品比较丰富, 可选择性大, 因此一般会将重点放在红外解码上<sup>[9]</sup>。目前现有的方法总体上相似, 就是应用定时器中断和外部中断资源捕捉红外波形, 然后由微处理器检查引导码、数据拼接、校验无误后, 得到地址码和指令, 完成后续解码操作<sup>[10-13]</sup>。

2014年, 李雪莹为将波形中的高低电平时长数据都记录下来, 在每次进入IO口中断后改变中断的触发方式<sup>[14]</sup>; 2015年, 杨萍选择不使用中断, 而是在接收到引导码后, 通过每次固定延时 560 μs 后, 探测此时电平是高或低来判断数据为逻辑 1 或逻辑 0<sup>[15]</sup>; 2017年, 张春雨把IO口中断设置为下降沿触发, 在进入IO口中断时, 启动计时器, 因此每次IO口中断得到的记录时长是一个低电平和高电平的累计时长; 最后通过进入外部中断的次数和相对应的计时器数据解码得到地址码与指令<sup>[16]</sup>。

可见, 围绕如何使红外通讯的解码方法适用于多种不同的红外通讯协议, 提高兼容性, 协调IO口中断和定时器中断资源, 提高微处理器红外通讯的处理效率, 是红外解码中最主要的几个问题。研究一种方法, 既可将数据接收和解码工作各自独立, 具有较高的通用性, 能方便应用于不同的红外通讯协议和移植到不同的微处理器上, 还有较好的性能, 提高微处理器的效率。

## 2 红外通讯接收

### 2.1 硬件配置

选购 1838 一体化红外接收头, 该红外接收头的工

作电流约为 1 mA, 具体电路如图 2 所示, IRData 接收红外数据, 连接到微处理器 IO 口, IRPower 来自微处理器另一个 IO, 负责对接红外接收头供电, 可以用来控制红外通讯的低功耗工作模式<sup>[17]</sup>。

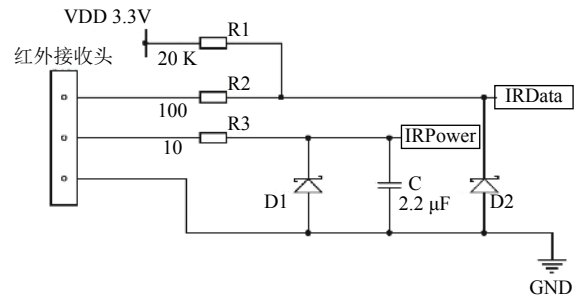


图2 红外接收电路

### 2.2 软件设计

目前现有的红外通讯的接收解码方法由波形采集和数据分析解码两部分组成, 都安排在中断中完成, 导致这两部分关联性较强, 代码普适性弱, 程序开发和维护的复杂度高。因此, 将波形采集、数据分析分割则可以解决上述不足, 设计的红外通讯接收及解码过程如图 3 所示, 将红外波形的高、低电平数据都捕获下来, 即记录完整的波形数据, 再进行数据分析解码。

为此, 设计的结构体名如下 (IR 是 InfraRed 首字母缩写):

```
MyIR
{
    IR_Wave[];
    pIR_Wave;
    Timer_Count;
    Is_Decode;
    IsIR_Done;
}
```

其中, IR\_Wave[] 为储存波形高低电平时长的缓冲区数组, pIR\_Wave 为数组下标, Timer\_Count 是记录进入定时器中断的次数, IsIR\_Done 指示波形采集完成标志位, Is\_Decode 表示解码完成标志位。

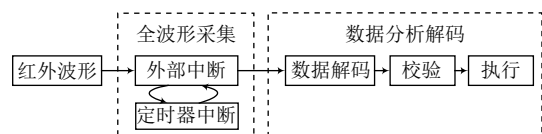


图3 红外通讯接收过程

为了实现对波形高低电平的全采集, 将 IO 口设置为跳变中断方式, 即上升沿和下降沿都可以触发 IO 口外部中断, 在 IO 口外部中断中开启定时器, 来记录高电平或低电平的时长, 在整个波形数据采集完成后才申请后续数据分析解码处理. IO 口外部中断服务的具体流程如图 4 所示.

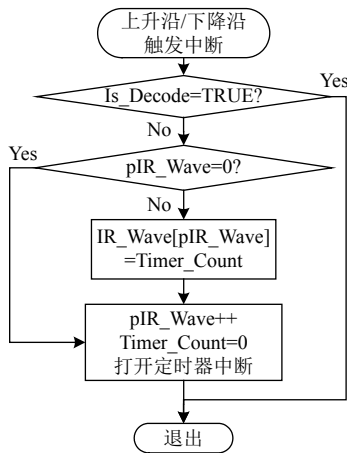


图 4 外部中断流程图

进入 IO 口外部中断后, 需检查当前是否有解码任务在执行, 这一步是为了保障缓冲区中待解码的数据不会被“污染”. 外部中断的流程如图 4 所示, 特别需要注意的是, 由于进入外部中断后才打开定时器中断, 因此当前 Timer\_Count 记录的时长是两次外部中断的间隔时长, 也就是高电平或低电平的持续时长; 流程中首先检查 pIR\_Wave 是否等于 0, 如果是, 说明第一次进入外部中断, 此时不将 Timer\_Count 的数据记录保存到 IR\_Wave 中; 只有当 pIR\_Wave 不为 0 时, 此时 Timer\_Count 记录的数据才是有效的, 需要保存到缓冲区中, 然后将 pIR\_Wave 后移一位, Timer\_Count 清 0, 打开定时器中断. 由于 IRData 空闲时是高电平, 因此第一次触发外部中断的必然为下降沿, 可以进一步分析得到, IR\_Wave 缓冲区中偶数下标记录的是低电平时长, 而奇数下标则为高电平时长.

本方法中, 定时器周期为 0.2 ms, 根据红外波形的特点可知电平状态的最长为 9 ms, 因此如果 Timer\_Count 记录数超过 45(9/0.2=45), 则说明红外通讯结束. 定时器中断流程如图 5 所示, 任务相对简单, 仅对 Timer\_Count 进行累计加一处理; 然后检查 Timer\_Count 是否大于 50 时, 满足这个条件, 判断有两种情况: 判断数据传输完毕、数据有异常. 但无论是哪种情况, 处理的方式都是相同的, 先将接收完成标志位

IsIR\_Done 置成 TRUE, 然后关闭定时器中断, 防止系统被定时器中断长时间占据而出现崩溃的现象. 当 IsIR\_Done 为 TRUE 时, 说明波形采集工作已经完成, 申请下一步进行数据分析解码.

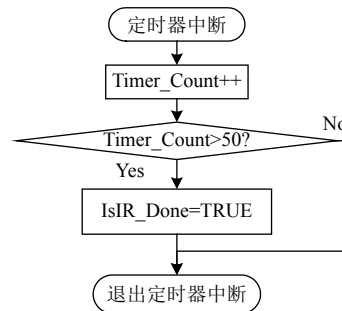


图 5 定时器中断流程图

数据分析解码具体流程如图 6 所示. 由于红外波形特点, 因此需在 IR\_Wave 缓冲区中寻找连续两字节引导码特征数据 (9 ms 低电平和 4.5 ms 高电平), 第一字节数值在 43-47(9/0.2=45) 之间, 第二字节在 22-26(4.5/0.2=23.5) 之间; 找到后, 第二位数据的后 64 位 (4×8×2=64) 数据可根据红外协议中逻辑 0 和 1 的特点解码成 32(64/2=32) 个 0 或 1, 再拼接成地址码、指令以及两者的反码; 最后进行校验检查, 即将地址码和指令与其反码相加, 验证两者之和是否为 0FFH, 校验无误后, 得到地址码和指令, 本次红外通讯结束. 如果上述过程中出现任何错误, 立刻退出并初始化 MyIR 结构体, 等待下一次红外通讯的信号接收.

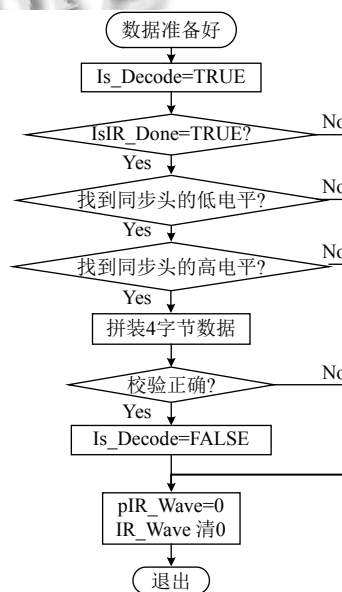


图 6 数据分析解码流程图

总结来说,整个红外通讯接收过程中,严格将波形的采集、数据分析解码各自独立,逻辑清晰,由于把波形的高、低电平持续时长全部记录下来,再按照红外通讯编码协议进行解码,理论上准确率能达到100%。一般对红外通讯的实时性要求不高,在100 ms内完成接收和解码工作即可,所以在使用该方法时耗时不会影响使用,且占用的资源和复杂度没有增加。如果担心红外信号多,系统会错过其中的信号,只需要将存储数据的数组适当放大,就可以接收更多字节的数据,避免漏接数据。

### 3 实际应用与展望

如图7(a)所示,利用示波器观察红外信号的波形,先从验证单个红外信号是否接收解码正确开始,然后,如图7(b)所示,核对串口输出的红外解码四字节数值

是否和波形匹配,最后,如图7(c)所示,使用多组不同型号红外发射器发送100个红外信号,验证该方法的接收解码正确率。持续72小时的不间断测试,微处理器未出现异常或者错误的现象,可使用任意一款红外发射器进行红外通讯,微处理器反应迅速,且通讯的距离满足正常的使用,且接收解码正确率为100%。因此,使用本红外通讯方法完全满足实际应用的需求,与之前的方法相比,具有以下几方面有所优势:

- (1) 波形的采集、数据分析解码的采用独立分割,代码可移植性、可读性和逻辑性高;
- (2) 由于采集了完整的红外波形,因此可解码多种红外协议,提高了兼容性;
- (3) 外部中断在电平的上升沿和下降沿都会触发,提高了准确率。



图7 测试界面与效果

本方法在实际应用当中,取得了较为满意的效果,在红外接收及时和准确,任务调度得当,不会影响系统其余的正常工作。如果需要进行代码的移植,只需要注意芯片的频率并进行对应的修改,保证定时器的进入频率符合要求,相应的IO口可以触发外部中断即可。本方法具有移植性、兼容性和准确率高的优点,具体的控制方案可根据行业应用需要进行微调。

### 参考文献

- 1 于小强,杨晖,杨海马,等.基于红外通信的无线传感节点在漏缆检测中的应用.传感技术学报,2014,27(1): 149-152. [doi: 10.3969/j.issn.1004-1699.2014.01.027]
- 2 何剑锋,方方,丁仿,等.基于嵌入式ARM-Linux的红外通信及解码驱动设计.光通信技术,2011,35(4): 45-48. [doi: 10.3969/j.issn.1002-5561.2011.04.013]
- 3 王成义,郭秀梅,丛晓燕.一种可靠的红外通信协议设计与实现.激光与红外,2009,39(10): 1070-1073. [doi: 10.3969/j.issn.1001-5078.2009.10.012]

- 4 余红梅,张涛,陈绍勇.红外遥控原理.教育部中南地区高等学校电子电气基础课教学研究会第二十届学术年会会议论文集.郑州,2001.
- 5 倪维波,胡晨,张哲.基于WinCE系统的红外遥控解码的软件实现与性能分析.电子器件,2005,28(4): 846-849. [doi: 10.3969/j.issn.1005-9490.2005.04.040]
- 6 凌志武,邓超平,郑益慧,等.红外遥控技术及其解码方案.微处理机,2003,(6): 59-62. [doi: 10.3969/j.issn.1002-2279.2003.06.019]
- 7 施隆照.自适应多制式红外解码方法、模块及用该模块的控制电路:中国,201210463251.4.2013-02-27.
- 8 陈志丹,郝卫东,闫伟,等.基于STM32遥控数字音量功放系统设计.微型机与应用,2014,33(4): 20-22,25. [doi: 10.3969/j.issn.1674-7720.2014.04.008]
- 9 黄海阳,吴锤红.一种基于单片机的红外遥控信号解码新方法.单片机与嵌入式系统应用,2012,12(7): 30-33. [doi: 10.3969/j.issn.1009-623X.2012.07.012]
- 10 何乃味.单片机定时器捕获模式解码红外遥控器的方法.现代电子技术,2012,35(18): 11-13. [doi: 10.3969/j.issn.1004-

- 373X.2012.18.004]
- 11 杨武, 苏晓程, 赵三未. 红外信号的解码处理方法及装置: 中国, 201210333584.5.2014-03-26.
  - 12 李一鸣, 荣军, 王岳斌, 等. 一种简易红外通信装置的设计与实现. 电子器件, 2015, 38(6): 1385–1392. [doi: [10.3969/j.issn.1005-9490.2015.06.036](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-9490.2015.06.036)]
  - 13 余化鹏, 邢保振. 一种在嵌入式系统中用软件实现红外遥控解码的方法: 中国, 200810046471.0.2009-04-08.
  - 14 李雪莹. 基于单片机的空调红外线编解码系统的设计和实现[硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2014.
  - 15 杨萍. 基于 FPGA 的功放遥控控制系统的设计与实现[硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2015.
  - 16 张春雨. 一种基于微处理器的红外线遥控信号解码方式的电源连接装置: 中国, 201520087840.6, 2015-09-23.
  - 17 熊慧, 闫多超, 韩帅. 基于 KM3x 的低功耗红外通信设计. 天津工业大学学报, 2015, 34(4): 68–71. [doi: [10.3969/j.issn.1671-024x.2015.04.014](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-024x.2015.04.014)]

WWW.C-S-A.ORG.CN

WWW.C-S-A.ORG.CN