

用于移动支付的自适应曼彻斯特解码器设计

陈毅成¹, 郑朝霞², 刘政林²

(1 中国科学院 深圳先进技术研究院, 广东 深圳 518005; 2 华中科技大学 光电学院, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 限制距离通信中进行差分曼彻斯特解码时, 由于 RC 振荡器产生的时钟有较大的偏差, 导致误码率升高. 本文提出的解码电路首先对解码信号进行滑动平均滤波, 去除信号毛刺; 在数据变换电路中, 将信号方波变换成三角波. 针对变换后的三角波, 采用自适应的方法设置高电平门限和低电平门限, 用来判断采样后的高低电平, 同时通过判断三角波的波峰和波谷恢复出时钟和中间数据, 进行差分曼彻斯特解码. 实验表明, 本文电路能在时钟偏移正负 30% 条件下稳定解码, 且电路结构简单, 实现成本较低.

关键词: 限制距离通信; 曼彻斯特码; 差分曼彻斯特解码; 时钟偏移

中图分类号: TN402; TN923

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2017)01-0012-03

An Adaptive Manchester Decoder Design for Mobile Payment

CHEN Yi-cheng¹, ZHENG Zhao-xia², LIU Zheng-lin²

(1 Shenzhen Institutes of Advanced Technology Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518005, China; 2 School of Optical and Electronic Information, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Differential Manchester encoding is used for range-controlled communication. The deviation of the RC oscillator for decoding clock will lead to a higher decoding error rate. In this paper, the decoding signal is first filtered by the moving average filter to remove the glitches. In the data transform circuit, the square waves are transformed into triangular waves. On the triangular waves, the adaptive method is used to set high or low threshold levels, which decide the level of sampling signal. At the same time, the peak and the trough of the triangular wave are pointed to recovery clock and data, which are used for differential Manchester decoding. The experimental result demonstrate that this circuit is easily to implement and can decode differential Manchester code stably under the plus or minus 30% clock skew conditions at a reasonable cost.

Key words: range-controlled communication; manchester code; differential manchester decode; clock skew

1 引言

限制距离通信(Range Controlled Communication, RCC)作为射频 SIM (Subscriber Identity Module)卡的关键技术,已于 2015 年成为移动支付的国家标准.该技术采用 2.45 GHz 频段结合低频磁技术,可方便的实现手机移动支付、乘车服务、身份认证等诸多应用^[1-2].RCC 标准采用差分曼彻斯特码进行数据编码,具备效率高、耦合时钟编码信息

等优点^[3].通常的应用中,曼彻斯特码解码的时钟由晶体振荡器或者射频标签解调产生,时钟稳定性很高^[4-5].但在 RCC 应用中,时钟由芯片内部低频 RC 振荡器产生,随着制造工艺的涨落,芯片间的时钟频率会有超过正负 20% 的漂移,从而导致误码率升高,对应用的稳定性带来挑战.

2 限域通信中差分曼彻斯特解码

图 1 为限制距离通信的信号传输模型,采用频

收稿日期: 2016-04-10; 修回日期: 2016-05-18

基金项目: 科技部科技型中小企业技术创新基金(14C26214422753);中央高校基本科研业务费资助(HUST:2014TS041);湖北省重大关键技术研发(2015ACA063)

率为 2 k 或者 4 k 的低频交变电磁场来传输数据. 发送装置对数据进行曼彻斯特编码,得到所需的电流发送的电流信号波形. 发射端的电流 I 变化会产生出磁感应强度为 B 的交变磁场, SIM 卡端的线圈在磁场中感应出微伏级的感应电压 V . 电压经过低通滤波器滤除较高频率的信号,并放大、解码后即可得到发送端给出的数据信号.

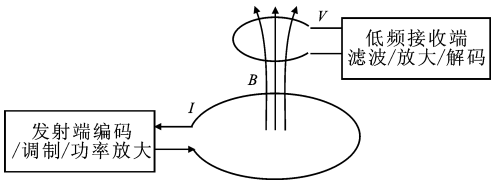


图 1 限制距离通信中信号传输模型

差分曼彻斯特码流中与前一跳沿方向相同的为数据 0,反向的为数据 1. 解码器一般根据预设的采样间隔对信号进行采样,得到一系列采样点;然后将得到的各采样点的幅值-时间特征转化为采样点对应的时间流数据. 根据码元 0 和码元 1 对应的波形相位翻转时间点与前一个码元对应的波形的最后一个翻转的时间差,从时间流中解析出码元值. 上述方法需要一个精确的采样时钟来进行计数.

差分曼彻斯特码流中,假定长电平 的宽度为 W ,短电平的宽度为 D ,理想情况下满足:

$$W = 2k, D = k$$

(1)

式中, k 为理想状态下,短电平的长度,为长电平的 1/2. 在实际的应用中,由于交变磁场的不稳定, W 和 D 均会有偏移. 从应用平台的实测波形上来看,最坏情况有 25% 左右的变形,此时 W 和 D 的实测值变为:

$$W = 1.5k, D = 1.25k$$

(2)

采用传统的解码方式时,当时钟频率为 f 时,不考虑边界情况,可简单认为长电平采样的个数 M 为 $W \times f$,而短电平的采样个数 N 为 $D \times f$. 在传统的设计中,根据 N 和 M 的值来设定一个阈值,从而区分长电平和短电平. 将式(1)、(2) 代入可知, M 和 N 的取值范围为:

$$1.5kf \leq M \leq 2kf, kf \leq N \leq 1.25kf$$

(3)

式(3) 中可以看出,当时钟频率 f 无漂移,且一致性好的情况,存在合适的阈值,区分 M 和 N . 但在 RCC 芯片中,当时钟频率 f 有超过正负 20% 的漂移时,此时式(3) 变为:

$$1.2kf \leq M \leq 2.4kf, 0.8kf \leq N \leq 1.25kf$$

(4)

式(4) 可知,由于在电平的长度和时钟频率两个维度都存在偏移,从 1.2 kf 到 1.5 kf 存在混叠区域. 传统的在时间上计数的方法很难找到一个适合所有芯片的区分电平的长短的阈值. 而对芯片采用变化阈值的方法需要首先测试出每颗芯片时钟频率 f ,算法复杂且实现代价较大.

3 自适应的差分曼彻斯特解码

限域通信的信号传输方式可知,空间信道的噪声干扰等都会对信号稳定性产生影响. 另一方面, SIM 卡端的感应电压也非常微弱,仅为几十微伏. 经过三级放大电路和滤波电路处理后,其波形也存在很大程度的失真和串扰,测量波形如图 2 所示. 如果再叠加采样时钟漂移的影响,解码将更加困难. 根据图 1 所示,建立试验平台,测试传统计数方法和本文所提出的自适应解码方法,在解码前端加入不同数字滤波方法^[6] 的解码距离效果,如表 1 所示. 试验表明不同的滤波算法对解码距离均有改善,采用滑动平均的滤波方法具有最佳的改善效果.

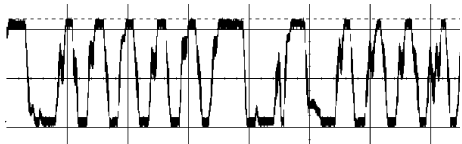


图 2 SIM 卡感应电压放大后波形

表 1 数字滤波算法刷卡距离比较

滤波方法	无滤波	中值滤波	算术平均滤波	滑动平均滤波
计数解码	3.5	4.1	4.2	4.5
本文方法	4.9	5.8	6.0	6.5

自适应的差分曼彻斯特解码电路如图 3 所示. 滑动平均滤波电路进行滤波和整形,采样三角波变换电路将方波经三角波,针对这个三角波,设置高电平门限和低电平门限,用来判断采样后的高低电平. 通过判断三角波的波峰和波谷恢复出时钟和中间数据,最后利用恢复出的时钟和中间数据进行后处理完成差分曼彻斯特解码.

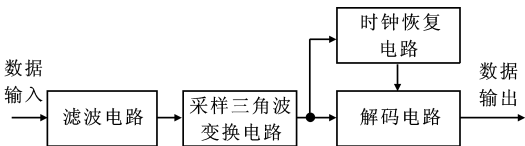


图 3 自适应的差分曼彻斯特解码结构

时钟和数据变换电路如图 4 所示. 滤波后的数据存入寄存器中,采样计数器对其进行计数,采样到

高电平时,计数器加 1;采样到低电平时,计数器减 1. 方波经过采样计数器输出的波形变成三角波,如图 5(b)所示. 三角波和高电平阈值分别输入到比较器中,当三角波的幅值大于高电平阈值,中间数据为 1;当幅值小于低电平阈值,中间数据为 0;其他情况,中间数据不变,波形如图 5(d)所示. 跳沿检测器用来检测图 5(a)中的跳沿. 当在上跳沿情况下,采样计数器的值小于等于低电平阈值;或者在下跳沿情况下,采样计数器的值大于等于高电平阈值;均可产生恢复时钟的时钟跳变,如图 5(c)所示. 用时钟恢复电路恢复出的时钟对中间数据进行两次采样,第一次采样中间数据后的波形如图 5(e)所示,第二次采样后波形如图 5(f)所示,将两次采样的数据异或,可得到解码后数据,如图 5(g)所示.

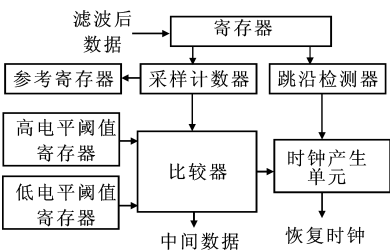


图 4 时钟和数据变换电路

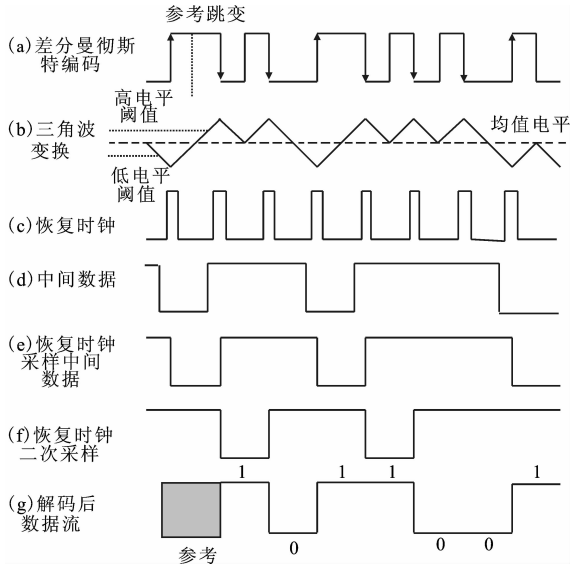


图 5 差分曼彻斯特解码数据流程图

高电平阈值的设置可以取计数器峰值的 3/4, 低电平的为 1/4. 电路检测到曼彻斯特码流的下跳沿时,会将采样计数器的值进行上述处理后存入参考寄存器,主机多次读取参考寄存器值,进行平均滤波后即可得到适合此颗芯片的高低电平阈值. 因此在实际应用中,主机仅需要根据参考时钟频率 f 来

设置初值,适应于实际频率 f' 的高低电平阈值会自适应的产生.

上述时钟和数据变换有如下优点:电路变形为三角波时,对计数器进行增加和减少的计数的为同一时钟频率 f' ,当高低电平的阈值设置为计数器峰值的比例时,长短电平判断类似式(5)所示的比值运算. 上述策略在波形上显示为不同的时钟频率所导致的只是图 5(b)中三角波的波峰高度不同,因此上述设计可以完全消除时钟偏差的影响.

$$\frac{M-N}{M} = \frac{Wf' - Df'}{Wf'} = \frac{W-D}{W} \tag{5}$$

4 设计结果和验证

采用 CSMC 的 0.18 μm 工艺对限域通信接收芯片设计实现. 表 2 是差分曼彻斯特解码实现的结果的对比,采用等效门比较实现代价,使用解码距离和刷卡方向性评价解码效果. 测试解码距离和刷卡方向性时采用 SIM 卡的基板天线,分别比较苹果 5S、华为 Mate7、努比亚 NX505J、OPPO U701T 等手机的背面、正面和侧面刷卡的距离和成功率. 测试解码频率容限时候,系统设计的解码时钟频率为 380 kHz,测试时解码时钟从 260 kHz 上升到 500 kHz 时,采用自适应计数和本文方法解码距离均无影响,因此上述两种方案均可在时钟偏移正负 30% 条件下稳定解码. 表 2 可见直接采用计数的自适应解码方法,算法复杂实现代价较大,而采用本文所提出的方法解码距离与自适应计数方法相同,但所需电路面积仅为 29%,且解码的方向性较好. 因此所提出的电路在面积、功耗和解码效果都极具优势.

表 2 数字滤波算法刷卡距离比较 厘米

解码方法	方向性	解码距离 /cm	等效门数
计数解码	一般	4.5	93
自适应计数	较强	6.5	775
本文方法	一般	6.5	225

5 结束语

本文提出的电路通过在计数方式的曼彻斯特解码电路引入一个三角波变换电路,利用了比值的原理对不同 RC 振荡电路的频率偏差进行了抵消,从而有效消除芯片的制程中工艺涨落对解码的影响. 该电路实现代价低,解码稳定,可解决时钟偏移和无线传输时信号变化导致采样窗口困难的问题.

ACM European. Computer Systems, 2009, 87(2): 145-158.

[7] Lee S W, Park D J, Chung T S, et al. FAST: A log-buffer based ftl scheme with fully associative sector translation[J]. Kips Transactions Parta, 2005, 12A(3): 205-214.

[8] Hu Y, Jiang H, Feng D, et al. Performance impact and interplay of SSD parallelism through advanced commands, allocation strategy and data granularity[C] //Proceedings of the 25th International Conference on Supercomputing (ICS'11). Tuscon, AZ, 2011.

[9] Abdurrah A R, Xie T, Wang W. DLOOP: a flash translation layer exploiting plane-level parallelism[C] // Parallel & Distributed Processing (IPDPS), 2013 IEEE 27th International Symposium on. Cambridge. IEEE, 2013: 908-918.

作者简介:
杨明伟 男, (1992-), 硕士研究生. 研究方向为高安全性操作系统. E-mail: ymwei_avic@163. com.
李亚晖 男, (1976-), 博士, 高级工程师. 研究方向为嵌入式操作系统、计算机网络、信息安全.
赵益民 男, (1992-), 硕士研究生. 研究方向为计算机应用.
蔡晓乐 男, (1991-), 硕士研究生, 助理工程师. 研究方向为计算机应用.

(上接第 14 页)

参考文献:

[1] 曹世华, 赵方. 2. 4G 低功耗主动式 RFID 识别系统设计与实现[J]. 沈阳师范大学学报, 2008, 26(2): 179-182.

[2] 陈拓明. RFID-SIM 卡芯片集成技术研究及应用[D]. 长春: 长春理工大学, 2013.

[3] Hung Y C. Time-interleaved CMOS chip design of Manchester and Miller encoder for RFID application [J]. Analog Integrated Circuits & Signal Processing, 2012, 71(3): 549-560.

[4] 舒平平, 王小军, 赵嘎. 基于 FPGA 的曼彻斯特编码 DSG 的设计与实现[J]. 试验科学与技术, 2012, 10(4): 6-8.

[5] 孙枫叶, 张科峰, 刘冬生, 等. 高频 RFID 标签曼彻斯特编码电路的设计[J]. 电子技术应用, 2006, 32(10): 108-110.

[6] 朱恒军, 王发智, 姚仲敏. 基于单片机的数字滤波算法分析与实现[J]. 齐齐哈尔大学学报, 2008, 56(6): 53-54.

作者简介:
陈毅成 男, (1980-), 博士. 研究方向为超大规模集成电路与 SOC 系统设计、RFID 及移动支付. E-mail: chen yicheng@zkxltech. com.
郑朝霞 女, (1975-), 博士, 副教授. 研究方向为超大规模集成电路与 SOC 系统设计、嵌入式及信息安全.
刘政林 男, (1968-), 博士, 教授. 研究方向为超大规模集成电路与 SOC 系统设计、嵌入式及信息安全.