

多功能电度表的关键技术

厦门大学电子工程系 林聪仁 朱丹总 游龙翔

摘要 本文从硬件和软件两方面论述了多功能机电式电度表的四项关键技术：通用异步串行数据格式的红外遥控数据通讯、预付费电卡的数据加密方法、交流电掉电时单片机低功耗运行的实现、预付费写卡机与FOXPRO管理系统的软件接口。

关键词 串行红外通讯 数据加密 低功耗运行 软件接口

一、前言

目前，国内电度表的使用已开始进入从纯机械式向机电式、纯电子式更新换代的时期，而机电式电度表更适合当前我国国情。由于引进了单片机技术，使电表向多功能方向发展。我们利用熟悉单片机技术的优势与电表专业生产厂家合作研制成功了集复费率、预付费、需量统计、红外编程、红外抄表、集中抄表等功能于一身的多功能电度表。鉴于目前国内机电产品的技术水平与国外相比还有较大差距，自我技术封锁无助于我国机电产品技术水平的提高，所以我们利用这篇文章，从硬件和软件两个方面简要讨论了此多功能电度表中的几项关键技术，与国内同行交流。

研制机电式电度表的首要任务是选择体积小、功能强的单片机主芯片，以及必须符合电度表这种机电产品的一些特殊要求，如必须能实现软件复位，低功耗运行等。我们选择了NEC的 μ PD78064单片机作为多功能电度表的主芯片，它的ROM、RAM容量大，I/O接口功能齐全，特别是它具有液晶显示控制驱动电路及模/数转换电路，使电路板的额外电路大为减少，降低成本，提高可靠性。

NEC μ PD78064单片机的功能特点详见参考文献1。参考文献2对多功能电度表的功能

特点、硬件框图、软件流程作了论述。本文仅着重讨论几个关键技术问题。

二、异步串行数据格式的红外遥控数据通讯的实现

多功能机电式电度表中的复费率时段季节的编程及抄表功能均需用红外遥控技术实现，传统的红外遥控技术是采用信号的占空比不同来表示“0”和“1”两个数据，这种方法的软件处理流程较复杂，占用软件执行时间较长，可能影响到其他功能的处理，而且不易与通用的串行数据设备进行数据通讯，所以我们在电路上加以改进，实现了异步串行数据格式的红外遥控数据通讯，其硬件原理如图1所示。

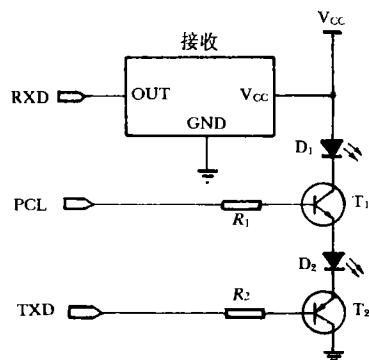


图1 串行数据格式的红外发射、接收电路

接收电路采用全集成的红外接收器，接收器的输出端OUT直接接到单片机的串行数据接收端RXD。发射电路由 T_1 和 T_2 两个三极管控制，采用两个红外发射管只是为增加发射功率，只用一个发射管亦可。PCL端是 μ PD78064的时钟信号输出引脚，它是从主晶振分频或付晶振得到。若用5MHz的主晶振分频，则可以得到39kHz的接近红外发射接收管最高效率的频率。因为机电式电度表必须留出一个输出引脚作为时间基准校准和检验用，而PCL引脚正好可输出付晶振的32.768kHz的信号，正适合作

为时钟校准信号输出。所以实际电路中，PCL 引脚就有两个功能，在大部分时间里，它输出 32.768kHz 的时钟基准信号，这时因 TXD 没有数据发射而为高电平， T_2 三极管截止，所以 D_1 和 D_2 两个红外发射管均不会发射信号。当要进行数据发送时，软件可将 PCL 输出切换到 39kHz，TXD 发送数据时起始位为“0”电平，这时 T_2 导通， T_1 是否导通由 PCL 信号控制，这样 D_1 、 D_2 红外发射管就可以 39kHz 的频率发射信号。TXD 的发射数据为“1”电平时， T_2 管截止， D_1 、 D_2 红外发射管就不发射信号。所以，此红外发射接收电路实际上是用“红外发射管有信号发射”来表示数据“0”，“没信号发射”来表示数据“1”。全集成的红外接收器当没收到红外信号时输出 OUT 为高电平，当接收到红外信号时，输出 OUT 为低电平，这也正好符合串行接收输入引脚 RXD 对数据电平的要求。平常没数据接收时，RXD 为高电平，接收到起始位时 RXD 变为低电平，从而开始一个字节数据的接收。

使用图 1 作为红外遥控的发射和接收电路后，有关红外编程和抄表功能的单片机程序就变得非常简单，可以全部放在 μ PD78064 单片机串行口接收中断子程序中实现，因而整个软件流程就更加结构层次分明。串行口接收子程序的流程完全由红外编程器或抄表器发出的命令来控制。当编程或抄表器要求电表进行某一操作时，通过按键，发出一字节命令代码给电表，电表接收到此命令代码后就可进行相应的操作。若串行口接收有错误，中断子程序能自动返回。若由于干扰等原因接收到一个无效的

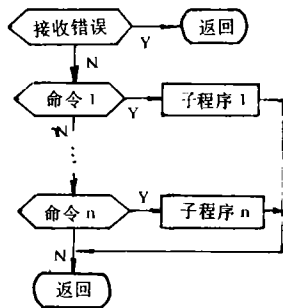


图 2 串行红外通讯流程

命令代码，则也能自动返回。串行口接收子程序简要流程如图 2 所示。

三、电卡数据的加密方法

机电式电度表的预付费功能必须用电卡作为数据的传送媒介，而一户一卡，电卡由用户持有的形式对用户和供电部门来说都是一种较方便的形式，但由此引发一个问题就是必须解决电卡上数据的加密解密问题，否则容易被篡改数据。我们的电卡采用的是 9356 这种串行 EEPROM 芯片，因为这种芯片与 IC 卡芯片相比较便宜，可降低成本，而且在电表内部也有一片 9356 EEPROM 芯片用来存储电表内的重要数据，这样两片 EEPROM 在硬件设计和软件编程上可以一起考虑，同等对待，所以硬件电路较为简单。两片 EEPROM 仅占用单片机的 5 个输入输出口，时钟信号及数据输入和数据输出信号可共用，另外用 2 个输出口作为各自的片选信号。软件也可调用相同的子程序而大为简化。

由于 9356 串行 EEPROM 是通用的芯片，其数据较易被读出，所以采用这种芯片做电卡后，数据的加密就更显得尤为重要。为此，我们采取了一重数据加密再加上两重地址加密的方法来进行电卡数据的加密，用户即使能把数据读出，看到的数据也是杂乱无章的，根本无法分析出规律，这样数据的加密就万无一失了。电卡数据加密的基本原理如图 3 所示。电表从电卡读入数据后，或者后台机管理系统从电卡读入数据后必须进行解密，解密过程与加密过程正好相反，这里就不赘述了。

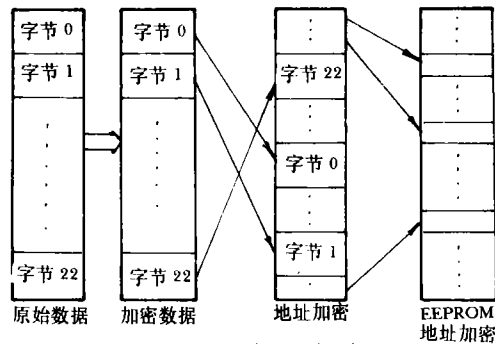


图 3 电卡数据加密原理

电卡数据加密的基本过程如下：

第一步，数据加密：将原始数据各字节各

自进行取反、移位等加密处理。

第二步, (第一次地址加密): 设要写入电卡的数据共 23 个字节 (实际上字节数必须是质数, 若不是质数可增加一些无关字节凑成质数), 再假设此次数据写入时的密码为 123, 则 123 除以 23 取余数得 8 作为加密后数据的地址增量值, 即加密数据中的第一字节存入加密后区域的 08 号地址, 第 2 个字节存入 16 号地址, 余此类推, 地址值超过或等于 23 时再取除 23 的余数, 这样全部数据必将填满加密后区域的 0 ~ 22 号地址。若选取的密码值正好使地址增量值为 0, 则可任意选取一非 0 值作为地址增量值即可。

第三步, (第二次地址加密): 一片 9356 串行 EEPROM 芯片共有 128 个地址, 每个地址可存两个字节的数, 而电卡上数据只是金额、单价等信息, 一般仅有二三十个字节, 所以我们可以充分利用多余的地址空间将有用的数据分散开, 这样用户即使读出数据也很难分清那些是有用的数据, 哪些是无用的数据。具体方法是, 利用密码值除以一个质数 (设为 17) 的余数 (4) 作为 EEPROM 中的地址增量值, 即第 1 字节存入 4 号地址中, 第 2 字节存入 8 号地址中, 余此类推。

当然, 每次写卡时密码都必须改变, 可以以一种电表和管理系统都能识别的统一的方式来改变, 这个密码用户无法知道, 也就无法破译数据。由于众所周知的原因, 密码的选取方法不便公开。

四、交流电掉电时低功耗运行的实现

电源检测电路如图 4 所示。

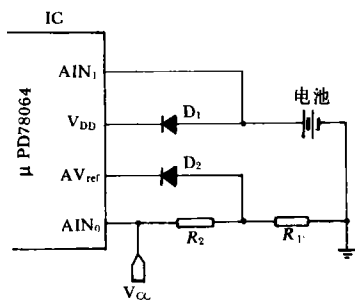


图 4 电源检测电路

电阻 R_1 、 R_2 选取合适时, 则当交流供电的 V_{CC} 有电时, D_2 导通, D_1 截止, 单片机电源由 V_{CC} 提供。当交流电源断电时, V_{CC} 为 0, 则 D_2 断开, D_1 导通, 单片机由备用电池供电, 备用电池电压也为 3.6V。在电路中我们巧妙地利用 μ PD78064 的两路 ADC 输入对电源电压及电池电压进行检测, 电池电压从 A_{IN1} 输入, 电源电压从 A_{IN0} 输入, AV_{ref} 是 ADC 的参考电压。软件流程中不断循环检测这两个输入电源电压, 这样省掉了用常规方法检测电压所需的电压比较器。

在正常情况下, 单片机由交流电压 V_{CC} 供电, ADC 的参考电压 $AV_{ref} = 5V$, 电池电压 A_{IN1} 检测若数值小于 3V 就报警提示更换电池。反过来, 在交流电源掉电过程中, 单片机供电电压 V_{DD} 和 ADC 参考电压 AV_{ref} 都变为电池电压的 3.6V, 这时检测 A_{IN0} 降到 2.5V 以下则使单片机进入 STOP 状态, 使单片机的功耗降低到最低限度, 以节省电池耗电。单片机进入 STOP 状态后, 每隔 0.5 秒由时钟中断子程序激活一次, 进行时间处理, 然后重新检测 A_{IN0} , 若 V_{CC} 还未恢复, 则继续保持 STOP 状态, 若 V_{CC} 已恢复正常, 则结束 STOP 状态, 恢复程序正常运行。

五、写卡机与 FOXPRO 管理系统的软件接口

预付费功能必须另设计一套写卡机和管理系统进行管理, 管理系统将数据传送给写卡机再由写卡机写入电卡中, 电卡回送的数据也必须由写卡机传送给管理系统, 我们采用 FOXPRO 编写管理系统, 写卡机也用 μ PD78064 为主芯片, 这样就必须解决单片机用串行口与 FOXPRO 管理系统的的数据传送问题。

FOXPRO 没有串行口数据传送的语句, 因此我们只能用汇编语言来编写串行口的初始化及数据传送程序。当然按照 FOXPRO 的要求, 汇编连接成执行文件后还要转换为二进制文件。在 FOXPRO 中用 CALL (字符型变量) 语句来实现与汇编语言的数据传递, 内存中 DS: BX 指向传送的第一个数据。写卡机与 PC 机的连接用标准的 RS232 串行口, (下转 12 页)

由于我们在 ROM 中存入的是正弦波 $0 \sim 180^\circ$ 点对应的幅值, 所以图 8 中 A 点的波形是正弦波的正半周信号。根据正弦波的对称性, 我们设计了 ± 1 翻转放大器, 此放大器在 SW 信号的控制下实现了将 D/A 输出的波形每隔一周进行反相一次的功能。最后使电路输出一种性能指标完全符合要求的正弦波信号。

三、波形失真的分析

数字合成信号源的输出实际上是一个近似正弦波的阶梯波。所以其波形中含有高次谐波成份, 带来了波形失真。设正弦波一周期内进行 M 等分, 在输出不加模拟滤波器的前提下, 波形失真度 δ 与 M 值的大小直接有关。 M 值增大, 高次谐波的量值减小, 波形失真度也就减小。正弦波的失真度可表示为:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^{\infty} E_i^2}{E_1^2}} \quad (4)$$

式中 E_i ——是第 i 次谐波系数。

一周期内正弦波 M 等分的付里叶展开式为:

$$f(x) = E_1 \sin \omega t + E_2 \sin 2\omega t + \dots + E_n \sin N\omega t + \dots \quad (5)$$

$$\text{而 } E_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \sin N\omega t \, d\omega t \quad (6)$$

$$f(\omega t) = \sum_{i=1}^M K \sin \frac{2i-1}{M} \pi \quad (7)$$

求解 E_n 得

$$E_n = \frac{K}{N\pi} \sin \frac{N\pi}{M} \sum_{i=1}^M \left[\cos \frac{(N-1)(2i-1)\pi}{M} \right]$$

$$- \cos \frac{(N+1)(2i-1)\pi}{M}] \quad (8)$$

分析 (8) 式可知, 当 N 是 M 的整数倍时, 除 $N \pm 1$ 次谐波外, 其余各次谐波均为零。 M 等分的阶梯波频谱由基波 f_0 和频率 $(M \pm 1)f_0, (2M \pm 1)f_0, \dots$ 等谐波组成。当 M 取足够大时, 就可以得到较小的失真。本信号源选 $M = 3600$, 通过计算机算得失真度为 $\delta = 0.039\%$ 。

四、实测结果

对本信号源的实测结果为:

- 1) 频率范围 $40.00 \sim 69.99\text{Hz}$, 调节细度 0.01Hz
- 2) 移相范围 $0 \sim 359.99^\circ$, 移相细度 0.01°
- 3) 失真度: 0.04%
- 4) 幅值稳定度 优于 $1 \times 10^{-5}/5$ 分钟
- 5) 相位稳定度 优于 $2 \times 10^{-5}/5$ 分钟

实际测量结果, 各项指标都很理想, 例如失真度的实测值为 0.04% 与理论计算值 0.039% 完全相符合。可见, 逻辑存储型移相信号源是一种原理先进、性能好、结构简单、便于程控的新型数字信号源。

参 考 文 献

- 1 微程序设计·科学出版社
- 2 数字逻辑电路·邮电出版社
- 3 集成运算放大器原理与应用·科学出版社

收稿日期: 1997-05-02

(刘家新 编发)

(上接 15 页) 单片机程序和 PC 机上的汇编语言程序进行串行数据通信。此原理示意图如图 5 所示, 具体程序略。

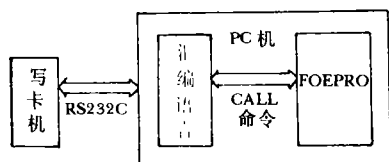


图 5 写卡机与 FOXPRO 数据传送

六、结 语

综上所述, 由于我们在多功能机电式电度表的设计中采用了一些较新的技术和方法, 而使硬件电路非常简单, 成本降低, 可靠性提高, 使软件流程结构明了, 易于维护。限于篇幅, 其它技术就不一一叙述了。

参 考 文 献

- 1 林聪仁等. NEC μ PD78064 系列单片机. 流体机械, 1997, 3
- 2 林聪仁等. 机电式多功能电度表. 流体机械, 1997, 3

收稿日期: 1997-03-27

(韩松林 编发)