

Motorola 单片机及其在电能表中应用

杜 琼,周一届

(江南大学 FREESCALE 驻中国电能表实验室,江苏 无锡 214063)

摘要: Motorola 公司生产的 MC68HC908LK24 (简称 LK24) 芯片是一款专用于复费率电能表的芯片。首先,介绍了 LK24 芯片的内部组成、结构及功能特点;详细介绍了基于 LK24 芯片的电能表的时钟电路、中断、LCD & LED 驱动与 A/D 转换、低功耗模式等;最后,叙述了设计与开发经验。基于 LK24 芯片的复费率电能表的产品已投入市场,效果良好。

关键词: 电磁兼容; 计量; 电能表; LK24 芯片

中图分类号: TN 47; TM 933

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2005)02-0076-04

0 引言

2004 年夏季,华东地区出现了电力紧张的局面,不少地区不得不进行限电控制紧张的电力网超载,而早在 2001 年底,一些地区为了缓解电力用电紧张的局面,推出了分时电价,鼓励用户在用电低谷用电^[1],复费率电能表就此启动;2002 年,江苏省作为首个试点的省份,全面推行复费率电能表,到今天,复费率电能表正在逐步向全国推广^[2]。2003 年底,摩托罗拉推出了专用于复费率电能表的芯片 LK24,不论在集成度还是在兼容性方面都比较适合应用于电能表,并且性价比很高,为单相或者三相复费率电能表系列的开发与设计提供极大的空间^[3]。现依据各项实验结果与相关的参比数据,对芯片及其电能表进行较为详细的介绍。

1 LK24 芯片介绍

MC68HC908LK24 (简称 LK24) 芯片是低功耗、高集成度的 8 位单片机,内部采用了锁相环技术,增强了本身的抗干扰能力;集成内部硬件时钟电路(RTC),时钟不采用外接晶振,内部自身集成晶振源,并且配有时钟及日期的相应寄存器,可以依据实时的温度对其相应的寄存器进行矫正,以达到对时钟内部晶振进行温度补偿,提高时钟内部的精度;自身带有 LCD、LED 驱动及相应的设置寄存器,可以程序控制端口输出特性,可对 LCD 进行 1/2, 1/3, 1/4 的电压偏置及对比度进行调节、设置;10 位 A/D 转换(8~8.5 μ s 转换速度);红外串行模块(IRSCI)以及串行接口(SPI);40 个可复用 I/O 口以及 24 个内外中断源,其中包括 3 个定时中断,以及多个可设置的沿跳变中断口;芯片可在 2~8 V 的电压正常工作;贴片封装有 64 PIN (CFU 见图 1) 和 80 PIN (CFQ);24 k 程序区(ROM),以及 768 RAM,5 μ A 可编程的

低功耗模式。可以满足绝大部分复费率电能表的功能与技术要求。由于芯片较高的集成度,所以在硬件电路上可以节省很多的外围辅助电路,降低了硬件的布线成本并有效地提高了硬件电路抗电磁干扰的能力。

2 基于 LK24 芯片的电能表

依据电子式电能表的开发设计模块化的思路,下面对其具体的应用进行比较详细的介绍。

2.1 时钟电路 RTC

时钟电路不同于其他 CPU 内部集成的时钟电路,首先,其时钟电路本身自带高精度的晶振,在硬件时钟的基础上,添加了不少中断向量参数,而且还添加了完整的温度补偿功能,以调节晶振由于温度而引起的偏差,达到了硬件时钟所满足的各个要求,LK24 在增加温度补偿时,误差范围在 $(-3 \sim +2) \times 10^{-6}$ 范围内;在不加温度补偿时,其日误差在 0~5 s。在温度稳定时,其晶振具有很高的稳定性。测试台采用广州羊城的时钟误差台,其测试原理为:在标准的 1 s 的脉冲内输出 170×10^4 个脉冲为基准,与被测试的秒脉冲比对,测试出被测源的脉冲数,然后智能换算出一天的累计误差。LK24 对温度的补偿,必须建立在大量实验基础上,对时钟与温度进行记录,积累大量的数据,然后才能换算出较为合理的对比参数。硬件电路设计要添加获取实时温度的装置,通过获取的温度参数为温度补偿寄存器选择合适的补偿参数,并通过温度补偿控制寄存器与温度补偿数据寄存器对时钟的误差修正;虽然通过寄存器的控制可以精确到每 1℃ 的温度补偿,但是牵涉到的数据量及处理相当复杂,为此在电子式复费率电能表的设计中,采取了 12 阶段的参数数值,每间隔 5℃ 采取不同的参数值,从而可以使温度在 60℃ (-20~+40℃) 的范围内都得到相应的补偿,通过各个温度条件下的测试实验,基本达到江苏规约所规定的时钟精度要求在 $\pm 5 \times 10^{-6}$ 范围内的要求。

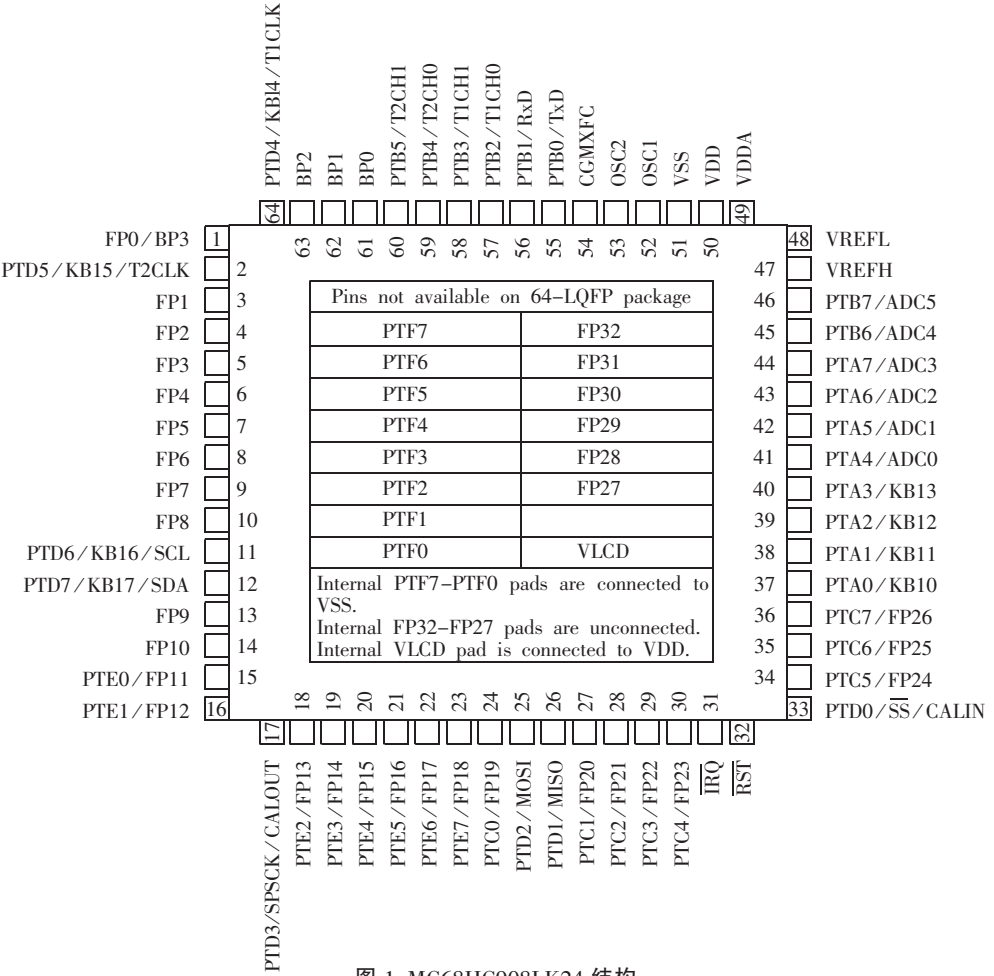


图 1 MC68HC908LK24 结构

Fig.1 The structure of MC68HC908LK24

另外,由于 LK 24 内部晶振在同一温度下有较高的稳定性,若电能表长期处在比较稳定的温度条件下,还可以通过另外一种方法对时钟进行调整,LK24 芯片有一个特定的时钟补偿输出引脚(PTD0),只需要将引脚与标准的时钟基准源(一般以秒脉冲为基准)连接,通过程序的自适应调节,即可达到与标准基准源的时钟同步。

在复费率电能表中,RTC 模块具有相当大的作用,其自身具有的秒、分钟、小时、天、月、年的中断,可以为电能表中关于整点电量、月份电量及循环显示数据等一系列数据的处理提供时间依据。

2.2 中断

在 LK 24 芯片中,外部中断口与内部中断资源相当丰富。

时钟中断作为 1 路内部中断资源,除在 RTC 电路可以进行时钟中断外,芯片还另外具有 2 路定时中断资源:T1,T2。依据其寄存器的不同设置,可以进行相应的定时,T1,T2 与相应的端口(PTB4,PTB5)结合,还具有 2 路沿跳变的中断通道。在程序方面,摩托罗拉 08 系列芯片具有这样的特点,程序中若有对于定时中断的相关处理,其所生成的目标文件(*.s19)在被烧录进芯片时自动加密,不会被读出;若不做程序方面的定时处理,则相当于目标码不加密。

在电能脉冲的计量中,所做的计量采取了 T1 与 T2 中断复合的办法精确地计量电能脉冲:PTB4 采取下跳沿 T2 通道中断准确地捕获电能计量的脉冲;T1 做约 10 ms 的定时中断作软件滤波处理,确保捕获的电能计量信号真实有效。

由于对电能计量采用中断处理方式,所以不会受到其他数据处理的干扰,经过满功率的单位时间(h)测试实验,计量所得到的电能表脉冲无一丢失,并且能保证其他功能如通信、显示、红外抄/设等一系列操作的正常进行。

对于串口的通信^[4],LK 24 芯片的通信类似于其他系列的单片机。LK 24 芯片本身增加了红外串口功能,相当于多了 1 个异步串行口,可以直接通过中断的设置对红外数据接收,只需要对各个控制寄存器(SCC2)进行相应的设置;不同的是红外数据的调制发送,一般的红外调制发送有 2 种方式:硬件调制或者软件模拟,硬件调制需要添加硬件震荡器^[5],对要发送的数据流位为“0”的位进行加载一定的调制频率,红外通信的实质是传送载频信号,接收和发送的信号是一些调频和解频信号^[6],如图 2 所示。

在复费率电能表的设计中,综合硬件成本与电磁兼容等因素考虑,采用了软件调制的方法,对发送的数据进行逐位检测,“0”为进行软件调制处理,并

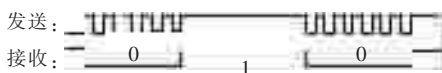


图 2 接收和发送信号的调频和解频信号

Fig.2 The modulated and demodulated signals for transmission and receiving

通过一定的延时校正波特率,从而模拟出红外调制发射信号,经由端口(PTA6)送红外发射管发出。

虽然每次发送红外字节时程序运行处于独占的方式,但是并没有对各个中断屏蔽,因此不会影响计量的准确性,发送 1 个字节所占用的时间比较短,并且在程序内作了相关处理,经过长时间的测试,并未出现任何数据丢失或者其他问题,故软件模拟调制红外的办法可行。

无功功率计量,也可通过跳变延中断获取时间参量的方法处理数据进行计算,只是需要在硬件上进行一些跨零处理。无功功率 $Q = UI \sin \theta$,由这个算式可以看出,需要测量的一个重要因素就是功率的相位角。可以通过累计脉冲计量电压与电流之间的起始时间的脉冲差,再通过相应的数值运算换算出功率因数相位角 θ ,如图 3 所示。

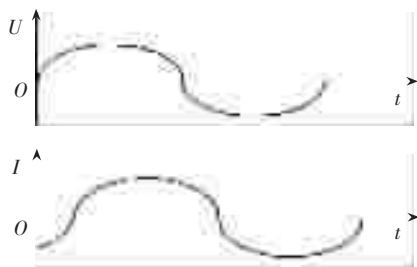


图 3 电压和电流波形

Fig.3 The voltage and current waveforms

$$\theta = M / N \times 2 \pi$$

式中 M 为电压电流的相差脉冲; N 为电压(电流)的周期脉冲。

2.3 LCD & LED 驱动与 A/D 转换

从图 1 LK 24 芯片的引脚定义可看出,(BP0~BP2,BP3/FP0,FP1~FP10,FP27~FP32)作为 LCD 的输出引脚,可以驱动 16×8 的 LCD,可以通过 CONFIG2 控制寄存器拓展更多的 LCD 驱动口(FP11~FP18,FP19~FP26),通过 LCDCLK 寄存器可调整电压占空比;通过设计 LCDCR 调整液晶显示的对比度。驱动 LED 则只需要将输出管脚设置为大电流输出就可以了,液晶驱动模块与 LED 驱动在复费率电能表中具有很重要的地位。全国范围内,复费率电能表采用液晶显示的大约占 90% 以上,所以液晶驱动成为必须;LED 显示更为广泛地应用于 IC 卡表及其他一些较为适合的环境;LK24 把液晶驱动及 LED 驱动集成在芯片的内部,芯片可直接与 LED 或 LCD 相连接,从硬件布线考虑,每多一部分元器件,就多一分电路故障的危险,电磁兼容设计的难度也增大一些,所以 LK24 集成显示驱动模块,无疑降低了电路硬件布板的风险。

A/D 转换应用于电能表中,主要是提供电压检测的参数,确保数据的安全有效,当掉电时,电压检测提前预警,使诸多的数据存储在存储器中(24 系列),如当前电量参数、掉电时间;其获取转换数值的方法很简单,如采用 ADC3 采样电压数据,程序控制是 $ADSCR = 0 \times 23$;经过一段延时之后,就可以从 ADRL,ADRH 中读出电压数值的高低位数值。

2.4 低功耗模式

电能表挂在电网中,电网掉电是必须要考虑的环节。一般电网掉电就不存在用电问题,电能表也就失去工作的意义,因此,掌握一些掉电临界的参数,就可以达到要求;而对于复费率电能表,由于引进了时间参数,并且存在相关的月份、年等相关数据的记录,因此,时钟电路必须保持持久工作,不论电网掉电与否。其他类型的芯片,内部并未集成时钟,其时钟电路需要外挂,并配以电池供电,确保时钟芯片不出现复位情况。对于 LK24 芯片,内部本身集成时钟电路,如何确保时钟电路在电网掉电时能正常工作是一个重要的环节。由此,电池后备供电成为必须,考虑电池容量功率问题,倘若单片机在电池供电时保持正常工作,电池不足以维持足够长的工作时间,并且许多功能在掉电时没有运行的必要,因此,可使单片机工作在低功耗模式,维持时钟基本的工作运转,并关闭掉其他的工作端口。LK24 芯片提供 STOP, WAIT 2 种低功耗操作模式,STOP 模式下芯片工作停止,除非程控唤醒;WAIT 模式则是一种等待模式,在一定的定时周期内处于等待状态,可通过对 CONFIG1, CONFIG2 控制寄存器的设置,对芯片的工作状态进行调整;在对复费率电能表的硬件处理中,通过双路为 CPU 供电,电池电源与获取的电网电源通过二极管分开,在电网供电时,电池不供电,CPU 工作在正常操作模式下,当电压检测到电网失电时,程序自动切换到 STOP 模式,只保持时钟的正常工作,直到电网上电退出 STOP 模式;STOP 模式下的功耗为微安级,经精确测试,其功耗约为 $10 \mu A$,以 3.6 V 电池的满容量计算,在低功耗模式下,电池工作 500 d 不会有问题,基本满足低功耗要求。

3 设计与开发经验

作为一种计量产品,CPU 要确保在十年内正常运转程序不跑飞、数据不丢失、芯片不异常复位。要达到这个要求,必须在硬件和软件设计方面进行更细致的设计。硬件设计中必须通过一系列的滤波电路和抗干扰电路实现,并且在系统布线中考虑诸多的因素;走线不能形成环路,也不能形成势垒电容;对于接地,也必须达到合理等位接地,否则会出现电路上的理论对等电位点实际上有一定的电势差,会在局部影响电表精度及 CPU 与周围器件的稳定性;为提高电能表内部的绝缘性,线之间一定要保持一

定的间距,并且必须要有一定的线宽;CPU 芯片引脚一般不允许悬空,诸多无用的引脚要按照其引脚定义的特性进行相应的上拉或者接地,这是避免 CPU 受干扰及增强稳定性的重要措施。

另外,复位电路也是重点设计的一个方面,复位电路的设计是为了防止其不正常的复位;否则在某些不确定因素的干扰下,复位电路会接收到叠加在复位端的错误信号产生复位,造成数据信息的紊乱,因为在程序的初始化部分里,牵涉到一部分和上电掉电相关的程序操作,倘若复位,程序就会执行这段程序,从而产生错误的信息。如江苏省规定的最近一次上电与掉电时间的保存;而单片机死机危害更大,CPU 无法正常运行,许多数据无法得到及时有效的保存,电能表也就瘫痪了。为防止死机与复位,要在时间上均匀分布地处理每个每次相关的数据信息,防止在同一时刻处理很多的数据量,并且要给出明确的先决条件;为了防止程序跑飞,可以在非程序存储区加跳转和在程序当中加入一定的空指令,这些都可以降低程序跑飞的可能性。

要强调的是,在硬件与软件设计中,目的不是消除各个干扰,而是避免产生干扰,如果干扰已经产生后再通过其他的途径避免,往往会耗费很大的硬件和软件资源,却得不到理想的效果。所以,在设计中,避免干扰的产生才是要解决的根本问题,并且可以在硬件和软件上节约大量的资源。

4 结语

Motorola LK 24 芯片在集成度上面的优势以及其 2 美金的低廉价格,并且为芯片开发提供 C 语言的开发工具,IDE 的集成环境以及 SDK 等先进的开发工具,成为最具有竞争力的芯片之一^[7]。本实验室对复费率电能表开发的产品已经投入市场,反映良好。程序以 C 语言编制,适当嵌入汇编,占用程序区约 11 k,为功能的延伸留下充足的空间;以摩托罗拉芯片为主核心芯片开发的 IC 卡表、三相多功能表、电力线载波表等也都得到一定的应用。

参考文献:

[1] 黄 玲, 高中文. 基于电能计量芯片 CS5460 的电子式电

能表[J]. 自动化与仪器仪表, 2002, (5): 38-40.

HUANG Ling, GAO Zhong-wen. An electronic single-phase watt-hour meter based on the chip of CS5460[J]. **Automation and Instrumentation**, 2002, (5): 38-40.

[2] 杨帮文. 新型集成器件实用电路[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.

[3] 邵贝贝. Motorola DSP 16 位单片机原理[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.

[4] 续大我, 吴伟陵. 通讯原理[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2001.

[5] 郭松林, 林海军, 张礼勇. 电子式电能表专用芯片分类及原理[J]. 电测与仪表, 2002, 39(10): 5-7, 52.

GUO Song-lin, LIN Hai-jun, ZHANG Li-yong. Classifying of the CMOS chip focus on watt-hour meter and the theory of the CMOS chip focus on watt-hour meter[J]. **Electrical Measurement & Instrumentation**, 2002, 39(10): 5-7, 52.

[6] 王柏林, 候 勇. 多功能电度表及红外抄表器的红外通讯设计[J]. 电测与仪表, 2001, 38(11): 33-38.

WANG Bo-lin, HOU Yong. Infrared-communication design of the multi-function watt-hour meter and infrared copying instrument [J]. **Electrical Measurement & Instrumentation**, 2001, 38(11): 33-38.

[7] REYNOLDS R G, SALEEM S. Cultural algorithms in dynamic environments [J]. **Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation**, 2000, 2(1): 1513-1520.

[8] 陈赤培. 电能量计量表计应用和发展 [J]. 电力自动化设备, 2002, 22(4): 55-57.

CHEN Chi-pei. The application and development of electric energy meter[J]. **Electric Power Automation Equipment**, 2002, 22(4): 55-57.

[9] 麻秀范, 卢文冰, 王 宏, 等. IC 卡电表的低压电力载波自动抄表方案研究[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(7): 53-55.

MA Xiu-fan, LU Wen-bing, WANG Hong, et al. Research on automatic IC power meter reading scheme based on LV power line carrier communication[J]. **Electric Power Automation Equipment**, 2002, 22(7): 53-55.

(责任编辑: 汪仪珍)

作者简介:

杜 琼(1981-), 男, 山东泰安人, 工程师, 硕士, 从事机械电子工程方面的工作(E-mail: dq@china-tek.com);

周一届(1955-), 男, 江苏无锡人, 副院长, 副教授, 研究方向为机械电子工程及液压控制。

Motorola SCM and its application in power meter

DU Qiong, ZHOU Yi-jie

(Southern of Yangtze University, Wuxi 214063, China)

Abstract: The MC68HC908LK24 of Motorola is a special chip for multi-rate power meter. Its interior components, configuration and functions are introduced. The clock circuitry, interruption, LCD & LED drive, A/D conversion and lower power consumption mode of power meter based on LK24 are detailed. The design and development experiences are depicted. The proposed power meter has put into market and made good effect.

Key words: electromagnetic compatibility; measurement; power meter; LK24