

单片机应用系统的软硬件开发

林卫星 宁波大学信息科学与工程学院自动化系(315211)

Abstract

This paper is concluded experience in the design and realization of applicable system with a MCU from software and hardware into reliability. In especially problems are analyzed that are slighted easily by a designer. It is some valuable references in order to design an applicable system with a single-chip microcomputer.

Keywords: MCU, design of software and hardware, mixed language programming, reliability

摘要

本文结合作者多年的实际开发单片机应用系统的体会,从硬件开发、软件编程、可靠性设计以及开发手段等方面做了归纳式叙述,尤其是普通开发者容易忽视的地方做了较细致的分析,这对单片机应用系统的开发者无疑具有一定价值的参考作用。

关键词: 单片机, 硬件设计, 软件编程, 可靠性

0 引言

单片机的应用开发不单是软件的开发,它与开发语言和硬件密切相关。所以要求开发者对单片机的内部结构十分熟悉,了解单片机的开发应用涉及到硬件扩展接口和各类传感器、执行器等,还必须尽可能地了解各学科中适应单片机完成的控制项目以及控制过程。从而针对任务才能提出切实可行的由单片机来完成的要求和功能。才可能编写出好的软件,并将它用于实际系统中。

掌握单片机的应用开发需要一个过程。首先必须掌握数字电路和模拟电路方面的知识,还必须学习单片机原理、硬件结构、扩展接口和编程语言。初次开发时因没有经验,可能要经过多次反复才能完成项目。这时,就会得到较大的收获和积累,它表现在硬件设计方面的积累;软件编程方面的积累;设计与调试经验方面的积累。

1 硬件设计开发

硬件设计是单片机应用开发的基础,软件的编程是建立在硬件开发的基础之上,软硬件设计的巧妙结合是项目开发质量保证的关键。在单片机硬件开发设计中应注意以下几个方面:

(1) 选用最新的 MCU

单片机应用开发者必须学习应用最新单片机(MCU),新型的MCU的优势表现在时钟频率的进一步提高(从6MHz提高到40MHz),指令执行速度的提高(从12个机器周期到6个机器周期,甚至到1个机器周期),处理器相关功能的提高(如增加了数学处理、

模糊控制等),内部程序存储器和数据存储器容量的进一步扩大(ROM扩到64K字节,RAM扩到2K字节),A/D和D/A转换器的内部集成,LCD显示等功能模块的内部集成,外部扩展功能的增强。如Philips的P89C884单片机内部有64K字节FLASH(快闪存储器)、3个计数器、33MHz时钟、6个机器周期执行一条指令、I²C总线、ISP/IAP等,从而使开发的系统有更高的性能价格比。

(2) 扩展接口的开发方式

扩展接口的开发尽可能采用PSD、FPGA(或CPLD)等器件开发。这类器件都有开发平台的支持,开发难度较小,开发出的硬件性能可靠、结构紧凑、利于修改、保密性好。这种方法也是硬件接口开发的趋势。如Altera公司生产的EPM7128S应用较广,在中国市场也容易买到。把单片机外围电路中的许多功能模块组合在一起,形成典型的、通用的接口^[1],也为扩展接口快速的低成本开发提供了简洁而适用的方法。

2 程序设计与编程

C语言既有高级语言的各种特点,又可对硬件进行操作,并可进行结构化程序设计。目前已有专为单片机设计的C语言编译器,如Franklin C51、KEIL C51。但和汇编语言相比,C语言程序反汇编生成的汇编代码往往比较长。有占存储空间大、执行程序时间长的弱点。单独用汇编语言编程虽然编制的程序较短,又有开发周期长、可读性差、修改麻烦等缺点。较好的解决办法为程序的框架和主体用C语言编写,要求高速执行的部分或大量重复使用的常用汇编语言编程,这

种将 C 语言和汇编语言混合编程的办法,可充分发挥各自语言的优点,取长补短,开发出高质量的单片机应用程序。这一多种语言的混合编程思想在开发出高质量的应用程序中非常有用,笔者的课题组用 C 语言和汇编语言混合编程实现大型烘箱温度控制与检测系统^[2],用 Foxpro for Windows 和 C 语言混合编程实现电力调度管理^[3]等。多种语言的混合编程的办法显然对开发人员有更高的要求。目前单片机应用程序采用 C 语言和汇编语言混合编程已行成流行的趋势。

3 可靠性设计

工业环境中的干扰一般是以脉冲形式进入单片机系统,渠道主要有三条。一是:空间干扰(场干扰),电磁信号通过空间辐射进入系统。二是:过程通道干扰,干扰通过与系统相连的前向通道、后向通道及与其它系统的相互通道进入。三是:供电系统干扰,电磁信号通过供电线路进入系统。一般情况下空间干扰在强度上远小于其它两种,故微机系统中应重点防止过程通道与供电系统的干扰。

抗干扰措施有硬件措施和软件措施。如果硬件措施得当,可将绝大部分干扰拒之系统之外,但仍会有少数干扰进入单片机系统,故软件措施也必不可少。软件的抗干扰措施是以 CPU 为代价的,如果没有硬件消除绝大多数干扰,CPU 将疲于奔命,严重影响系统的工作效率和实时性。因此,一个成功的抗干扰系统是由硬件和软件相结合构成的。常常开发一个单片机应用项目时,在仿真调试完成后,系统运行正常,而接入现场后,又出现不能正常运行或运行时好时坏,脱离现场后一切正常,这种现象就涉及到可靠性问题。解决这种问题可以从以下几个方面考虑:

1) 选择性能好、抗干扰能力强的供电系统,尽量减少从电源引入的干扰。单片机系统供电线路是干扰的主要来源,电源采用隔离变压器接入电网,可以防止电网的干扰侵入单片机系统。用隔离变压器与普通变压器的不同之处在于它的初级和次级之间加了一层屏蔽层,并将屏蔽层和铁芯一起接地。

2) 设计电路板时排除可能引起干扰的因素,合理布线,强、弱信号线尽量远离,避免高频和电磁信号的干扰。

3) 选择良好的接地方式,如系统既有模拟电路又有数字电路时,数字地与模拟地先分开接地,最后只在一点相连,如果两者不分,则会互相干扰。强、弱电采用光电或电磁隔离,采用必要的电磁屏蔽措施,以提高系统的电磁兼容能力。

4) 数据采集时,可以考虑程序数字滤波处理,常用的数字滤波方式有:程序判断滤波、中值滤波、算术平均滤波、递推平均滤波法、防脉冲干扰平均值滤波

^[2]、一阶滞后滤波等。

5) 最好选用总线不外引的单片机,这是最正规的单片机使用模式,它符合小型、简单、可靠、廉价的单片机设计原则,显然单片机总线对外封闭的产品是最为可靠的。

6) CPU 抗干扰措施

当通过干扰三总线等干扰作用到单片机本身时,单片机将不能按正常状态执行程序,就会引起混乱。如何发现单片机受到干扰,如何拦截失去控制的程序流向?如何使系统的损失减小?如何恢复系统的正常运行?这些都是 CPU 抗干扰需要解决的问题。可采用了以下几种方法。

其一是人工复位:对于失控的 CPU,最简单的方法是使其复位,程序自动从 0000H 开始执行。为此只要在单片机的 RESET 端加上一个高电平信号,并持续四个时钟周期以上即可^[4]。

其二是掉电保护:电网瞬间断电或电压突然下降将使微机系统陷入混乱状态,电网电压恢复正常后,微机系统难以恢复正常。对付这一类事故的有效方法就是掉电保护。掉电信号由硬件电路检测到,加到单片机的外部中断输入端。往往将掉电中断规定为最高级中断,使系统及时对掉电做出反应。在掉电中断子程序中,首先进行现场保护,保存当时重要的状态参数到 EEPROM 中^[5],当电源恢复正常时,CPU 重新复位,恢复现场,继续未完成的工作。

其三是:睡眠抗干扰,CMOS 型的 51 系列单片机具有睡眠状态,此时只有定时/计数器和中断系统处于工作状态。这时 CPU 对系统三总线上出现的干扰不会做出任何反应,从而大大降低系统对干扰的敏感程度。通过分析一般的应用软件后发现,CPU 在很多情况下是在执行一些等待指令和循环检查程序,这时 CPU 虽没有重要工作,但却是清醒的,很容易受干扰。让 CPU 在没有正常工作时休眠,必要时再由中断系统来唤醒它,之后又处于休眠。采用这种安排之后,大多数 CPU 可以有 50~95%的时间用于睡眠,从而使 CPU 受到随机干扰的威胁大大降低,同时降低了 CPU 的功耗。

其四是:指令冗余,当 CPU 受到干扰后,往往将一些操作数当作指令码来执行,引起程序混乱。这时首先要尽快地执行真正的指令系列。MCS-51 系统中所有指令都不超过 3 个字节,而且有很多单字节指令。当程序跳飞到某一条单字节指令上时,便自动执行真正的指令。当跳飞到某一双字节或三字书指令上时,有可能落到其操作数上,从而继续出错。因此,应多采用单字节指令,并在关键的地方人为地插入一些单字节空操作指令(NOP),或将有效单字书指令重复书写,这便是指令冗余。在双字节和三字节指令之后插入两

条 NOP 指令,可保护其后的指令不被拆散。若某指令前插入两条 NOP 指令,则这条指令就不会被前面冲下下来的失控程序拆散,并将被完整执行,从而使程序走上正轨。但不能加入太多的冗余指令,以免明显降低程序正常运行的效率。因此,常在一些对程序流向起决定作用的指令之前插入两条 NOP 指令,以保证跳飞的程序迅速纳入正确的控制轨道。此类指令有:RET、RETI、LCALL、SJMP、JZ、CJNE 等。在某些对系统工作状态至关重要的指令(如 SETB EA 之类)前也可插入两条 NOP 指令,以保证被正确执行。

当跳飞的程序落到非程序的数据表格区时,且跳飞的程序在没有碰到冗余指令之前,已经自动形成一个死循环,这时采取的措施是看门狗系统(WATCH DOG)。所谓软件陷阱,就是一条引导指令,强行将捕获的程序引向对程序出错进行处理的程序。如果把这段程序的入口标号取为 ERR 的话,软件陷阱即为一条 LJMP ERR 指令,为加强其捕捉效果,一般还在它前面加两条 NOP 指令,因此,真正的软件陷阱由三条指令构成:

NOP NOP LJMP ERR, 其机器指令为:00 00 02 00 30H 五个字节(设 ERR 标号排在 0030H 开始的地方)。软件陷阱安排在下列四种地方:未使用的中断向量区;未使用的大片 ROM 空间;表格;程序区。

由于软件陷阱都安排在程序正常执行不到的地方,故不会影响程序执行效率。干扰问题可能是由不同的原因引起,在设计时要根据项目应用场所分析可能出现的干扰,有目的地设计抗干扰电路软件陷阱。

4 开发手段

一个单片机应用系统除了单片机系统部分之外,还或多或少地存在着一些外部设备。这些外部设备都是通过各自的接口电路连接到系统的总线上去的,因此用户可以根据自己的需要,选用不同类型的外设,设置相应的接口电路,把它们挂到系统总线上,构成不同用途,不同规模的应用系统。目前各种功能的接口电路都已做成集成芯片,即已由大规模集成接口芯片替代过去的数字电路。因此在接口设计中,通常不需要繁杂的电路参数计算,而需要熟练掌握和深入了解各类芯片的功能、特点、工作原理、作用方法和编程技巧,以便根据设计指标和经济要求,合理选择芯片,把它们与单片机正确地连接起来,并编写相应的程序。采用集成接口芯片不仅使接口体积小、功能完善、可靠性高、易于扩充、应用极其灵活、方便,而且可以推动接口向智能方向发展。

单片机应用项目的开发应尽可能借用以前的经验,这样能达到事半功倍的效果,因这类应用系统的核心基本是建立在单片机通用最小系统^[4]与单片机的通用接口上^[1]。

在开发过程中,建议使用高、中档单片机仿真工具,因为它具有如下特点:

①因支持高级语言的调试,提供全数据类型的查看和修改。

②支持多家软件公司汇编和编译产生的目标代码格式。

③中高档仿真器的人机界面有四个档次:DOS 下的简单命令行和批处理文件;DOS 下的窗口命令行;BORLAND 风格的 DOS 窗口菜单;Microsoft 风格的 Windows/WIN95 窗口菜单。

集成开发平台具有编辑——汇编/编译——连接/定位——调试——装入目标系统一条龙。用全屏幕编辑,就地修改,所见即所得,有文件整块剪贴技术;用工程(Project)技术:一次将工程的全部源文件、头文件、作废库文件送入工程管理器,统一管理汇编/编译和连接/定位。用 Make 技术:自动辨别汇编器/编译器,每次调试循环仅做增量汇编/编译和连接/定位。

当有的文件被破坏,使用 Build 技术跳出 Make 循环,重新全面地进行汇编/编译和连接/定位。有错误和警告自动定位,明确的错误自动修正,扩展的运行类型(如放开运行,动画式运行,遇光标终止、出函数前终止、出函数后终止),扩展的单步类型(如指令单步、语句单步、函数单步),扩展的断点类型(如指令断点、语句断点、循环断点、内容断点、条件断点)等。

5 结束语

综上所述,作者利用自己的体会,对单片机应用系统的软硬件全面考虑,开发过多种单片机应用产品,诸如:炭粉分析装置^[6]、医用激光电源的控制装置^[7]、电表预收费智能装置^[5]等。

参考文献

- 1 林卫星,虞建祥,张凌敏.单片机多功能通道电路的研制.微处理机,1996(1)
- 2 林卫星,张智焕,平伟荣.大型烘箱温度控制与检测系统.制造业自动化,2001(4)
- 3 林竞,林卫星.电力调度管理系统的混合编程设计与实现.宁波大学学报(理工版),1995(2)
- 4 林卫星.基于 89C52 单片机多功能应用系统.工业控制计算机,2002(2)
- 5 林卫星,马常旺.IC 卡预付电表系统.工业控制计算机,2001(12)
- 6 林卫星,赵庆生.MSC—51 单片机在碳粉分析装置中的应用.集成电路应用,1992(1)
- 7 林卫星.激光电源单片机控制的软硬件研制.工业控制计算机,2001(8)

[收稿日期:2002.3.3]