

文章编号: 2095-4980(2015)04-0675-04

Proteus 虚拟仿真技术在 I2C 总线通信中的应用

伍冯洁

(广州大学 实验中心, 广东 广州 510006)

摘 要: 针对传统硬件仿真存在的不足, 提出了在单片机 I2C 总线通信设计中引入 EDA 技术的新方法。以 AT24C02 器件为例详细介绍了利用 Proteus 虚拟开发技术进行 I2C 总线通信软硬件设计的方法, 从而实现了单片机系统的软硬件并行协同开发, 可有效节约硬件资源, 提高开发效率。仿真结果与理论分析一致, 证明了 Proteus 虚拟仿真的正确性与准确性, 在单片机虚拟开发中具有重要的意义。

关键词: I2C 总线; 单片机; 虚拟技术; Proteus 软件

中图分类号: TN911.72; TP368.2

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201504.0675

Application of Proteus virtual simulation technology in I2C bus communication

WU Fengjie

(Laboratory Center of Guangzhou University, Guangzhou Guangdong 510006, China)

Abstract: Aiming for the disadvantages of traditional hardware simulation, a new method is proposed, which introduces EDA technology into the SCM I2C(Inter-Integrated Circuit) bus communication design. Taking AT24C02 device as an example, the method using virtual technology to design hardware and software of Proteus I2C bus communication is described in detail, which enables concurrent co-development of hardware and software for the SCM system. The proposed method can effectively save hardware resources, and improve the development efficiency. Simulation results agree well with the theoretical analysis, which verifies the correctness and accuracy of Proteus virtual simulation.

Key words: I2C Bus; microcontroller; virtual technology; Proteus

I2C 串行总线是微电子通信控制领域广泛采用的一种总线标准, 采用 1 根串行数据线(Serial Data Line, SDA)和 1 根串行时钟线(Serial Clock Line, SCL)与外围器件或单片机建立联系及传递信息, 主要用于单片机系统的扩展及多机通信, 具有简单性和有效性等优点^[1]。

在传统的单片机技术开发过程中, 一般采用这样的系统设计模式: 原理图设计—实物电路焊接—硬件调试与修改, 由于开发者特别是初学者动手能力与知识面的局限, 经常出现因反复修改硬件电路而带来的一系列硬件问题, 如短路与断路、焊盘脱离、元件安装错误或损坏等, 进而影响系统的稳定性与可靠性, 显然难以达到预期开发效果。

与传统的硬件仿真不同, 本文在 I2C 总线通信设计中引入单片机虚拟开发技术, 采用具有较强仿真和分析功能的 Proteus 软件来模拟单片机及其外围设备^[2], 在计算机上进行多个 I2C 器件的软硬件设计与修改。该技术的成功应用, 形成了一种全新的系统设计理念, 其设计流程为: 电路原理图设计与仿真—电路修改与完善—印刷电路板绘制—硬件组装与调试, 打破了传统的系统设计模式, 使系统设计缺陷暴露在设计初期, 克服了因设计中不断修改硬件模型带来的弊端^[3]。

1 I2C 总线通信的设计原理

目前能够挂在 I2C 总线的器件类型很多, AT24C02 是常用的一种, 设计时将 SDA 和 SCL 分别接入总线的同

名端, 再与主控器的 SDA 和 SCL 引脚相接, 那么并接在总线上的全部 I2C 器件是被控器, 而主控器则是能够对总线实施控制的器件, 如单片机等, 并且允许有多个主控器^[4]。

在总线上的 AT24C02 器件有唯一地址 1010xxx_yB, 其中高 4 位地址编码在该器件出厂前已固化好, xxx 取决于引脚 A2, A1, A0 的电平, y 为 R/W 信号, 等于 1 表示读, 等于 0 表示写。表 1 是 A2, A1, A0 的编码表, 可见在 I2C 总线上可最多挂 8 个 AT24C02 器件。设计时可把 VSS 和 TEST 一起接地, 同时按照表 1 依次改变 A2, A1, A0 的电平状态。

经过比较, 主控器选用 AVR ATmega8 系列单片机, 其提供了全兼容 I2C 串行总线的 TWI(Two-Wire serial Interface) 接口, 引脚 PC5/ADC5/SCL 和 PC4/ADC4/SDA 分别为 I2C 总线的时钟信号线 and 数据信号线^[5], 由于它们是漏极开路引脚, 因此电路设计时需要外接上拉电阻, 本设计原理框图见图 1。

表 1 AT24C02 器件地址分配表
Table1 Address allocation of AT24C02 device

NO.	fixed address	A2	A1	A0	R/Y	W/R address
U1	1 0 1 0 0 0 0	0	0	0	0/1	0A0H/0A1H
U2	1 0 1 0 0 0 1	0	0	1	0/1	0A2H/0A3H
U3	1 0 1 0 0 1 0	0	1	0	0/1	0A4H/0A5H
U4	1 0 1 0 0 1 1	0	1	1	0/1	0A6H/0A7H
U5	1 0 1 0 1 0 0	1	0	0	0/1	0A8H/0A9H
U6	1 0 1 0 1 0 1	1	0	1	0/1	0AAH/0ABH
U7	1 0 1 0 1 1 0	1	1	0	0/1	0ACH/0ADH
U8	1 0 1 0 1 1 1	1	1	1	0/1	0AEH/0AFH

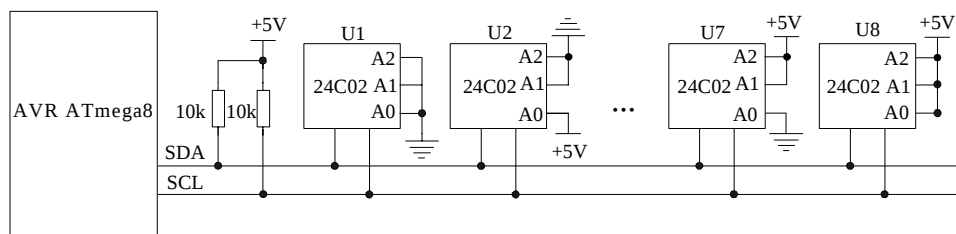


Fig.1 Schematics of hardware circuit
图 1 硬件电路设计原理图

2 基于Proteus进行I2C总线通信设计

2.1 Proteus 仿真软件简介

Proteus 是英国 Labcenter 公司推出的一款电路分析与实物仿真软件, 运行于 Windows 操作系统上, 可以仿真、分析各种模拟电路和集成电路^[6], 其最大的特点是基于微控制器的设计连同所有的外围电路一起仿真, 可直接在单片机虚拟系统上对多点控制单元(Micro Controller Unit, MCU)编程, 或利用第三方案开发环境与调试环境对虚拟硬件电路进行实时调试, 随时掌握程序运行情况及对应的硬件电路输入、输出状态, 如出现不符, 则对存在问题运用 Debug 命令深入跟踪, 迅速找出问题症结并解决。

此外, Proteus 还有电路互动仿真功能, 通过动态外设模型, 如键盘、LED/LCD 等, 或结合 Proteus 配置的虚拟仪器, 如示波器、逻辑分析仪等, 可实时显示系统输入、输出结果。

2.2 Proteus 仿真电路硬件设计

为了实现交互式仿真, 本设计还包括一些输入、输出设备, 如键盘、液晶及数据采集器件等, 拟选用 8×1 键盘来代替单片机控制过程的命令装置, 实现对 I2C 器件 U1~U8 的读、写操作, 同时选用型号为 LM1602 的液晶输出仿真结果^[7]。

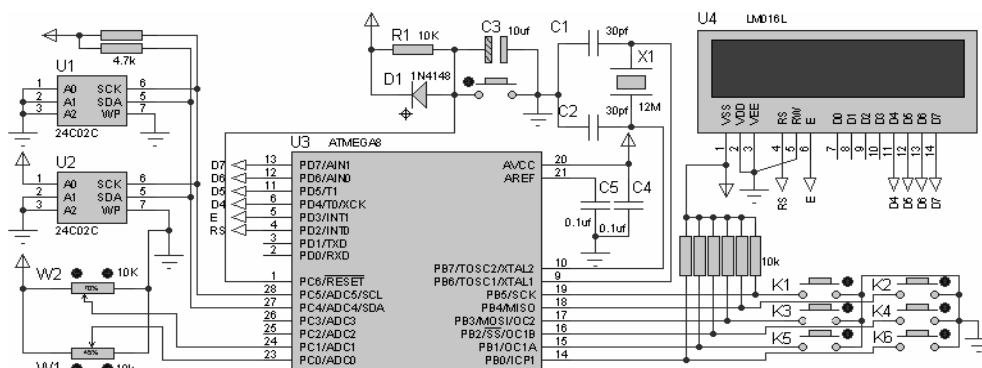


Fig.2 Simulation circuit of I2C bus communication
图 2 I2C 总线通信仿真电路图

结合图1与键盘显示、数据采集电路,应用 Proteus 设计各功能模块的电路原理图,可通过5步完成:第1步,点击  按钮进入软件主界面并新建设计,设置该设计基本属性并保存为*.DSN 文件;第2步,点击  按钮进入元器件搜索窗口,找到设计包含的所有器件,并添加到元器件列表栏;第3步,把各功能模块所需的元器件分别添加到各个绘图区,并进行合理布局及参数设置;第4步,点击  按钮进行连线,当在引脚附近鼠标指针呈现“×”状时,单击左键进行画线,单击右键取消操作;第5步,进行各功能模块电路的正确性检查。根据以上步骤,在 Proteus 中绘制仿真电路图见图2。

2.3 Proteus 仿真软件设计

在 Proteus 中要实现硬件电路的仿真非常简单,只要在单片机中加载*.hex 文件再单击运行按钮即可。*.hex 文件可利用 Proteus 自带的编程环境生成,或引入第三方便序开发与调试环境,如常用 Keil,BASCOM-AVR 等软件,来完成源代码的编写与编译工作。

本文的程序源代码编写采用一款常用的 AVR 单片机编译环境——BASCOM-AVR,在创建本设计程序文件后,一方面,设置 Options 的相关属性,在 output 一栏选中 HEX file;另一方面,在文件中输入源程序代码并保存为*.bas 文件,编译、调试程序并生成*.hex 文件。图2完成仿真电路的正确性检查后,在微控制器 U9 上加载所生成的*.hex 文件,然后运行 Proteus 电路从而实现 I2C 总线通信的虚拟仿真。

3 实验调试与仿真结果分析

在 Proteus 中进行虚拟系统软硬件联调时,往往需要用到一些常用的虚拟仪器,本文利用 I2C 调试器调试 I2C 总线相关程序及实时监测 I2C 总线数据变化^[8],同时利用电压探针实时测量 ADC 输入的电压值。

图3中,U5为I2C调试器,使用时只需把其引脚 SLC 和 SDA 分别接到 I2C 总线的同名端,W1(3)与 W2(3)为电压探针,测量前只需把电压探针放置在电压输出回路的导线上。

以控制单片机进行第一路 A/D 采样为例说明 I2C 通信系统的工作过程。调节电位器 W1,从电压探针 W1(3)读出当前电压值,通过按键 K1 控制 ADC0 进行 A/D 采样,利用 I2C 器件 U1 保存 ADC0 转换结果,并通过液晶显示屏 U4 输出该数值。运行 Proteus 程序,某时刻 A/D 采样结果见图3的液晶显示屏,同时 I2C 调试器显示的通信信息见图4。

根据单片机测量技术的要求,一般需要对测量结果进行标度转换,因此 A/D 采样后的数值往往需要转换为电压值。由于 AVR ATmega8 内置了一个 10 位精确度的模/数转换器,那么模拟输入信号的电压值可由式(1)计算得到:

$$U_i = U_{ref} \times X / (2^{10} - 1) \quad (1)$$

式中: U_i 为模拟输入信号的电压值; U_{ref} 为 ADC 的转换参考电压; X 为 ADC 的转换数值。

调节电位器 W1,分别记录 ADC 转换结果,并根据式(1)分别得到模拟输入信号的电压计算值,同时利用电压探针 W1(3)实时测量相应模拟输入信号的电压测量值,三者间的关系见表2。

由表2,可验证 AVR ATmega8 内置 ADC 具有绝对精确度为 ± 2 LSB,非线性度为 0.5 LSB 的特性。可知仿真结果与理论分析结果一致,证明了利用 Proteus 进行 I2C 总线通信设计的正确性及可行性。

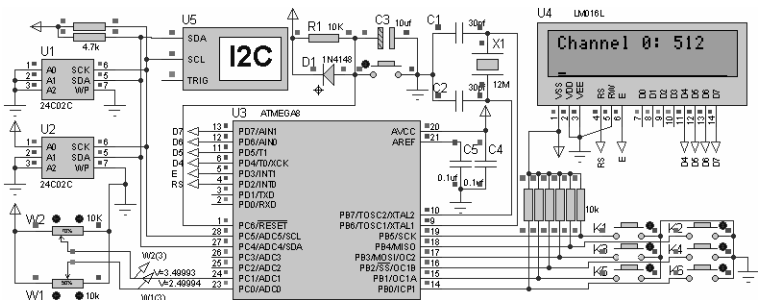


Fig.3 Simulation and debugging circuit of I2C bus communication
图3 I2C 总线通信仿真与调试电路

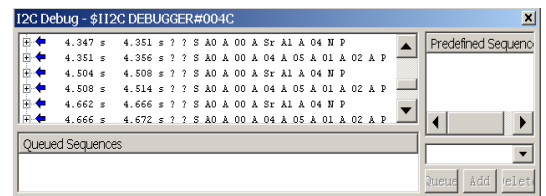


Fig.4 Result output of I2C debugger
图4 I2C 调试器调试结果输出图

表2 I2C 总线通信系统仿真结果分析表

ADC conversion results	calculated input voltage	test value of input voltage
102	0.498 5	0.5
205	1.002 0	1.0
307	1.500 5	1.5
410	2.003 9	2.0
512	2.502 4	2.5
614	3.001 0	3.0
717	3.504 4	3.5
819	4.002 9	4.0
922	4.506 4	4.5

4 结论

本文介绍了 AVR 单片机 I2C 总线通信模块的硬件电路设计及 Proteus 仿真电路的实现, 采用 BASCOM-AVR 进行软件程序设计, 并解决了设计过程中常见的软硬件问题。仿真结果表明利用 EDA 工具软件 Proteus 进行单片机虚拟系统的设计, 具有效率高、成本低及与实际设计接近程度大等优点, 对单片机设计开发具有重要意义。本方法尤其适合单片机初学者使用, 同时也是单片机类课程设计性实验教学一种有力的补充手段。

参考文献:

- [1] 宋杰,陈岚,冯燕. 一种 I2C 总线控制器的接口设计[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2010,8(4):467-470. (SONG Jie, CHEN Lan,FENG Yan. An interface design for I2C bus master[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2010,8(4):467-470.)
- [2] 吴政南,程远胜. 基于 Proteus 的单片机仿真实验系统设计与应用[J]. 计算机与数字工程, 2011,39(11):175-177. (WU Zhengnan,CHENG Yuansheng. MCU-based Proteus system design and application of simulation[J]. Computer & Digital Engineering, 2011,39(11):175-177.)
- [3] 伍冯洁,谢斌. 基于 Proteus 与 Keil 的单片机实验教学改革[J]. 实验室研究与探索, 2009,28(7):125-127. (WU Fengjie, XIE Bin. Reform on experimental teaching of microcontroller based on Proteus and Keil[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2009,28(7):125-127.)
- [4] 张龙,廖俊必,孔令伟. 单片机 I2C 总线与数字电位器通信的 Proteus 仿真[J]. 电子测量技术, 2010,33(11):49-52. (ZHANG Long,LIAO Junbi,KONG Lingwei. Simulation of SCM I2C bus communication with the digital potentiometer using Proteus[J]. Electronic Measurement Technology, 2010,33(11):49-52.)
- [5] 黄鑫,王玉林. 基于 I2C 总线的单片机系统设计与虚拟仿真[J]. 仪器仪表用户, 2010,17(4):44-46. (HUANG Xin,WANG Yulin. The design and virtual simulation of MCU system based on I2C bus[J]. Electronic Instrumentation Customers, 2010, 17(4):44-46.)
- [6] 童小利,金秋春,崔建峰. 基于 Proteus 的半物理电路仿真[J]. 机床与液压, 2011,39(15):119-122. (TONG Xiaoli,JIN Qiuchun,CUI Jianfeng. Simulation of semi-physical circuit based on Proteus[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2011,39(15): 119-122.)
- [7] 王贇坤. 基于 Proteus 的自动取款机设计与仿真[J]. 现代电子技术, 2013,36(24):130-133. (WANG Zekun. Design and simulation of ATM based on Proteus[J]. Modern Electronics Technique, 2013,36(24):130-133.)
- [8] 刘小燕. Proteus 软件的 I2C 调试器在单片机设计性实验中的应用[J]. 赣南师范学院学报, 2009,3(6):105-108. (LIU Xiaoyan. Application of I2C debugger in MCU designing examination[J]. Journal of Gannan Normal University, 2009,3(6): 105-108.)

作者简介:



伍冯洁(1979-), 女, 广东省阳江市人, 硕士, 高级实验师, 主要研究方向为计算机测控技术研究。
email:64258244@qq.com.