

# 基于 USB 的 ARM 仿真器的研究与设计

郭 华, 陈新华

(山东科技大学, 山东 青岛 266510)

**摘要:** 基于 USB 接口的仿真器, 提出了一种采用 PHILIPS 公司 ARM7 内核、LPC2148 为主控制器的设计方案, 并给出了硬件电路设计。利用本仿真器通过第三方软件可以实现目标机的调试和在线编程。硬件电路设计简单, 是取代并口方式仿真器的一种经济可行的方案。

**关键词:** ARM 仿真器; 调试系统; USB 接口; JTAG

中图分类号: TP302.1

文献标识码: B

## Research and design of ARM emulator based on USB

GUO Hua, CHEN Xin Hua

(Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China)

**Abstract:** In this article, a new design of emulator for ARM is proposed which is based on USB interface, choosing Philips ARM7 LPC2148 as the MCU. The hardware circuit is described in detail. The third-party software can interact with the emulator for in-system programming and debug. With the sample circuit, it is really a economical and feasible way to displace the emulator that using the parallel port.

**Key words:** ARM emulator; debug system; USB interface; JTAG

基于 JTAG 仿真器的调试是目前 ARM 开发中采用最多的一种方式。大多数 ARM 设计采用了片上 JTAG 接口, 并将其作为测试、调试方法的重要组成。JTAG 仿真器通过 ARM 芯片的 JTAG 边界扫描口与 ARM CPU 核通信, 实现了完全非插入式调试, 不使用片上资源, 不需要目标存储器, 不占用目标系统的任何端口。由于 JTAG 调试的目标程序是在目标板上执行, 使得仿真更加接近于目标硬件<sup>[1]</sup>。

目前针对嵌入式系统开发的调试工具品种繁多, 如 ARM 公司的 AXD debugger 软件与 Mutil-ICE 仿真器等。但是大部分嵌入式调试工具价格过高, 因此设计实现一种速度快、性能稳定、价格低廉、易于实现的 ARM 调试工具是十分必要的。

### 1 ARM JTAG 调试原理

ARM 典型的调试系统结构如图 1 所示。调试系统包括调试主机、仿真器和调试目标。

调试主机是一台运行调试软件(例如 ADS)的计算机。调试主机可以发出高层的调试命令, 例如设置断点、访问内存等<sup>[2]</sup>。

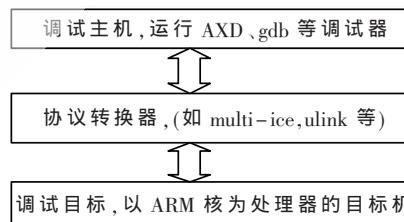


图 1 ARM 调试系统结构图

仿真器用来将调试主机发出的高层调试命令转换为底层的 ARM JTAG 调试命令。因为目标机无法识别调试主机发送来的高级命令, 因此就需要仿真器将调试主机发出的高层调试命令转换为底层的 ARM JTAG 调试命令<sup>[3]</sup>。在整个调试系统中起到重要的作用, 其性能也决定了整个调试系统性能。

### 2 方案设计

本文提出了一种采用 PHILIPS 公司的 ARM7 芯片 LPC2148 设计, 具有 USB2.0 通信方式、高速稳定的 ARM 仿真器实现方案, 如图 2 所示。

守护进程接收从 IDE 集成开发环境发送来的调试命令, 将其通过 USB 总线转发到 ARM 仿真器, ARM 仿

技术与方法 Technique and Method



图2 ARM仿真器总体设计

真器再将调试命令转换成 JTAG 格式的信号并发送到 I/O 口,从而控制调试目标执行特定的操作,达到调试的目的。同理,从调试目标返回的数据,先经过 ARM 仿真器的译码,再经过守护进程返回到 IDE 开发环境,从而形成一个完整的调试系统。

3 硬件电路设计

本设计的最大特点是采用了 LPC2148 作为主控芯片。该芯片内部集成了 ARM7TDMI-S 微控制器和完全兼容 USB2.0 的设备控制器,支持 32 个物理(16 个逻辑)端点;支持控制、批量、中断和同步端点;所有端点都有一个双向的 DMA 通道。因为芯片内部集成了 USB 控制器,大大降低了电路板的设计难度和开发成本。其硬件电路框图如图 3 所示。



图3 硬件电路框图

(1)本机 JTAG 调试电路

为了便于调试和烧写程序,将芯片 LPC2148 的 JTAG 接口接到一个 20 引脚的标准 JTAG 插口。本设计中使用引脚 P0.8、P0.9、P0.10、P0.12、P0.14 作为外部 JTAG 接口,尽量不用有其他接口功能的引脚,如 P0.11、P0.14 接口与 PC 接口 SCL1、SDA1 功能复用,以便于将来的硬件升级。为了增强带负载能力,使用一片 74HC244 芯片,同时为了尽量兼容大部分 ARM 开发板上的不同 JTAG 插口,本设计提供了一个 20 引脚的 JTAG 插口和一个 14 引脚的 JTAG 插口。

(2)USB 电路(包括供电电路)

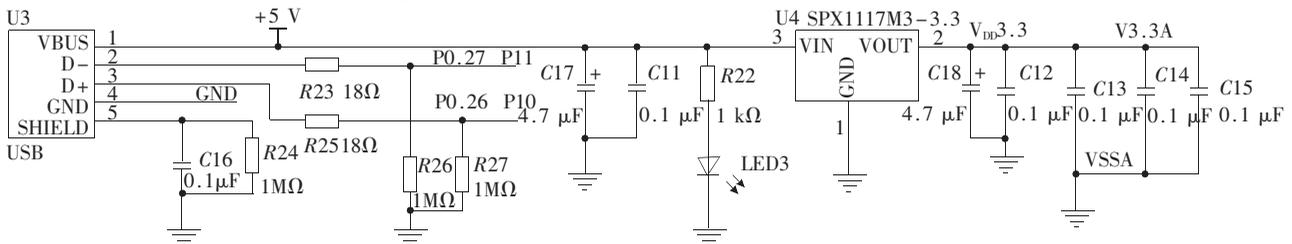


图4 USB接口电路原理图

USB 接口电路如图 4 所示。为了使 LPC2148 的软件可以更灵活地控制 USB 设备与主机之间的连接,本接口电路使用 P0.31(只能使用该引脚)来实现 SoftConnect 特性。当 P0.31 输出低电平时,D+ 线通过电阻上拉到  $V_{DD}3.3$ , 通知 USB 主机:USB 设备与其建立连接;当 P0.31 输出高电平时,D+ 线断开与  $V_{DD}3.3$  的连接, 通知 USB 主机:USB 设备已经断开与 USB 主机的连接。

Q1 选用的是 P 沟道 MOS 管,而不选用普通的 PNP 三极管,因为 MOS 管是电压驱动型,驱动电流几乎为 0;而普通的 PNP 三极管是电流驱动,需要一定的驱动电流。导通时,P0.31\_P17 有可能被拉低,LPC2148 要求该引脚在复位引脚为低电平期间不能被拉低,否则 JTAG 口将被禁止,因此必须选用 P 沟道的 MOS 管。LPC2148 的 P0.23 引脚为 USB 设备控制器,用于检测 USB 总线是否插入检测引脚<sup>[4]</sup>。

4 仿真器固件程序设计

仿真器 LPC2148 芯片中的固件程序实现的功能包括:通过 USB 与上位机软件进行通信,并将上位机发送过来的、经过封装的 USB 数据流转换为 JTAG 信号,并最终送到相应的引脚或者将相应引脚的数据经过封装后,通过 USB 传送到 PC 机中。图 5 为应用程序的流程图。

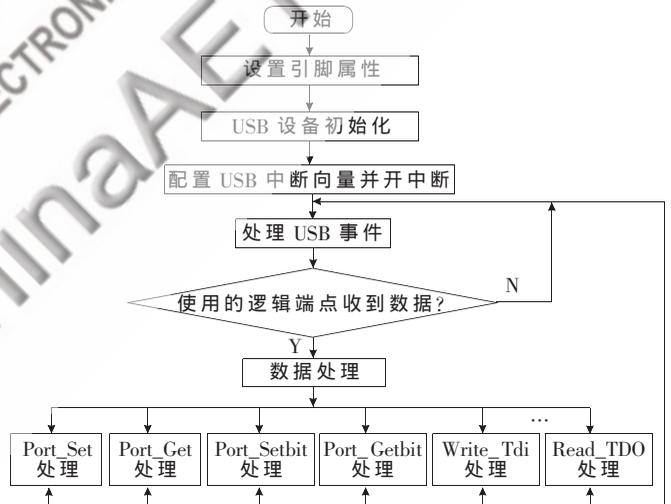


图5 应用程序流程图

主函数首先将作为 JTAG 接口使用的 5 个引脚设置成相应属性,并完成 USB 设备初始化,配置中断向量、开中断,然后进入无限循环函数。

无限循环函数首先处理 USB 事件,如 USB 控制传

## 技术与方法 Technique and Method

输、USB 总线复位等。然后判断标志位是否收到数据,如果未收到则继续执行无限循环;如果收到了数据,则将数据从端点缓冲区读出,再交给数据处理函数处理。数据处理函数按照上位机程序对数据封装方式进行解析,根据解析的命令(读取 TDI、写 TMS 或 TDO 等),通过分支处理跳到相应的处理函数。在这个过程中如果上位机要读取调试目标数据,可将相应的值按同样格式进行封装,然后通过 USB 发送到上位机。数据封装格式如图 6 所示。

命令码 CMD (1 B)	数据 DATA(62 B,不足 62 B 补零)	校验和 SUM (1 B)
------------------	-----------------------------	------------------

图 6 数据封装格式

C 语言定义的命令码如下:

```
#define UNKOWN_COMMAND 0x00 //未知指令
#define PORT_DIRECTION 0x01 //设置端口方
//向为输入或输出
#define PORT_SET 0x02 //将 JTAG 端口的引
//脚都设为高电平
#define PORT_GET 0x03 //读 JTAG 端口的引
//脚数据
#define PORT_SETBIT 0x04 //设置 JTAG 端口的某
//一位为 1,由 DATA[0]中数据决定设置的具体位数
#define PORT_GETBIT 0x05 //读取 JTAG 端口的某
//一位为 1,由 DATA[0]中数据决定读取的具体位数
#define WRITE_TDI 0x06 //写 TDI 信号命令
```

```
#define READ_TDO 0x07 //读 TDO 信号命令
#define WRITE_AND_READ 0x08 //读写指令,对
//TDI 写一位,对 TDO 一位
//写 TMS 信号命令
#define WRITE_TMS 0x09 //写 TMS 信号命令
#define WRITE_TMS_CHAIN 0x0A //写 TMS 扫描链命令
```

本仿真器经实际测试下载速度稳定在 30 KB/s 左右,具有单步、全速、设置断点(两个硬断点和无数软断点)等功能。本文提出了一种具有硬件电路设计简单、价格低廉、调试速度快的 ARM 仿真器设计方案,是取代传统并口方式 ARM 仿真器的一种确实可行的方案。

### 参考文献

- [1] 田泽. 嵌入式系统开发与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.
- [2] 邓春梅. 嵌入式系统软件仿真技术的研究与实现[D]. 成都:电子科技大学,2004.
- [3] 杨晶箐. USB 接口的边界扫描测试控制器的设计与实现[D]. 成都:成都电子科技大学,2006.
- [4] 周立功,张华. 深入浅出 ARM7-LPC213x/214x[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.

(收稿日期:2009-10-12)

### 作者简介:

郭华,男,1978 年生,硕士,讲师,主要研究方向:嵌入式系统应用。

陈新华,女,1951 年生,教授,主要研究方向:嵌入式与集成电路应用。