

TMS320VC5509 的二次引导加载方法

■ 华中科技大学 张小波
 ■ 中元华电科技有限公司 廖新征

引言

在嵌入式系统中,微处理器的运行程序通常保存在其内部或外部非易失性存储器(如 EPROM、EEPROM 或 Flash)中。对中低速的微处理器来说,系统运行时程序可直接从非易失性存储器读取并解释执行;对高速微处理器来说,非易失性存储器的读取速度较低,不能满足系统运行时程序代码直接读取的要求,需采用引导加载(Bootload)方式将程序代码从低速非易失性存储器中加载到高速的存储器(如 SRAM 或 DRAM)中,系统运行时直接从高速存储器中读取程序代码,实现系统的高速运行。因此引导加载是高速微处理器系统的关键技术之一。

1 DSP 上电加载分析

TMS320VC5509(简称“5509”)是 TI 公司的一款高性能、低功耗的定点数字信号处理芯片。5509 片内具有 128K 字高速静态 RAM,内部只读 ROM 中固化了引导加载程序(Bootloader)。5509 支持多种引导加载方式,上电复位之后,片内引导程序根据不同的加载方式完成加载。5509 引导表格式如图 1 所示。

32位入口地址(引导表第1~4字节)			
32位待修改寄存器个数 n (引导表第5~8字节,以下字节位置依次类推)			
16位寄存器地址		16位寄存器值	
16位延时指示器		16位延时数	
32位段字节数			
32位段起始地址			
数据字节	数据字节	数据字节	数据字节
数据字节	数据字节	数据字节	数据字节
数据字节0字节数 (boot表结束)			

注:大括号部分可根据实际需要而重复。

图 1 TMS320VC5509 引导表格式

从引导表的格式可以看出,引导加载程序首先读入双字程序入口地址,然后读入需要修改的寄存器数,接着是寄存器地址以及赋值,再读入段字节数、段起始地址以及段内容,引导表以读入双字的 0 值为结束,读完引导表后跳转到加载程序入口执行。不论以何种方式加载,只是读入的方式不同,引导表的格式不变。

下面分别针对固化引导程序中的并行加载方式(16 位)以及串行加载方式(16 位 SPI 接口 EEPROM),来分析 DSP 上电加载可能遇到的问题。

对 16 位并行加载方式,默认从片外扩展地址 0×200000 (5509 对应片选引脚输出为 $\overline{CE1}$)开始读入引导表,由于 TQFP 封装的 5509 内部 24 根地址线只引出了 14 根,因此并行加载方式只能寻址外部 $2^{14} = 16K$ 字存储空间,对超过 16K 字长的引导表,引导程序无法加载。

对 16 位 SPI 接口的 EEPROM 串行加载方式,5509 默认利用其同步串口 0(McBSP0)来模拟 SPI 接口,引导程序固定收发时钟为 DSP 时钟频率的 244 分频。由于引导加载过程中,5509 时钟频率等于外部晶振频率,因此对于 24 MHz 时钟频率,加载频率约为 100 kHz,对于一段仅 10K 字长的引导程序,完成加载需要 $244 \times 10 \times 10^3 \times 16 / 24 \times 10^6 \approx 1.63$ s;即使工作在 DSP 最高主频 144 MHz,完成加载也需要约 $244 \times 10 \times 10^3 \times 16 / 144 \times 10^6 \approx 271$ ms。这对要求上电后迅速运行的系统来说,系统启动时间过长。

针对以上两种加载方式存在的问题,提出了利用二次引导加载方式来解决的办法。

二次引导加载是采用引导加载的原理,在上电复位时,DSP 内部固化的引导程序将一个自编的引导程序(即二次加载程序,其编写格式按照 DSP 内部固化引导程序的格式完成)加载到片内,然后通过二次引导加载程序将最终需要执行的程序加载到 DSP 中,从而实现更加灵活的程序加载。



2 并行方式下的二次加载设计

针对 16 位并行加载方式中存在的加载程序容量有限的问题,并行二次加载方案中利用 DSP 的 GPIO 口来扩展地址线,解决大于 16K 字程序的加载问题。这里使用两片铁电存储器 FM18L08(32K×8 位)作为 32K 字外扩程序存储器,5509 地址线 A[13:1]与铁电存储器地址线 A[12:0]相连,扩展 5509 的通用 I/O 口 GPIO[7:6],用作高位地址线与铁电存储器地址线 A[14:13]相连。在二次引导加载程序中,利用软件控制 GPIO[7:6]输出出高低电平,来达到控制高位地址线的目的,电路如图 2 所示。GPIO[7:6]电平的不同,相当于将 32K 字存储器空间划分为 4 页 8K 字空间,每当程序内容超过一页时,设置 GPIO[7:6],实现软件翻页,读入下一页内容。

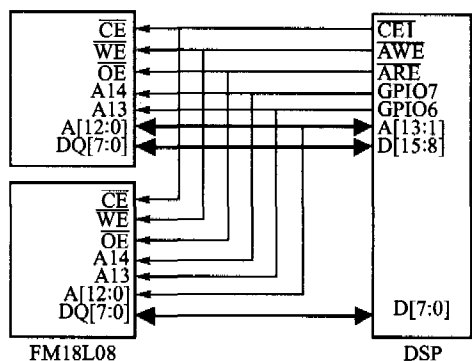


图 2 并行加载电路

在程序加载过程中,由于并行二次引导加载程序对引导表的读入方式与固化引导程序相同(不同的地方,只是在于如何寻址大于 16K 字程序地址),因此省略了流程图中具体读引导表的步骤。

在二次加载程序中,加载开始之后,首先设置 GPIO[7:6]为 00h,读入第 1 页数据。如果程序在计数到 8K 之后仍未读完,则对 GPIO[7:6]修改翻页,进行下一个 8K 的读入。如此,直到程序全部读完,跳转到程序入口执行为止。

并行二次加载程序流程如图 3 所示。

3 串行方式下的二次加载设计

针对串行加载存在的加载速度低的问题,采用二次加载方案,自行设定同步串口时钟分频倍数,以较快的速度完成程序的加载。加载的速度,就只受到外部 SPI 接口的 EEPROM 速度限制。通用 SPI 接口 EEPROM(如 Atmel 公司的 AT25256)速度一般均可达到 1 Mbps 以上。下面以外接 12 MHz 晶振为例,DSP 内部 2 倍频之后,同步串口 0 时钟按照 12 分频,即加载频率设置为 2 MHz,如此,加载速度将是固化引导程序的 20 倍。串行加载电路如图 4 所示。

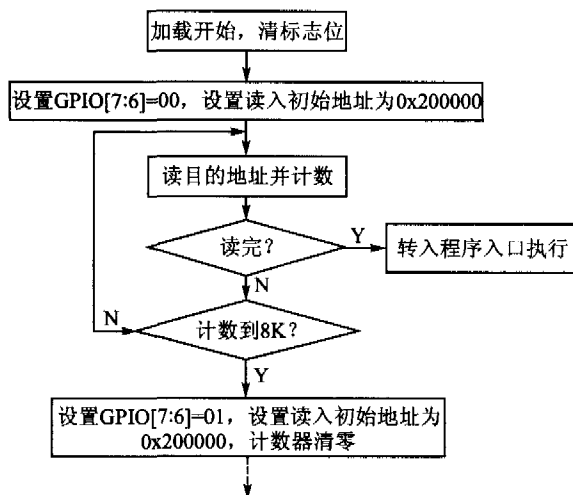


图 3 并行二次加载程序流程

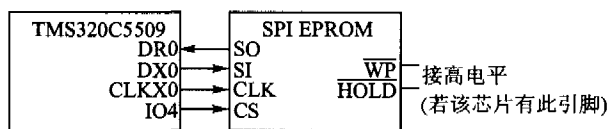


图 4 串行加载电路

串行二次加载程序中,初始化部分对 DSP 及其同步串口 0 相应控制器进行设置,使 SPI 接口时钟工作在 2 MHz。然后采用与 DSP 固化引导程序相同的方式,利用 GPIO4 以及同步串口 0 模拟 SPI 接口对 EEPROM 进行顺序读入。读完之后,跳转到程序入口执行。

程序流程如图 5 所示。

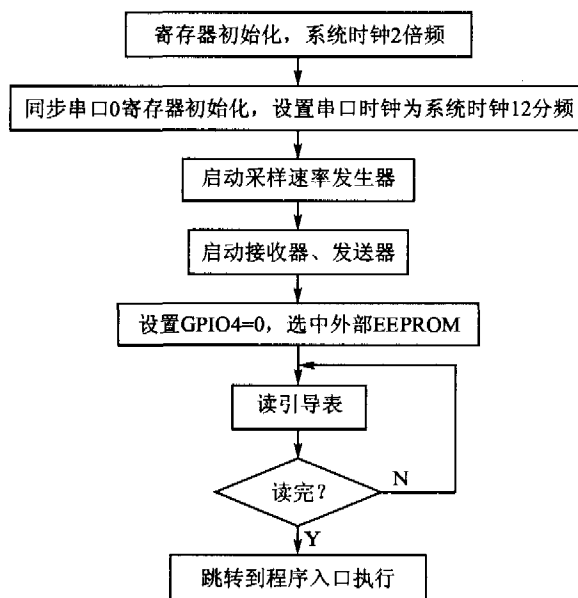


图 5 串行二次加载程序流程

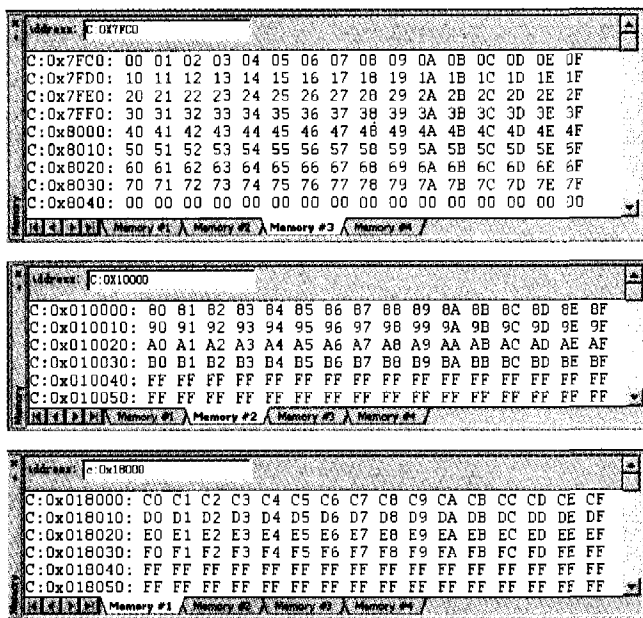


图3 KEIL UV2下显示的BANK内容

```
void ReadFlash(unsigned char bn, unsigned int addr) {
    unsigned char code *data pread;
    unsigned char i;
    SFRPAGE = 0x00;
    bn = bn << 4;
    PSBANK = PSBANK & 0xfc;
    PSBANK = PSBANK | bn;
    pread = addr;
    for(i=0; i<32; i++)
        Flashreadbuf[i] = *(pread+i);
}
```

调用实例如下:

```
ReadFlash(0, 0x7fc0); //取 Bank0 第一个 32 字节块
```

```
ReadFlash(0, 0x7fe0); //取 Bank0 第二个 32 字节块
ReadFlash(1, 0x8000); //取 Bank1 第一个 32 字节块
ReadFlash(2, 0x8020); //取 Bank2 第二个 32 字节块
ReadFlash(3, 0x8000); //取 Bank3 第一个 32 字节块
```

大量常量代码不局限于字库应用。作者开发的 UHF 频段 RFID 系统, 需要使用较多的 C8051F126 的自带外设。其他 51 核 MCU 不加外扩无法满足要求, 故选用由 C8051F126 为管理控制器, FPGA 为信号处理器。其中, C8051F126 内程序量只有 18 KB, FPGA 的固件有 98 KB。为充分利用 C8051F126, 将 FPGA 的 BIN 数据存放到 C8051F126 的 4 个 BANK 中, FPGA 综合软件生成的文件是 BIN 方式的文件, 所以我们自行设计了一套运行于 PC 的转换程序, 输入 FPGA 的固件 BIN 文件后, 自动按照配置的地址空间生成 4 个 HEX 文件, 然后利用 Silicon Laboratories IDE 将这 4 个文件下载到 C8051F126 中。程序的函数从 Flash 中读取代码后配置 FPGA。

结 语

通过绕开 KEIL C51 对常量代码分配在 COMMON 区的限制, 将常量代码分配到任意 BANK 的方法, 解决了一些需要存储大量常量代码的固件程序员使用 KEIL C51 无法编译通过的问题。为许多带有中文液晶显示功能的系统提供了较好的设计参考思路。

参 考 文 献

- [1] C8051F12X - 13X. pdf. www.xhl.com.cn.
- [2] An130. pdf. www.silabs.com.

王效东(工程师), 主要研究方向为 UHF 频段 RFID 读写器, MCU/DSP 等固件程序开发。

(收稿日期: 2006-09-11)

4 结 论

二次加载方法克服了 5509 固化引导加载程序的弊端, 可以根据不同的条件, 实现比较灵活的加载方式。二次引导加载程序采用汇编语言编写, 代码简单短小。经实际验证, 以上两种二次引导加载方式均能成功加载。

以上介绍的二次加载方法不仅可用在 5509 DSP 中, 同样也可以利用在其他类似的高速微处理器系统引导加载方案中, 实现灵活的程序加载。对高速 DSP 采集系统的设计应用有比较好的实际借鉴价值。

参 考 文 献

- [1] TI. Datasheet; TMS320VC5509 Fixed-Point Digital Signal Processor. Jan, 2004.
- [2] TI. Datasheet; Using the TMS320C5509/C5509A Bootloader. Sep, 2003.
- [3] TI. Datasheet; TMS320VC5509 DSP External Memory Interface(EMIF) Reference Guide. Oct, 2003.
- [4] TI. Datasheet; TMS320VC5501/5502/5509/5510 DSP Multi-channel Buffered Serial Port(McBSP) Reference Guide. Jan, 2004.
- [5] 张小波, 廖新征. 基于 DSP 的低功耗高速采集系统. 电子技术应用, 2004(12).

(收稿日期: 2006-07-31)