

文章编号: 1000-5862(2007)06-0643-03

Intel X86 系列 CPU 模拟器的研究与实现

叶继华¹, 郭帆¹, 余敏¹, 马丽红², 陶玲¹

(1. 江西师范大学 计算机信息工程学院, 江西 南昌 330027; 2. 华南理工大学 通信与电子工程系, 广东 广州 510641)

摘要: CPU 模拟器能够提供一个了解计算机内部操作的入口, 便于工程技术人员对所设计的电路进行验证, 同时模拟器还是一个有效的教学工具. 结合 CPU 电路执行一段程序的过程说明了利用 Simulink 构建 X86CPU 模拟器电路的方法, 通过调用 Simulink 的子系统创建电路的模拟, 去除多余的引脚, 简化了电路, 突出了使用 Simulink 模拟的高效性和准确性.

关键词: 中央处理器; 模拟器; 仿真; Simulink

中图分类号: TP 335⁺.4 **文献标识码:** A

模拟器给有关人员提供了一个了解计算机内部操作的入口, 适合于计算机的科研和教学. 通过 CPU 模拟器可以将一个系统内部的操作表面化, 并可以做随意的改动(这对于真实的 CPU 是不可能的), 可以设计自己的假想机器, 并在这上面编写程序并执行、调试系统软件, 来理解真实的机器. 在模拟的环境中学习计算机技术与在真实的硬件上相比, 不仅过程是类似的, 而且更便宜、更灵活, 如果不小心犯了错误, 也很容易进行更正, 此外, 在一个核心设计上扩展新的功能也非常容易. 现存的模拟工具往往非常复杂, 因为他们主要面向熟练程序员, 本项目所完成的 CPU 模拟器可以解决这个问题. Intel x86 系列属于国内比较流行的 CPU 架构, 在 PC 上得到广泛使用, 本项目选择大家经常使用的 X86 架构进行模拟, 实现 INTEL 系列的 CPU 模拟器, 科研人员可以通过该平台来定制设计验证自己的 CPU, 同时该模拟器也适用于教学.

Matlab 是一种功能强大的模拟工具, 它包括众多的功能、各异的工具箱、以矩阵和数组为基本单位的编程语言, 为数学计算和试验数据分析提供了极大的便利. Simulink 是 Matlab 的一个共生产品, 包括丰富的模块资源和工具箱资源, 具有相对独立的功能和使用方法, 提供了建模、分析和模拟各种动态系统的交互环境, 建立仿真模型后可以很容易地通过改变模拟参数, 得到不同参数的模拟结果. 利用 Simulink 可以实现多种电路的模拟. 本文结合 CPU 电路执行一段程序的过程, 介绍了利用 Simulink 实现 CPU 模拟器的一种方法. 利用 Simulink 的模块库中的现有模块和它所提供的子系统, 对这些模块进行修改, 重新封装, 构建所需要的电路, 扩展了 Simulink 的应用领域.

1 CPU 模拟电路的分析与实现

CPU 是计算机中用来完成取指令和执行指令的部件, 传统的 CPU 由运算器和控制器组成. 控制器完成协调和指挥整个计算机系统的操作, 主要功能有: (1)从内存中取出一条指令, 并指出下一条指令在内存中的位置; (2)对指令进行译码或测试, 并产生相应的操作控制信号, 以便启动规定的动作; (3)指挥并控制 CPU、内存和输入/输出设备之间数据流动的方向. 运算器是数据加工处理部件, 接受控制器的命令而进行动作, 运算器的主要功能有: (1)执行所有的算术运算; (2)执行所有的逻辑运算, 并进行逻辑测试.

基于上述功能要求, 我们在构建 CPU 模拟电路时, 设计了多种指令和数据的寻址方式、算术运算和逻辑运算功能, 便于对各种运算进行调试分析和演示, 实现所需要的效果.

收稿日期: 2007-03-21

基金项目: 国家自然科学基金(60472063), 广东省自然科学基金(04020074)和江西省教育厅科研(2007131)资助项目.

作者简介: 叶继华(1966-), 男, 江西上饶人, 副教授, 主要从事系统仿真、网络通信方面的研究.

1.1 CPU 模拟电路的构建

假定该模拟电路用于实现一段由 3 条汇编指令组成的程序段, 程序代码如下:

```

MOV  DX,[ X]
ADD  [X],AX
MOV  DX,[ X];其中 X 的值可以来自通用寄存器 BX 或变址寄存器 SI.

```

模拟电路由数据提供模块、读写选择模块、存储子系统、运算子系统和显示模块组成, 如图 1 所示. 数据提供模块包括通用寄存器、程序计数器、地址寄存器和地址译码器等电路; 读写选择模块实现读写控制, 由读信号和写信号及延时电路组成; 显示模块用于结果的显示和输出波形. 由于此模拟实验包括对存储器的读操作和写操作, 所以调用了时序控制信号对读写信号进行控制. 通过对指令的分析可知, 第一条指令是把存储器的值读出并写入到通用寄存器 DX 中, 第二条指令是将累加值写入存储器中, 第三条指令是再将存储器的累加值写入到通用寄存器 DX 中. 因此, 分别调用了 3 对读写控制信号, 其中读信号分别为 R2、R1、R0, 写信号分别为 W2、W1、W0. 通过时序的控制可以使得: 在第一个单位时间内, 读信号有效, 写信号无效; 第二个单位时间内, 写信号有效, 读信号无效; 第三个时间内, 读信号有效, 写信号无效. 再调用选择情况子系统根据不同的信号输入值选择相应情况处理子系统.

1.2 CPU 模拟电路的仿真过程

首先, 通过开关选择通用寄存器 BX 或变址寄存器 SI 的值(假定数据段 DS 为 2 000, BX 的当前值为 2 395, 存储器逻辑地址 2 395 单元的数据为 1 256; SI 的当前值为 9 673, 存储器逻辑地址 9 673 单元的数据为 4 653), 再通过地址寄存器和地址转换电路在存储器中间接寻址, 将相应地址所存放的值读出并存放在通用寄存器 DX 中. 其次, 通过 ALU 运算器模块将寻址得到的值与通用寄存器 AX 的值相加, 并将累加的值写入相应的存储器地址单元中, 其中假设 ALUOP3ALUOP2ALUOP3=000 使得 ALU 执行 ADD 操作并且采用十进制的形式相加. 最后, 将此存储器相应地址单元的值写入通用寄存器 DX 中. 最终的结果存放在通用寄存器 DX 中, 并通过 DX 存储数据分析器的输出结果波形可以得知通用寄存器 DX 存放过两次不同的值, 其中第一次为通过寻址得到的值, 第二次为累加后的值. ALU 执行 ADD 操作时, 操作数 1 的值有两种方式提供: 一是由通用寄存器 BX 通过寄存器寻址或是由变址寄存器 SI 进行间接寻址, 其值分别为 1 256 和 4 653. 操作数 2 来自于通用寄存器 AX 的值 1 456. 当操作数 1 的地址来自于通用寄存器 BX 时, 结果显示在通用寄存器 DX 中, 如图 1 所示. 可以通过 DX 存储数据分析器对通用寄存器 DX 的数据进行时序的分析, 如图 2 所示.

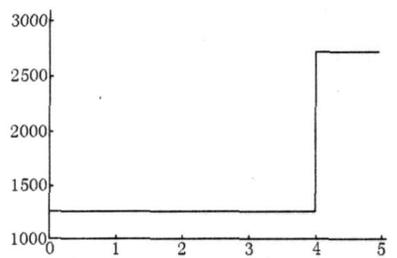
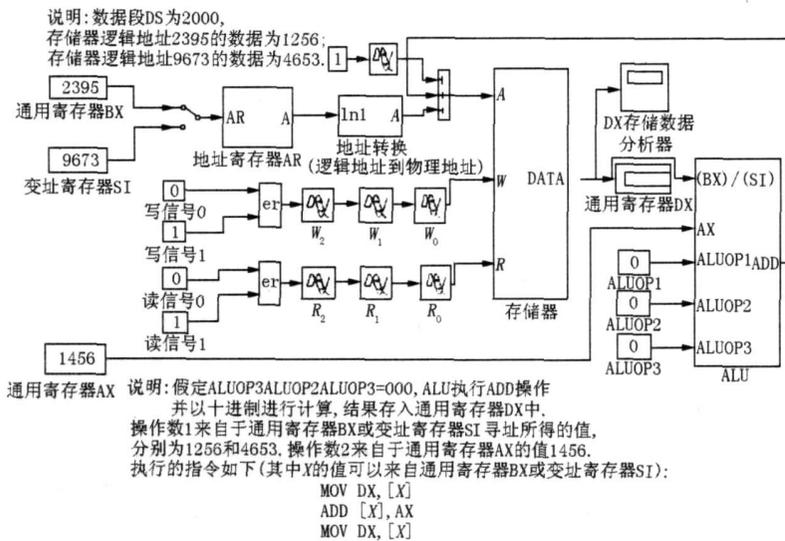


图 1 操作数来自于 BX 时的运行结果

图 2 操作数来自于 [BX] 时, DX 中数据时序分析

当操作数 1 的地址来自于变址寄存器 SI 时, 运行此系统, 结果显示在通用寄存器 DX 中, 如图 3 所示. 可以通过 DX 存储数据分析器对通用寄存器 DX 的数据进行时序的分析, 如图 4 所示.

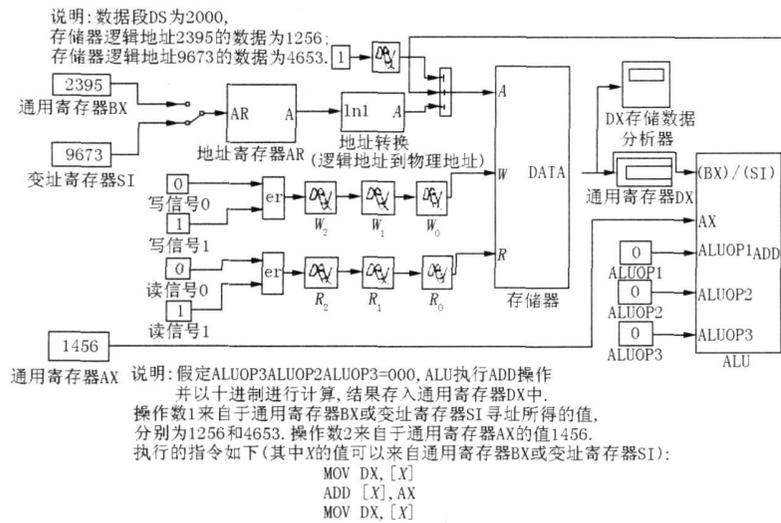


图 3 操作数来自于[SI]时的运行结果

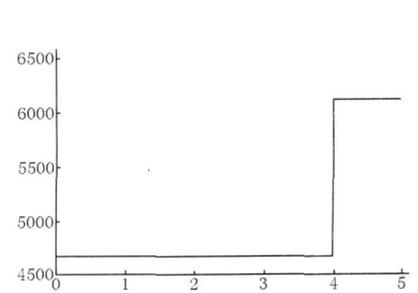


图 4 操作数来自于[SI]时, DX 中数据时序分析

从上述仿真过程可见, 使用者可以根据需要选择相应的寻址方式获得数据, 选定所需要的操作方式进行运算. 在输出端, 可以根据需要输出数据或通过示波器输出相应的波形, 仿真效果直观明显.

2 结束语

本项目通过 Simulink 提供的丰富模块资源和工具箱资源, 用户很方便建立仿真模型, 通过调用 Simulink 的子系统创建电路的模拟, 去除多余的引脚, 简化了电路, 突出了使用 Simulink 模拟的高效性和准确性. 用 Simulink 实现 X86 系列 CPU 模拟电路, 过程简单、直接, 只需要了解每个电路的工作原理和工作方式, 然后根据其算法使用 Simulink 库中的功能模块就可以建立模拟模型, 并能够达到较好的模拟效果.

参考文献:

- [1] Lech Znamirovski etc. Programmable analog/ digital arrays in control and simulation[J] . Analog integrated circuits and signal processing, 2004, 39(4): 55-73.
- [2] 邢超, 李言俊, 张科. 基于 MATLAB/Simulink 的实时控制实验环境[J] . 计算机应用与软件, 2004(3): 46-47.
- [3] 叶继华, 马丽红, 甘登文. 基于 Matlab/Simulink 的可编程接口系统的仿真[J] . 计算机工程与应用, 2006, 42(18): 89-91.
- [4] 叶继华, 甘登文, 邱晓红, 等. 计算机接口电路的 Simulink 仿真[J] . 系统仿真学报, 2007, 19(6): 1 234-1 237.
- [5] 胡琳静, 孙政顺. Simulink 中自定义模块的创建与封装[J] . 系统仿真学报, 2004, 16(3): 488-491.

Research and Realization of Intel X86 Series CPU Simulator

YE Ji-hua¹, GUO Fan¹, YU Min¹, MA Li-hong², TAO Ling¹

(1. College of Computer Information Engineering, Jiangxi Normal University, Nanchang 330027, China;

2. Department of Communication and Electronic Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: CPU simulators can provide an entrance for understanding function within computer, often used by engineers to verify the correctness of the circuit. It is an effective teaching tool. With the example for CPU circuit executing a program, introduce a method that build X86 cpu simulator circuit using simulink, transferring the subsystem of simulink creates the simulation of circuit, by deleting redundant pins and simplifying circuit, it stands out the high efficiency and veracity by using simulink.

Key words: CPU; simulator; simulation; Simulink

(责任编辑: 冉小晓)