

# VHDL 在数字电路设计中的应用

刘云仙

(浙江科技学院 计算机与电子工程学系,浙江 杭州 310023)

**摘 要:** 硬件描述语言已成为当今以及未来电子设计自动化(EDA)解决方案的核心,特别是对于深亚微米复杂数字系统的设计,硬件描述语言具有独特的作用。本文利用硬件描述语言中的工业标准语言 VHDL,设计了一个空调机控制器电路,并通过仿真实现了预定功能。结果表明,VHDL 在数字电子电路的设计中具有硬件描述能力强、设计方法灵活等优点。

**关键词:** VHDL; 电子设计自动化; 空调机控制器

**中图分类号:** TN431.2; TP39

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1671-8798(2004)03-0167-03

近年来,随着计算机技术和半导体技术的发展,传统的硬件电路设计方法已大大落后于当今技术的发展。一种崭新的、采用硬件描述语言的硬件电路设计方法已经兴起,硬件描述语言是电子设计自动化(EDA)领域的一次重大变革。目前,广泛使用的硬件描述语言有 VHDL(Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language)<sup>[1]</sup>和 Verilog HDL,它们先后被批准为国际标准语言。

利用硬件描述语言 VHDL,数字电路系统可从系统行为级、寄存器传输级和门级三个不同层次进行设计,即上层到下层(从抽象到具体)逐层描述自己的设计思想,用一系列分层次的模块来表示极其复杂的数字系统。然后,利用电子设计自动化(EDA)工具,逐层进行仿真验证,再把其中需要变为实际电路的模块组合,经过自动综合工具转换到门级电路网表。接着,再用专用集成电路(ASIC)或现场可编程门阵列(FPGA)自动布局布线工具<sup>[2~3]</sup>,把网表转换为要实现的具体电路布线结构。目前,这种高层次设计(high-level-design)的方法已被广泛采用<sup>[4]</sup>。据统计,目前在美国硅谷约有 90% 以上的 ASIC 和 FPGA 采用硬件描述语言进行设计。VHDL 的应用已成为当今以及未来 EDA 解决方案的核心,而且是复杂数字系统设计的核心。

笔者以 Max+plus II 软件作为平台的一个空调机控制器的设计为例,谈谈 VHDL 在数字电路设计中的具体应用。

## 1 VHDL 的特点

VHDL 语言主要用于描述数字系统的结构、行为、功能和接口,与其他硬件描述语言相比,VHDL 语言有如下优越之处:① VHDL 语言支持自上而下(Top Down)和基于库(Library-Base)的设计方法,还支持同步电路、异步电路、FPGA 以及其他随机电路的设计;② VHDL 语言具有多层次描述系统硬件功能的能力,可以从系统的数学模型直到门级电路,其高层次的行为描述可以与低层次的 RTL 描述和结构描述混合使用,还可以自定义数据类型,给编程人员带来较大的自由和方便;③ VHDL 对设计的描述具有相对独立性,设计者可以不懂硬件的结构,也不必关心最终设计实现的目标器件是什么;④ VHDL 具有电路仿真与验证

收稿日期: 2004-02-01

基金项目: 浙江省教育厅科研资助项目(20010442)

作者简介: 刘云仙(1965—),女,浙江丽水人,讲师,硕士,主要从事电子技术方面的教学与科研工作。

功能,可以保证设计的正确性,用户甚至不必编写如何测试相量便可以进行源代码级的调试,而且设计者可以非常方便地比较各种方案之间的可行性及其优劣,不需做任何实际的电路实验;⑤ VHDL 语言可以与工艺无关编程;⑥ VHDL 语言标准、规范,易于共享和复用。

## 2 VHDL 的应用实例

实现一个控制器,常用有限状态机方法实现。传统的设计方法主要包括 5 个过程:确定原始状态图,状态简化,状态编码,触发器类型的选择及控制逻辑方程和输出方程的确定,画出电路原理图。采用这种方法设计复杂状态机将会十分繁杂。

利用 VHDL 来设计有限状态机,可以充分发挥硬件描述语言的抽象能力,进行功能描述,而具体的逻辑化简和电路设计可由计算机自动完成,从而提高了设计的工作效率,并且条理清晰,修改起来也更方便,所以很适合复杂时序电路的设计。

应用 VHDL 设计状态机的步骤如下:① 根据系统要求确定状态数量、状态转移的条件和各状态输出信号的赋值,并画出状态转移图;② 按照状态转移图编写有限状态机的 VHDL 程序;③ 利用 EDA 工具进行功能仿真验证;④ 编程下载。

### 2.1 空调机控制器的设计

空调机控制器原理如图 1 所示,它的两个输入来自温度传感器,用于监测室内温度。如果室内温度正常,则 temp\_high 和 temp\_low 均为 '0';如果室内温度过高,则 temp\_high 为 '1',temp\_low 为 '0';如果室内温度过低,则 temp\_high 为 '0',temp\_low 为 '1'。根据 temp\_high 和 temp\_low 的值来决定当前的工作状态,并给出相应的制冷(cool)和制热(heat)输出信号。

根据以上描述,空调机控制器的状态转移如图 2 所示。其中:

$S_0$ ——空调机待机状态;

$S_1$ ——空调机制冷状态;

$S_2$ ——空调机制热状态;

①——temp\_high 和 temp\_low 均为 '0';

②——temp\_low 为 '1';

③——temp\_high 为 '1';

④——reset 为 '1'。

按照上述状态转移图编写 VHDL 程序,编程中采用 case 语句来描述状态的改变,它具有直观、条理清晰及易于修改等特点。也可以采用不同进程来实现状态的改变,所以编程方法多种。

### 2.2 功能仿真

利用 Max+plus II 软件工具对所编程序进行编译、仿真。仿真结果如图 3 所示,当 temp\_low 为 "1",即温度过低,则 heat 为 "1"(制热);当 temp\_high 为 "1",即温度过高,则 cool 为 "1"(制冷)。经综合后的仿真分析表明,该方案是合理可行的。通过仿真后,即可编程下载。

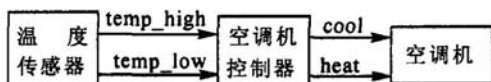


图 1 空调机控制器原理图

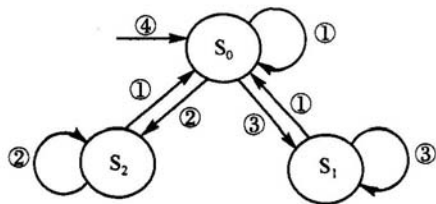


图 2 空调机控制器状态转移图

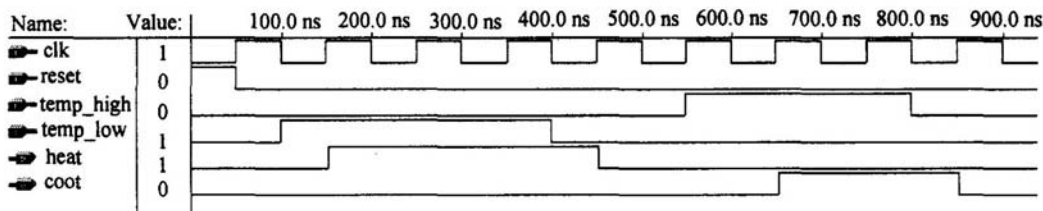


图 3 仿真结果

### 3 结束语

通过对空调器控制器电路的 VHDL 的仿真实现,表明 VHDL 在数字电子电路的设计中具有硬件描述能力强、设计方法灵活、易于修改等特点。随着集成电路技术的高速发展,数字系统迅速朝着更高集成度、超小型化、高性能、高可靠性和低功耗的系统级芯片(SoC, System on Chip)方向发展,从而使可编程 ASIC 的设计逐步向高层设计转移。作为一种重要的高层次设计技术,VHDL 已成为当代电子设计师设计数字硬件时必须掌握的一种方法。

#### 参考文献:

- [1] 洗凯仪. 电子设计自动化中的硬件描述语言[J]. 半导体技术, 2003, (4): 76—78.
- [2] 胡振华. VHDL 与 FPGA 设计[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2003.
- [3] 王 华, 王汝传, 吴 凡. 基于 VHDL 语言的 FPGA 设计[J]. 微型机与应用, 2002, (11): 20—22.
- [4] 胡 剑, 沈绪榜. 部分译码方式桶式移位器及其 VHDL 实现[J]. 微电子学与计算机, 2003, (2): 34—35.

## Application of VHDL in the design of digital circuits

LIU Yun-xian

(Dept. of Computer and Electronics Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** Hardware description language has become the core of the solution scheme for EDA, especially for the design of deep sub-micrometer complex digital systems. An air-condition controller circuit was designed by use of a kind of industrial standard hardware description language called VHDL. The proposed function was realized through simulation. The results show that VHDL has the properties of strong hardware description ability, flexibility in design method, etc.

**Key words:** VHDL; EDA; air-condition controller