

# FPGA 的结构原理及在交流伺服电机中的应用

朱丽萍, 何志伟, 黄少先 (华南理工大学电力学院, 广州市 510640)

**摘要:** 现场可编程门阵列(FPGA—Field Programmable Gate Array)是新型的大规模集成逻辑器件。它采用高级计算机辅助设计技术进行器件的开发与设计,其优越性大大超过普通TTL集成门。重点介绍了FPGA的基本组成原理及在交流伺服电机中的应用。

**关键词:** 现场可编程门阵列;可配置逻辑块;交流伺服电机

## Structure and Application of FPGA on AC Servo Motors

ZHU Li- Ping, HE Zhi- wei, HUANG Shao- xian

**Abstract:**The FPGA(Field Programmable Gate Array) is a new large- scale integrated logic IC. It is designed by EDA technology, and has superiority over the TTL logic integrated gate. The FPGA principle and application on ac servo motors are introduced emphatically.

**Keywords:** field programmable gate array; assemble logic block; ac servo motors

### 1 引言

FPGA 是新型的大规模可编程数字集成电路器件。它充分利用计算机辅助设计技术进行器件的开发与应用。用户借助于计算机不仅能自行设计专用集成电路芯片,还可在计算机上进行功能仿真和实时仿真,及时发现问题,调整电路,改进设计方案。这样,设计者不必动手搭接电路、调试验证,只须在计算机上操作很短的时间,即可设计出与实际系统相差无几的理想电路。而且,FPGA 器件采用标准化结构,体积小、集成度高、功耗低、速度快,可无限次反复编程,因此,成为科研产品开发及其小型化的首选器件,其应用极为广泛。

### 2 FPGA 的基本组成原理

FPGA 的基本组成与生产厂家有关,不同厂家的器件其结构、工艺技术和编程方法各不相同。目前国内广泛使用 Xilinx 公司生产的 FPGA 器件 XilinxFPGA 采用逻辑单元阵列 (Logic Cell Array—简称 LCA) 结构,其示意图如图 1 所示。

由图 1 可知,XilinxFPGA 由 3 个可编程基本单元阵列组成:输入/输出块(I/O Block—简称 I/OB)阵列,可配置逻辑块(Configurable Logic Block—简称 CLB)阵列及可编程互连网络(Programmable Intercon-

nect—简称 PI)。其中输入/输出块排列在芯片周围,它是可配置逻辑块与外部引脚的接口。可配置逻辑块是 FPGA 的核心,它以矩阵形式排列在芯片中心。每个 CLB 均可实现一个逻辑功能小单元。各 CLB 之间通过互连网络编程连接,以实现复杂的逻辑功能。

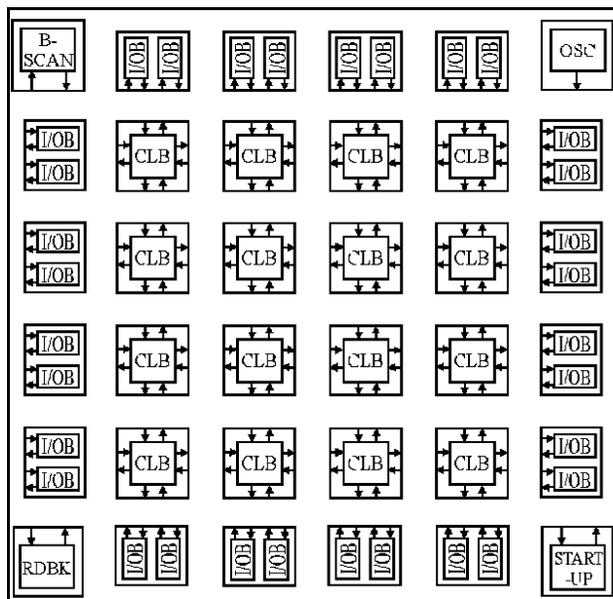


图 1 Xilinx 公司 FPGA 结构图

### 3 FPGA 的开发过程

FPGA 的开发过程依赖于它的软件开发系统,其设计流程如图 2 所示。

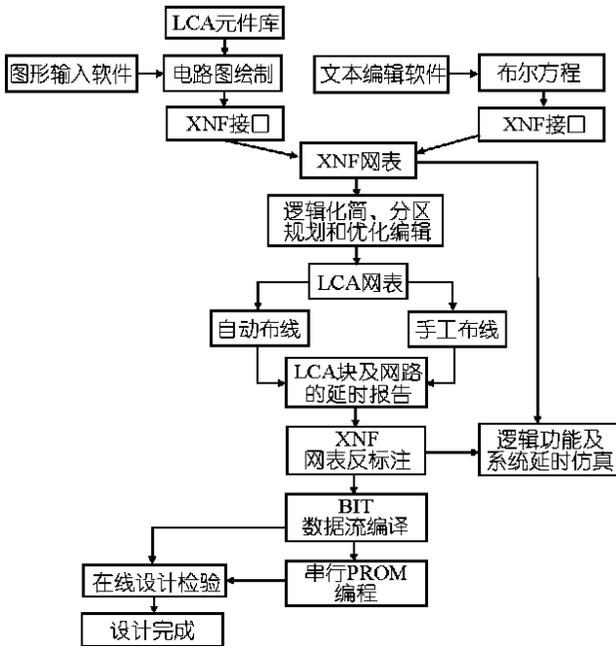


图 2 FPGA 的基本设计流程

由图 2 可知, FPGA 的基本设计流程分为 3 部分: 设计输入、设计实现及设计验证。

### 3.1 设计输入

设计输入是将要实现的逻辑关系以开发系统所支持的方式输入计算机, 这是设计 FPGA 的开始。有多种方法实现设计输入, 最常用的是原理图编辑器。它允许用两种方式进行设计输入:

(1) 图形输入 这种输入方式允许使用元件库中提供的各种常规门电路及逻辑部件(宏单元)设计电路, 并以原理图的方式输入;

(2) 文本输入 这种输入方式允许使用高级可编程逻辑设计语言, 如 VHDL(状态机及硬件描述语言。描述的是电路的行为)、ABEL(一种早期的硬件描述语言, 是一种用语言来描述器件逻辑功能的设计语言)、CUPL(是另一种硬件描述语言)语言等编写输入文件, 也允许直接用布尔方程进行输入。

设计输入的目是要产生一个 XNF(Xilinx Netlist Format)文件, 这是设计实现和设计验证的输入文件。如果同时采用图形输入和文本输入, 则还需要进行归并(XNFMERGE)处理, 以产生一个完整的 XNF 文件。

### 3.2 设计实现

设计实现是设计开发过程的核心, 其主要任务是对归并后的 XNF 文件进行分割、布局 and 布线。分割是把 XNF 文件中的逻辑设计经过化简, 分割成为以

CLB 及 I/OB 为基本单元的逻辑设计。布局是把分割后的逻辑设计分配到 FPGA 的相应 CLB 及 I/OB 位置。布线是对已布局好的 CLB、I/OB 进行连线。Xilinx 开发软件具有自动布局、布线功能, 它能在布局、布线过程中采用一系列优化程序, 找出最佳布局、布线方案。设计实现的最终目的是产生符合设计要求的比特流文件。这是用来为 FPGA 芯片装载的二进制文件。

### 3.3 设计验证

设计验证主要是对电路进行仿真测试。仿真测试包括功能仿真和实时仿真。

功能仿真: 假设信号通过每个逻辑门产生同样的延迟时间(0.1ns), 而通过路径没有延时。这种仿真可测试系统功能是否满足设计要求。

实时仿真: 是在布局布线后进行, 它能按照所选器件的实际延迟时间进行模拟, 主要用来验证系统的时序关系。

设计输入、设计实现和设计验证三个部分交替进行, 最后得到完全满足设计要求的二进制文件。用该文件通过加载电缆或编程 EPROM 对 FPGA 加载, 即可得到用户需要的专用集成电路芯片。

## 4 FPGA 在永磁体交流伺服电机控制中的应用

近年来, 电力电子器件及微处理器的发展为高性能伺服系统提供了实现手段。FPGA 是 Xilinx 公司生产的一种新型可编程逻辑控制器, 随着 TI 公司面向电机控制的新一代 DSP - TMS320LF240 的推出, 由 DSP 及 FPGA 构成的全数字永磁体交流电机的伺服系统如图 3 所示。

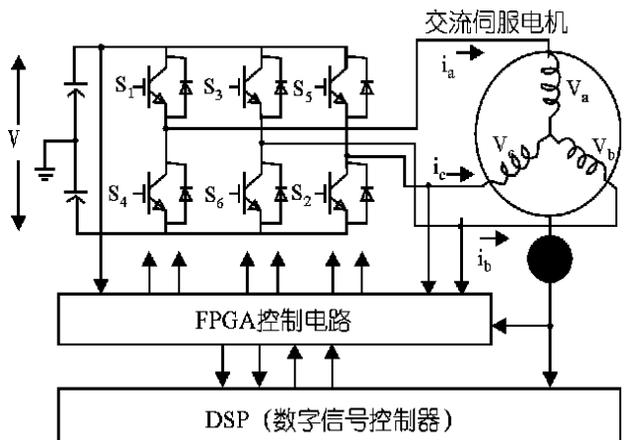


图 3 FPGA 控制交流电机结构图

# 基于程控电路实现 SPWM 控制

路明礼, 吴淑美, 辛伊波 (洛阳工业高等专科学校, 洛阳 471003)

**摘要:** 介绍了一种由 16 位单片机控制的三相 SPWM 控制系统。该系统以先进的 SA4828 芯片为核心, 具有电路结构简单, 全数字控制, 不占用微机资源等优点。给出了接口的硬件电路和程控参数。

**关键词:** 单片机; 正弦脉宽调制 (SPWM)

## The SPWM Control System Using Programming Chip

Lu Ming-li, WU Shu-mei, XIN Yi-bo

(LUOYANG TECHNOLOGY COLLEGE, LUOYANG 471003)

**Abstract:** A SPWM Control System by a Single-chip microcomputer which used SA4828 chip is proposed in this paper, which has the following advantages such as simpler circuit, sheer digitizing and not occupying the time of the microprocessor. The hardware and programming parameters are given.

**Keywords:** Single-chip microcomputer; SPWM

### 1 前言

为了减少谐波影响, 提高电动机的运行性能, 要求采用对称的三相正弦波电源为三相交流电动机供电。实现 SPWM 的基本要求是: (1) 必须实时地计算

出调制波(正弦波)和载波(三角波)的所有交点的时间坐标, 根据计算结果, 有序地控制逆变桥中各逆变器件的“通”和“断”状态; (2) 调节频率时, 调制波和载波的频率要同时改变, 还要使调制波的振幅随频

本系统实现了全数字的三闭环控制。在图 3 所示的基于 TMS320LF240 的永磁体交流电机的控制系统中, 采用 TMS320LF240 作为控制器, 处理采集到的数据和发送控制命令, 即利用它来实现矢量变换、电流环、速度环、位置环控制以及 PWM 信号发生、各种故障保护处理等功能。TMS320LF240 控制器首先通过三个 I/O 端口捕捉电动机上的霍尔元件发出的高速脉冲信号, 检测转子的转动位置, 并根据转子的位置发出相应的控制字来改变 PWM 信号的当前值, 从而改变电机驱动电路中功率管的导通顺序, 实现对电机转速和转动方向的控制; FPGA 除了管理 DSP 和外设的接口外, 还完成 PWM 脉冲的产生和死区的注入, 将 PWM 芯片和死区发生器集成在 FPGA 中, 就可以使 DSP 专注于复杂算法的实现, 而将 PWM 处理交给 FPGA 系统, 使系统运行于准并行处理状态。

### 5 结束语

FPGA 是一种非常有前途的新技术, 很适合于科

研工作中的样机及新产品的开发应用。本文主要是针对 Xilinx 公司的 XC300、XC400 系列 FPGA 及其开发工具来进行讨论的。正确使用 FPGA 的资源及其设计工具, 使之适合 FPGA 体系结构的特点, 对设计结果的影响非常大。

参考文献:

- [1] 王志华. 数字集成系统的结构化设计与高层次综合[M]. 清华大学出版社.
- [2] 黄志军, 张鹏. FPGA/CHLD 结构分析[J]. 微电子学 1998, 28 (5).
- [3] 吴江枫, 吴启迪. 采用 FPGA 技术设计数字控制电路[J]. 航空电子技术 1995, 1. □

作者简介:

朱丽萍 (1974—), 女, 华南理工大学电力学院 2001 级研究生, 研究方向为电机电器及其控制。

何志伟 (1954—) 男, 教授, 研究方向为电机电器故障诊断及现代测试技术。