

# 单片机与嵌入式系统应用

## Microcontrollers & Embedded Systems

2003(7-12)

http://www.dpj.com.cn mcu@publica.bj.cninfo.net

### 合订本

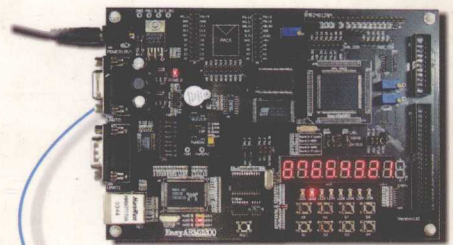
http://www.zlgmcu.com

## 知识可以改变命运 学好ARM就有机会

### 基于μC/OS-II 嵌入式操作系统 EasyARM2200 开发套件

780元

- 基于PHILIPS的开放总线型ARM微控制器LPC2200系列芯片, 采用CPU PACK结构可装LPC2114/2124/2119/2129/2194/2210/2212/2214/2290/2292/2294等微控制器, 随机配置芯片为LPC2210 ARM, 另提供适配器一个, 用户可自行选择ARM芯片焊接;
- 板上扩展了16Mbit的FLASH, 4Mbit高速SRAM, 通过PACK用户可以扩展更多的存储器或外部设备;
- 在线JTAG仿真调试, 支持ADS1.2集成开发环境. 完全自主设计的软硬件, 拥有自主知识产权的JTAG仿真技术, 用户使用没有后顾之忧;
- 具有10M以太网芯片RTL8019AS电路, 可进行TCP/IP实验, 并提供源码;
- USB PACK进行USB通讯实验 (PHILIPS PDIUSB D12), 并提供源码;
- 开放CAN接口, 可选CAN接口模块进行CAN实验, 并提供源码;
- 开放ADC接口, 同时板上有2路电压可调的ADC测量电路;
- 8位LED数码管, 8个按键;
- 使用PC接口键盘及LED驱动器ZLG7290控制;
- 用户I/O接口, 可直接连接IDE硬盘及其CF卡, 并提供源码;
- 具有LCM接口, 直接支持TG240128图形液晶模块, 并提供GUI源码;
- 具有MODEM接口电路, 使用UART1实现MODEM控制, 并提供源码;
- 具有RS232转换电路, 可与上位机进行通讯或ISP操作. 提供基于PC的人机界面, 方便调试实时时钟、串口通信等功能;
- 使用74HC595芯片, 实现SPI接口数据发送、接收实验;
- 具有滤波电路, PWM输出可实现DAC转换功能;
- 除配套提供《ARM微控制器原理与应用》专著之外, 提供详细的文档资料、源程序及技术支持, 为用户使用提供保障。



EasyARM2200开发套件



(随机提供)



(可选配件)

### 三项国内领先的仿真技术

RDI标准接口  
同步Flash刷新技术  
影射寄存器窗口



EasyJTAG仿真器



(配原创专业图书)

原创权威专著  
大量程序源码  
强大的技术支持

## 广州周立功单片机发展有限公司

地址: 广州市天河区北路689号光大银行大厦16楼D2  
 电话: (020) 38730916 38730917  
 38730976 38730977  
 传真: (020) 38730925 邮编: 510630  
 技术支持: (020) 85520995 85539796  
 85541621 85541773  
 85547386 (每条线均可接收传真)

广州专卖店: (020) 87578634  
 北京周立功: (010) 62536178  
 上海周立功: (021) 53083452  
 南京周立功: (025) 83613221  
 成都周立功: (028) 85499320  
 深圳周立功: (0755) 83781768  
 杭州周立功: (0571) 88271834

### 代理商 (诚征各地代理商)

武汉合欣: (027) 87858706  
 北京启东: (010) 82667748  
 深圳慧通: (0755) 83294052  
 上海炜煌: (021) 53081480  
 江西启天: (0791) 6260972  
 福州启东: (0591) 3363562  
 重庆启东: (023) 68790593  
 天津启东: (022) 27412234

西安华海: (029) 83063000  
 沈阳新荣达: (024) 23966006  
 济南历下诚信: (0531) 6123703  
 哈尔滨爱思: (0451) 2588391  
 南京爱思: (025) 84412473  
 长沙启东: (0731) 2237457  
 合肥华杰: (0651) 3663158  
 长春通科教: (0431) 5653784

### 特许分销商

深圳得技通(1): (0755) 61361234  
 深圳得技通(2): (0755) 83661447  
 深圳得技通(3): (0755) 83291449  
 上海得技通(1): (021) 54904533  
 上海得技通(2): (021) 53081472  
 南京得技通(1): (025) 83615784  
 南京得技通(2): (025) 84412638  
 沈阳得技通: (024) 83966339  
 西安得技通: (029) 88221873  
 北京得技通: (010) 62562744

《单片机与嵌入式系统应用》

合 订 本

(2003 年 7~12 期)

《单片机与嵌入式系统应用》杂志社

— 北京 —

《单片机与嵌入式系统应用》合订本 (2003年7~12期)

---

主管单位：国防科学技术工业委员会  
主办单位：北京航空航天大学  
承办单位：北京航空航天大学出版社  
编辑出版：《单片机与嵌入式系统应用》杂志社  
社 长：乔少杰  
主 编：何立民

---

地 址：北京市海淀区学院路37号  
邮 编：100083  
电 话：010-82313656 010-82317029  
传 真：010-82317043  
电子信箱：mcu@publica.bj.cninfo.net mcupress@263.net.cn  
网 址：www.microcontroller.com.cn www.dpj.com.cn  
排 版：本刊照排中心  
印 刷：北京市云西华都印刷厂  
定 价：45.00元

---

# 目 录

## 1 业界论坛

(期,页)

- 1.1 片上系统的总线结构发展现状及前景 .....  
..... 王 飞 孙成立 (11.3)
- 1.2 硬件描述语言 HDL 的现状与发展 .....  
..... 谢 军 (7.5)
- 1.3 嵌入式系统开发要素的选择分析 .....  
..... 胡泽明 岳春生 (8.9)
- 1.4 嵌入式操作系统中的抢占式调度策略 .....  
..... Michael Barr (9.13)
- 1.5 Jini 在分布式嵌入式系统中的应用 .....  
..... 孙晓明 尚利宏 金惠华 (10.14)
- 1.6 MPC555 微控制器与汽车电子 .....  
..... 丁志盛 李 华 孙晓民 (12.19)

## 2 专题论述

- 2.1 微控制器的 GPRS 无线上网\* .....  
..... 黄承安 张 跃 (12.25)
- 2.2 CAN 与以太网数据交换的研究与分析 .....  
..... 刘 滨 耿雪贞 (12.28)
- 2.3 蓝牙关键技术与智能家居 .....  
..... 王 莉 黄光明 赵 丽 (9.31)
- 2.4 基于 8051 内核 SoC 的模拟验证与仿真 .....  
李 杰 王 超 周 桦 邹 勇 (9.34)
- 2.5 嵌入式系统面向低功耗的协同设计 .....  
..... 吴业进 刘 锋 (7.36)
- 2.6 嵌入式系统的系统测试和可靠性评估 .....  
..... 李庆诚 张建华 雷 杨 (8.39)
- 2.7 嵌入式系统中的线性 Flash 文件系统设计 .....  
..... 吴雨俊 (10.42)
- 2.8 硬件密码组件与软件密码组件的比较研究 .....  
..... 秦小龙 (10.46)
- 2.9 嵌入式系统通用的应用软件结构研究 .....  
..... 崔树林 (8.49)
- 2.10 通过任务分割提高嵌入式系统的实时性 .....  
..... 高建平 何 超 赵龙庆 (10.51)
- 2.11 基于先验预知的动态电源管理技术 .....  
..... 赵尔宁 邵高平 (12.54)
- 2.12 一个开放源码的嵌入式仿真环境——SkyEye  
王利明 宋振宇 李 明 陈 渝 (9.57)

- 2.13 VHDL 中 Loop 动态条件的可综合转化\* ...  
..... 朱国魂 周 娅 (9.62)
- 2.14 基于 DSP 芯片的分级分布式管理系统设计  
..... 刘英斐 (7.64)
- 2.15 用单片机实现 SRAM 工艺 FPGA 的加密应用  
..... 刘晓明 谢明钦 王 军 (7.66)
- 2.16 嵌入式 C 语言开发 ADSP21XX 系列 DSP ...  
..... 胡 楷 潘孟春 单庆晓 (8.69)
- 2.17 基于 MSP430 单片机的实时多任务操作系统\* .....  
..... 刘 兵 张庆强 (7.73)
- 2.18 运用 UML 分析设计占先式实时内核 .....  
..... 郑斌宇 宋寅卯 (9.75)
- 2.19 嵌入式 Linux 中多文件系统的构建 .....  
..... 王集森 刘 昊 胡 晨 (12.80)
- 2.20 嵌入式 Linux 的 USB 驱动添加及应用 .....  
..... 万家富 闫荷花 (11.84)
- 2.21  $\mu$ Linux 中红外协议及其实现 .....  
..... 胡晨峰 (11.86)
- 2.22 基于 RT-Linux 防危保障机制的实验模型 ...  
杨 霞 熊光泽 杨仕平 于 逊 (9.90)
- 2.23 CAN 总线位定时参数的确定 .....  
..... 吴 永 (10.94)
- 2.24 基于散列表的单片机快速查找算法\* .....  
..... 邹继军 饶运涛 (11.98)
- 2.25 设备驱动程序通知应用程序的几种方法\* ...  
..... 周正干 李和平 安振刚 (11.101)

## 3 技术纵横

- 3.1 嵌入式 GSM 短信息接口的软硬件设计\* .....  
..... 马 潮 (7.105)
- 3.2 软件无线电中正交数字混频器的设计与硬件实现  
..... 刘玉良 李玲远 (11.109)
- 3.3 VxWorks 下 PC/104-CAN 驱动程序设计 ...  
解月江 秦龙勇 谢拴勤 彭卫东 (7.111)
- 3.4 基于混沌电路设计阵列触觉传感器的采集系统  
..... 邓重一 (7.114)
- 3.5 ECP 协议及在 SX52BD 与 PC 机间通信的实现  
..... 易韦韦 (7.117)
- 3.6 基于 Z85C30 的多协议串行通信设计 .....  
..... 任续渊 (10.119)
- 3.7 一种用于单片机的红外串行通信接口 .....  
..... 柏 军 胡 屏 (8.122)

※为网络补充版,相关内容到本刊网站(www.dpj.com.cn)上下载。

3.8	串口通信星型联接的 CPLD 实现 .....	梁义海 乔卫民 王彦瑜 敬 岚 (11.125)
3.9	基于 W77E58 双串口通信的监控系统 .....	刘慧文 苏建徽 (11.128)
3.10	模拟 I <sup>2</sup> C 总线多主通信的通用软件包* .....	张冬梅 潘仕彬 何为民 (12.131)
3.11	数字滤波器的 MATLAB 设计与 DSP 上的实现 .....	郑佳春 (7.133)
3.12	在 TM1300 上实现 H.26L 的 4×4 点整数变换 .....	段汉文 黄晓杰 (8.136)
3.13	TMS320F24x 的实时多中断任务处理* .....	张 琴 向先波 (12.138)
3.14	TMS320VC5402 的 Flash 并行 Bootloader 技术 .....	陈红梅 陈 健 (11.142)
3.15	通过 JTAG 口对 DSP 外部 Flash 存储器的在线编程 .....	夏 爽 (8.146)
3.16	基于 DSP 平台的 USB 接口设计 .....	汤金宽 吴裕冰 曹丹华 (12.149)
3.17	EZ-USB 接口设备的软配置技术 .....	吴从中 (12.153)
3.18	3-DES 算法的 FPGA 高速实现 .....	何 斌 何大可 (8.155)
3.19	异步 FIFO 结构及 FPGA 设计 .....	吴自信 张嗣忠 (8.158)
3.20	软键盘产品界面显示的通用程序设计 .....	章小莉 宋燕红 王佳宁 (8.161)
3.21	将 AT89C52 用作多功能外围器件使用* .....	过幼南 (9.165)
3.22	AVR 单片机 CRC 校验码的查表与直接生成* .....	王 泉 齐春 罗新民 黄 伟 马旭东 (9.169)
3.23	AVR 单片机的 RC5 和 RC6 算法比较与改进 .....	王 泉 齐春 罗新民 黄 伟 马旭东 (10.171)
3.24	一种基于比特表的实时多任务新调度算法 .....	张 颀 龚龙庆 (9.175)
3.25	EPP 模式 500ksps 数据采集接口 .....	王效东 (9.178)
3.26	KEIL RTX51 TINY 内核的分析与应用 .....	刘五宏 (10.181)
3.27	μC/OS-II 的任务切换机理及中断调度优化 .....	倪 敏 周怡珺 杨继堂 (10.185)
3.28	在 μClinux 环境下实现虚拟局域网 .....	王小英 赵 海 郭成广 关 沫 张文波 (12.189)

## 4 新器件新技术

4.1	单片机与 DSP 结合的 dsPIC 芯片 .....	陈翔宇 江 和 (7.195)
4.2	PicoBlaze 处理器 IP Core 的原理与应用* .....	温广翔 徐 欣 (12.197)
4.3	通用异步收发芯片 SCC2691 的原理及应用* .....	于立萍 (7.200)
4.4	UART 多串口扩展器 SP2338DP 及其应用* .....	孟 臣 李 敏 (7.203)
4.5	极低功耗无线收发集成芯片 CC1000 .....	徐宏宇 (7.205)
4.6	模拟视频转换接口器件及应用设计 .....	胡君杰 林东贵 胡 冰 (7.208)
4.7	UM3758-108 编/解码器在串行通信中的应用 .....	康钦马 王 闯 (8.212)
4.8	高精度时钟芯片 SD2001E 及其应用 .....	李 敏 孟 臣 (10.214)
4.9	基于实时时钟芯片 X1228 的电源控制器设计 .....	袁静萍 (9.218)
4.10	内含标准字库的中文液晶模块 OCMJ5X10 .....	孟 臣 李 敏 (12.222)
4.11	串行接口中文图形点阵液晶显示模块的应用 .....	李 敏 孟 臣 (8.226)
4.12	VFD 显示模块 128S64AA1 及其应用 .....	曲金鹏 龚建辉 凌志浩 (10.230)
4.13	带以太网口的中西文 VFD 字符显示器 .....	沈红星 (8.233)
4.14	3G 无线多媒体技术的 OMAP161x 平台 .....	林 峰 于 滢 李小红 (11.234)
4.15	数字式温湿度传感器 SHT15 及其应用* .....	李 敏 孟 臣 (11.238)
4.16	单片 K 型热电偶放大与数字转换器 MAX6675 .....	李 敏 孟 臣 (9.241)
4.17	利用 FPGA 实现 MMC2107 与 SDRAM 接口设计 .....	陈 琳 蒋烈辉 马鸣锦 周 超 (8.245)
4.18	基于 PPP 的 TMS320C6x 嵌入式网络接口设计 .....	顾 诚 罗 建 (8.250)
4.19	Trimedia DSP 芯片 JTAG 接口的仿真器设计 .....	崔文杰 唐慧明 (9.252)
4.20	基于 TH71101 的 FSK/ASK 数字接收电路设计 .....	唐 冬 黄智伟 吕明霞 (10.255)
4.21	用 ST72141 实现无刷直流电机的控制 .....	万 诚 (10.258)

- 4.22 在测控系统中用 IP 核实现 D/A 转换 ..... 李艳萍 (10.261)
- 4.23 全功能异步收发器与 DSP 的 SPI 接口技术 ..... 唐冰 周勇 骆云志 王峰 赖春强 (11.264)
- 4.24 基于 MB90F543 微控制器的双 CAN 冗余设计\* ..... 莫传孟 林彦凯 冯晓云 (11.268)
- 4.25 TMS320F2812 内嵌 eCAN 模块的 CAN 总线通信 ..... 吴俊 刘和平 (11.271)
- 4.26 基于 Nios 平台的光信号采集片上系统设计 ..... 范江 吴军辉 徐立鸿 (12.274)
- 4.27 基于 TRAC 器件的锁相环设计研究 ..... 陈文光 饶益花 (12.278)
- 4.28 SA9904B 在电力参数远程测控系统中的应用 ..... 熊勇 李桂桦 陈星扩 (12.282)

### 5 应用天地

- 5.1 在 VxWorks 下实现 NAT/NAPT 的方法 ..... 刘燕华 林立志 (7.289)
- 5.2 基于嵌入式 Linux 的 BACnet 控制器软件设计 ..... 许永喜 惠晓实 刘贤德 (8.292)
- 5.3 由 ARM 与  $\mu$ Clinux 构建的嵌入式 Web Server ..... 刘军 林安 (11.295)
- 5.4 基于嵌入式 Linux 的 HDTV 码流发生器 ..... 冷高峰 于振生 杜蓓蓓 (12.299)
- 5.5  $\mu$ C/OS-II 在凌阳单片机 SPCE061A 上的移植 ..... 张利 桑伟 张立 (8.303)
- 5.6  $\mu$ C/OS-II 在 MB90543 上的移植 ..... 林彦凯 莫传孟 冯晓云 (9.305)
- 5.7  $\mu$ C/OS-II 在配电监测终端仪表中的应用 ..... 历宝忠 王剑 胡珂 (7.308)
- 5.8 利用 MC68HC908 开发 Pocket PC 掌上电脑外设 ..... 曾鸣 刘慧银 (7.310)
- 5.9 基于 MSP430 的计算机认证系统设计 ..... 高娟 刘作学 徐冬前 (11.314)
- 5.10 使用 TEMIC 感应卡技术的智能电子门锁系统 ..... 何海曦 林岩 谢丽萍 (7.318)
- 5.11 商店无人值守远程自动报警与查询系统 ..... 谢孝良 (7.321)
- 5.12 配电变压器参数的 GPRS 网络远程监测系统 ..... 叶力勤 罗飞 熊勇 (10.325)
- 5.13 采用 USBN9602 的数据采集系统设计 ..... 张雄希 何嘉斌 (8.329)
- 5.14 带 USB 接口的电子巡更系统的设计 ..... 魏廷库 刘晓胜 王锡仲 (9.332)
- 5.15 基于 USB 和多线程的实时数据采集系统\* ..... 刘滨 孙睿 (9.335)
- 5.16 便携式、低功耗体电信号采集存储系统研究 ..... 王海军 卜祥元 安建平 (8.339)
- 5.17 用 PIC16F877 构成的二线制温度变送器 ..... 李欣 徐军 (9.342)
- 5.18 数字温度测控芯片 DS1620 的应用\* ..... 桑会平 崔琪林 (12.347)
- 5.19 基于 RTOS 的智能交通灯设计方法 ..... 董云龙 王念春 张颖 (10.350)
- 5.20 基于 89C51 的计算机可锁定加密键盘设计 ..... 周建斌 刘红军 (10.353)
- 5.21 一种简单串行鼠标控制的单片机实现 ..... 刘迎春 牟金秀 毕宏彦 (10.357)
- 5.22 用 SPCE061A 单片机构成的控制式计热表 ..... 陆伟 叶新华 (10.359)
- 5.23 基于模糊控制的水温自动调节器 ..... 雷建龙 (8.362)
- 5.24 由蓝牙模块实现的智能家庭网关 ..... 卢伟国 童明傲 (11.365)
- 5.25 蓝牙技术在音频网关中的应用 ..... 殷伟凤 徐君国 刘高平 (12.369)
- 5.26 C8051F041 在智能功率柜中的应用 ..... 李春龙 杨梅 刘立新 (12.372)
- 5.27 基于 DSP 的扩展卡尔曼滤波直流无刷电机控制 ..... 陈昊 (11.375)

### 6 经验交流

- 6.1  $\mu$ C/OS-II 在 C8051F 上的移植\* ..... 江平新 容太平 (9.383)
- 6.2  $\mu$ C/OS-II 在 AT89C51 上的移植\* ..... 易金生 徐爱钧 冯金栋 (11.384)
- 6.3  $\mu$ C/OS-II 在 AT91X40 单片机上的移植\* ..... 胡友水 (12.385)
- 6.4 实时操作系统  $\mu$ C/OS-II 下 TCP/IP 协议栈的实现\* ..... 杨晔 (7.387)
- 6.5  $\mu$ C/OS-II 在 MPC555 微控制器上的应用 ..... 张杨 孙晓民 王延君 (8.391)
- 6.6  $\mu$ Clinux 的内核裁减及在 Evaluator-7T 上的移植\* ..... 李明 (9.393)
- 6.7 基于 S3C44B0X 的  $\mu$ Clinux 的移植\* ..... 刘安昱 温晓辉 刘志红 (12.396)
- 6.8 Linux 下 51 汇编器的设计及实现 ..... 储鹤 (10.401)
- 6.9 Linux 中基于 EP7312 的 LCD 驱动程序设计 ..... 康慨 姜波 (11.403)



- 6.10 Linux 下实时定时器的实现及应用 ..... 邹涛 (8.406)
- 6.11 Linux 嵌入式设备与 PC 机串口通信的设计 ..... 陈容 吴贵清 郑善贤 (9.407)
- 6.12 51 系列汇编程序设计的优化 ..... 李德兵 (8.409)
- 6.13 8051 单片机开发工具 DIY\* ..... 刘楚浩 (12.410)
- 6.14 C 语言高效编程的几招 ..... 丁学 (9.413)
- 6.15 环形缓冲区读写操作的分析与实现 ..... 韩明峰 (12.416)
- 6.16 AD $\mu$ C812 数据采集精度的软件提高方法 ..... 冯金栋 徐爱钧 易金生 (8.418)
- 6.17 提高 1-wire 总线器件驱动能力的方法\* ..... 朱立强 (11.420)
- 6.18 DSP 软件编程经验浅谈 ..... 陈红梅 陈健 (11.422)
- 6.19 TMS320C6000 系列 DSP 的 C 代码优化方法 ..... 纪铁军 任丽军 赵爱明 (7.425)
- 6.20 任意长度信息序列的 CRC 快速算法 ..... 刘小汇 王飞雪 (10.427)
- 6.21 多单片机系统中的数据交换 ..... 刘刚 (9.429)
- 6.22 PIC16F87X 的程序设计技巧 ..... 陈新建 盛春花 武锋 (10.431)
- 6.23 多任务环境下的看门狗问题 ..... 于连庆 (10.434)
- 6.24 用嵌入式系统的 SPI 模块实现 I<sup>2</sup>C 总线通信\* ..... 池锋 常越 (11.435)
- 6.25 DS18B20 串行通信误码的解决办法 ..... 宋寅卯 高卫民 (8.436)
- 6.26 对单片机片外 RAM 读写操作的探讨 ..... 李维坚 (11.438)
- 6.27 51 单片机系统中的触摸屏坐标算法 ..... 程凯 杨晓 (8.440)
- 6.28 单片机 P2 口总线/口线的复用技术 ..... 郝丽宏 林凌 李刚 李树靖 (7.441)
- 6.29 DS1302 数据寄存器的灵活应用\* ..... 李杰 (7.443)
- 6.30 CY7C63001 的 PS/2—USB 键盘转接设备设计 ..... 孙兆华 (7.444)
- 6.31 用 C8051F 构成的采集与控制系统\* ..... 李春树 (7.447)
- 6.32 提高 DS1631 温度传感器精度的方法 ..... 李文印 李晓林 周斌 刘宇 (8.449)
- 6.33 对《汉字的动态编码与显示方案》的一点改进 ..... 吕治安 肖艳萍 (9.451)
- 6.34 SED1335 显示“雪花”现象的解决方案 ..... 周隽 蒋振东 (10.453)
- 6.35 BC7281 芯片应用中的若干问题\* ..... 李刚 丁茹 叶文字 (12.455)

## 7 学习园地

- 7.1 基于 ARM 的嵌入式系统程序开发要点(一)  
——嵌入式程序开发基本概念 ..... 费浙平 (8.461)
- 7.2 基于 ARM 的嵌入式系统程序开发要点(二)  
——系统的初始化过程 ..... 费浙平 (9.465)
- 7.3 基于 ARM 的嵌入式系统程序开发要点(三)  
——如何满足嵌入式系统的灵活需求 ..... 费浙平 (10.469)
- 7.4 基于 ARM 的嵌入式系统程序开发要点(四)  
——异常处理机制的设计 ..... 费浙平 (11.473)
- 7.5 基于 ARM 的嵌入式系统程序开发要点(五)  
——ARM/Thumb 的交互工作 ..... 费浙平 (12.478)
- 7.6 基于 ARM 的嵌入式系统程序开发要点(六)  
——开发高效程序的技巧 ..... 费浙平 (2004.1.481)

## 8 产业技术与信息

- 8.1 全新 DVD 处理器推动单片 DVD—AV 接收机问世 ..... Vladimir Mesarovic Konstantions Konstantinides (7.487)
- 8.2 摩托罗拉 SMART GATEWAY 857IAD 参考平台 ..... (7.489)
- 8.3 QUICC Supply 系列: 摩托罗拉 PowerQUICC 微处理器的电源管理解决方案 ..... (8.491)
- 8.4 摩托罗拉 HCS08 系列 8 位微控制器: 满足用户需求带来盈利的解决方案性能高、耗电少, 电池能量长久 ..... (9.493)
- 8.5 摩托罗拉 56F8300 系列混合控制器 (DSP/MCU) 方便易如 16 位 MCU 实现 60MIPS 闪存性能 ..... (10.495)
- 8.6 摩托罗拉功能集成模拟器件: MC33794 及 MC33395 ..... (11.497)
- 8.7 新型单相电能表单片机 MSP430FE42x ..... 梁源 段焕春 (11.499)
- 8.8 合成数字信号控制器提供下一代汽车电子控制系统 ..... (12.501)
- 8.9 研祥 ARK—24000 系列模块单总线温度巡检系统 ..... (12.504)

# 1 业界论坛





# 片上系统的总线结构发展现状及前景

石家庄经济学院 王 飞 孙成立

**摘 要** 片上系统已经成为半导体工业的热点,而开放知识产权的片上系统设计正在走向实用阶段。本文简要介绍开放知识产权的总线设计结构,对比它们之间的异同;说明现在各总线结构存在的问题并对发展前景进行了展望。

**关键词** 片上系统 总线结构 电子设计自动化(EDA)

## 引 言

片上系统是在单芯片上实现全部电子系统的集成,通过使多个设备集成在一个芯片上,实现系统级的功能,减少甚至不再需要外部器件的使用,达到应用功能的快速实现、灵活修改及方便升级。进行片上系统设计时,首先要考虑的问题是系统的体系结构。为了提高开发模块的重复利用率,降低开发成本,用户采用了片上系统(芯片内部)总线。与芯片间总线(如 SPI、I<sup>2</sup>C、UART、并行总线)、板卡间总线(ISA、PCI、VME)、设备间总线(USB、1394、RS232)不同的是,片上系统总线为用户提供了一个堪称“理想”的环境;片上系统模块间不会面临干扰、匹配等传统问题;但是片上系统的时序要求异常严格。

由于 OpenCore 和其它致力于开放知识产权(Open Intellectual Property)的组织的大力推广(开发设计了大量基于标准化片上总线的免费模块),用户在片上系统总线的选择上更倾向于采用那些标准化、开放化的方案。目前,业界采用比较多的标准化、开放化的总线方案包括:IBM 公司的 CoreConnect、ARM 的 AMBA 和 Silicore 公司的 Wishbone。

## 1 三种总线的逻辑结构图及描述

### 1.1 IBM CoreConnect 综述

图 1 是 CoreConnect 的逻辑总线结构图。

从图 1 可以看到 CoreConnect 定义了一个清晰的结构,囊括了所有系统组件和它们之间的连接。它一共设计了 3 种总线和 1 个高性能总线与低性能总线连接的桥,分别是 OPB、PLB、DCR 总线和 OPB 桥。OPB 总线连接外部设备;PLB 总线连接处理器、外部高速缓存和高速存储器,是解决处理器运算瓶颈的总线;DCR 总线将所有连接在 PLB 上的模块通过菊花环的方式进行互联配置,通过它来分配配置信息,减少对 OPB 和 PLB 总线的带宽占用;OPB 桥实现了

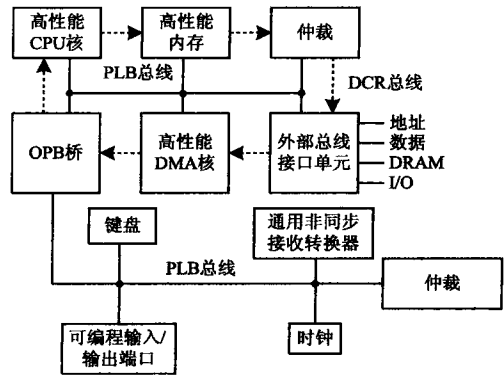


图 1 CoreConnect 逻辑总线结构图

PLB 总线和 OPB 总线的互联。因为 PLB 和 OPB 的性能差异,所以设计中 OPB 桥在 OPB 总线端相当于一个主 OPB 设备,而在 PLB 总线端则相当于一个从 PLB 设备。这样在从 PLB 设备发出信号时,主 OPB 设备就根据它的可接收情况进行分拆、重发等等。

### 1.2 ARM 的 AMBA 综述

图 2 是 AMBA 的逻辑总线结构图。

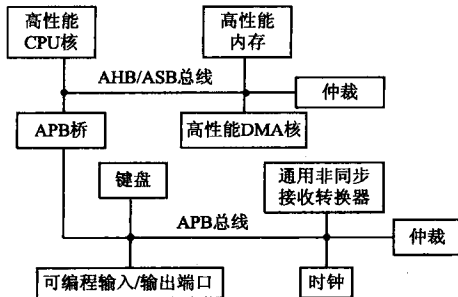


图 2 AMBA 逻辑总线结构图

从图 2 可以看到,AMBA 也设计了 3 种总线结构和 1 个总线之间的桥。不同的是,AHB/ASB 总线是并列的关系。AHB/ASB 总线都是系统总线,都可以实现与高性能设备的高速连接。ASB 总线是 ARM 的第一代系统总线,但是 ARM 还是建议在新

的设计中使用 AHB 总线。这不仅因为 AHB 可以实现更高性能的连接,而且由于 AHB 在使用 ASIC 开发的自动设计工具中整合起来更容易。APB 桥的功能只是减少低性能总线对高性能总线造成的延迟。

### 1.3 Silicore 的 Wishbone 综述

图 3 是 Wishbone 的逻辑总线结构图。

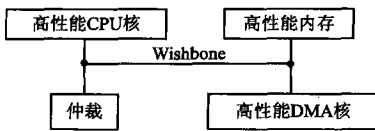


图 3 Wishbone 逻辑总线结构图

图 3 中 Wishbone 的逻辑结构是这三种总线结构中最简单的一种,而且它只定义了一种总线结构——高速总线。如果一个系统既需要高速,也需要低速外部设备总线,则可以提供两个不同的 Wishbone 接口。这样要比设计两个不同的总线接口简单。Wishbone 的用户必须根据具体情况对协议标准进行扩展和详细设计,定义数据顺序和标签的意义。其它的特性和函数同样也可以由用户自行添加。从这个意义上说,Wishbone 更像是给出了一个框架,等待用户提出具体的实现方法和规范。

## 2 分析和对比

所有这三种总线都采用完全同步的方式,以时钟信号为参考,在时钟信号上升沿进行数据驱动或采样。此外,它们在总线操作方式上也基本相同。三种总线最显著的不同之处在于它们具体的性能参数、提供协议的完整性以及对协议应用的严格性。

表 1 主要对 CoreConnect 的 PLB 总线和 AMBA 的 ASP 总线结构作一对比,以便更清楚地看到这两个系统的性能差别。

表 1

	CoreConnect PLB	ARM 的 AMBA2.0 HPB
总线结构	32、64 和 128 位可扩展到 256 位	32、64 和 128 位
数据总线	读、写分离	读、写分离
主要性能	多主功能模块 4 列读管道 2 列写管道 分组传输 突发传输 线性传输	多主功能模块 管道传输 分组传输 突发传输 线性传输
对主功能模块的支持	支持多主功能模块	单主功能模块、APB 桥
桥的功能	支持 PLB 或者 OPB 主功能模块	只支持 APB 主功能模块

还有一个很重要的问题是如何使用。虽然三种总线都声明是免费使用的,但是 IBM 的 CoreConnect

和 ARM 的 AMBA 都要求用户注册,使用中要标明原公司出处。更重要的是,对 IBM 和 ARM 来说总线是免费的,但是连接这些总线的 IP 不是免费的。当然可以自己设计符合以上两种总线标准的 IP,并免费提供给别人使用,但是 IBM 和 ARM 可没有这样做。相反,开放知识产权模块组织 (OpenCoreS.ORG) 将 Wishbone 作为自己开发 SoC 系统采用的总线结构。这在其网站上可以看到。

## 3 结论

从这三种结构上我们可以看到,它们的设计程度是重、中、轻三个等级。IBM 的 CoreConnect 是重度设计,适合复杂和高端的应用,需要遵守严格的操作协议;ARM 的 AMBA 是中度设计,适合较复杂的应用,需要遵守较简单的操作协议;而 Wishbone 是轻度设计,适合较简单、灵活、增加自己定义部分的应用,使用是完全免费的。

IBM 的先天优势使得 CoreConnect 能在业界长期存在,即便它不被广泛接受。由于 ARM 的大力推广和 AMBA 自身的技术特性,这种总线协议会在大多数应用领域被更多的设计者采用;而由于 OpenCoreS 组织的大力支持,Wishbone 总线也将在比较长的时间内,在自由设计者和中小型 EDA 企业中占据主导地位。

### 参考文献

- 1 ARM Corp. AMBA. [http://www.arm.com/sitearchitek/armtech.ns4/html/amba?OpenDocument&style=SoC\\_Customization](http://www.arm.com/sitearchitek/armtech.ns4/html/amba?OpenDocument&style=SoC_Customization)
- 2 IBM Corp. CoreConnect. <http://www.chips.ibm.com/products/coreconnect/>
- 3 Silicore Corp. WISHBONE. <http://www.silicore.net/pdfiles/wishbone.pdf>

- 4 OpenCores. <http://www.opencores.org>

# 硬件描述语言 HDL 的现状与发展

中国航空无线电电子研究所 谢 军

**摘 要** 从数字系统设计的性质出发,结合目前迅速发展的芯片系统,比较、研究各种硬件描述语言;详细阐述各种语言的发展历史、体系结构和设计方法;探讨未来硬件描述语言的发展趋势,同时针对国内 EDA 基础薄弱的现状,在硬件描述语言方面作了一些有益的思考。

**关键词** ASIC 硬件描述语言 HDL Verilog HDL VHDL SystemC Superlog 芯片系统 SoC

## 引 言

硬件描述语言 HDL 是一种用形式化方法描述数字电路和系统的语言。利用这种语言,数字电路系统的设计可以从上层到下层(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。接下去,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,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(high-level-design)的方法已被广泛采用。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。

硬件描述语言 HDL 的发展至今已有 20 多年的历史,并成功地应用于设计的各个阶段:建模、仿真、验证和综合等。到 20 世纪 80 年代,已出现了上百种硬件描述语言,对设计自动化曾起到了极大的促进和推动作用。但是,这些语言一般各自面向特定的设计领域和层次,而且众多的语言使用户无所适从。因此,急需一种面向设计的多领域、多层次并得到普遍认同的标准硬件描述语言。20 世纪 80 年代后期,VHDL 和 Verilog HDL 语言适应了这种趋势的要求,先后成为 IEEE 标准。

现在,随着系统级 FPGA 以及系统芯片的出现,软硬件协调设计和系统设计变得越来越重要。传统意义上的硬件设计越来越倾向于与系统设计和软件设计结合。硬件描述语言为适应新的情况,迅速发展,出现了很多新的硬件描述语言,像 Superlog、SystemC、Cynlib C++ 等等。究竟选择哪种语言进行设计,整个业界正在进行激烈的讨论。因此,完全有必要在这方面做一些比较研究,为 EDA 设计做一些有意义的工作,也为发展我们未来的芯片设计技术打好

基础。

## 1 目前 HDL 发展状况

目前,硬件描述语言可谓是百花齐放,有 VHDL、Superlog、Verilog、SystemC、Cynlib C++、C Level 等等。虽然各种语言各有所长,但业界对到底使用哪一种语言进行设计,却莫衷一是,难有定论。

而比较一致的意见是,HDL 和 C/C++ 语言在设计流程中实现级和系统级都具有各自的用武之地。问题出现在系统级和实现级相连接的地方:什么时候将使用中的一种语言停下来,而开始使用另外一种语言?或者干脆就直接使用一种语言?现在看来得出结论仍为时过早。

在 2001 年举行的国际 HDL 会议上,与会者就使用何种设计语言展开了生动、激烈的辩论。最后,与会者投票表决:如果要启动一个芯片设计项目,他们愿意选择哪种方案?结果,仅有 2 票或 3 票赞成使用 SystemC、Cynlib 和 C Level 设计;而 Superlog 和 Verilog 各自获得了约 20 票。至于以后会是什么情况,连会议主持人 John Cooley 也明确表示:“5 年后,谁也不知道这个星球会发生什么事情。”

各方人士各持己见:为 Verilog 辩护者认为,开发一种新的设计语言是一种浪费;为 SystemC 辩护者认为,系统级芯片 SoC 快速增长的复杂性需要新的设计方法;C 语言的赞扬者认为,Verilog 是硬件设计的汇编语言,而编程的标准很快就会是高级语言,Cynlib C++ 是最佳的选择,它速度快、代码精简;Superlog 的捍卫者认为,Superlog 是 Verilog 的扩展,可以在整个设计流程中仅提供一种语言和一个仿真器,与现有的方法兼容,是一种进化,而不是一场革命。

当然,以上所有的讨论都没有提及模拟设计。如果想设计带有模拟电路的芯片,硬件描述语言必须有模拟扩展部分,像 Verilog HDL - A,既要求能够描

述门级开关级,又要求具有描述物理特性的能力。

## 2 几种代表性的 HDL 语言

### 2.1 VHDL

早在 1980 年,因为美国军事工业需要描述电子系统的方法,美国国防部开始进行 VHDL 的开发。1987 年,由 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)将 VHDL 制定为标准。参考手册为 IEEE VHDL 语言参考手册标准草案 1076/B 版,于 1987 年批准,称为 IEEE 1076-1987。应当注意,起初 VHDL 只是作为系统规范的一个标准,而不是为设计而制定的。第二个版本是在 1993 年制定的,称为 VHDL-93,增加了一些新的命令和属性。

虽然有“VHDL 是一个 4 亿美元的错误”这样的说法,但 VHDL 毕竟是 1995 年以前唯一被制订为标准的硬件描述语言,这是它不争的事实和优势;但同时它确实比较麻烦,而且其综合库至今也没有标准化,不具有晶体管开关级的描述能力和模拟设计的描述能力。目前的看法是,对于特大型的系统级数字电路设计,VHDL 是较为合适的。

实质上,在底层的 VHDL 设计环境是由 Verilog HDL 描述的器件库支持的,因此,它们之间的互操作性十分重要。目前,Verilog 和 VHDL 的两个国际组织 OVI、VI 正在筹划这一工作,准备成立专门的工作组来协调 VHDL 和 Verilog HDL 语言的互操作性。OVI 也支持不需要翻译,由 VHDL 到 Verilog 的自由表达。

### 2.2 Verilog HDL

Verilog HDL 是在 1983 年,由 GDA(GateWay Design Automation)公司的 Phil Moorby 首创的。Phil Moorby 后来成为 Verilog-XL 的主要设计者和 Cadence 公司的第一合伙人。在 1984~1985 年,Phil Moorby 设计出了第一个名为 Verilog-XL 的仿真器;1986 年,他对 Verilog HDL 的发展又作出了另一个巨大的贡献:提出了用于快速门级仿真的 XL 算法。

随着 Verilog-XL 算法的成功,Verilog HDL 语言得到迅速发展。1989 年,Cadence 公司收购了 GDA 公司,Verilog HDL 语言成为 Cadence 公司的私有财产。1990 年,Cadence 公司决定公开 Verilog HDL 语言,于是成立了 OVI(Open Verilog International)组织,负责促进 Verilog HDL 语言的发展。基于 Verilog HDL 的优越性,IEEE 于 1995 年制定了 Verilog HDL 的 IEEE 标准,即 Verilog HDL

1364-1995;2001 年发布了 Verilog HDL 1364-2001 标准。在这个标准中,加入了 Verilog HDL-1A 标准,使 Verilog 有了模拟设计描述的能力。

### 2.3 Super log

开发一种新的硬件设计语言,总是有些冒险,而且未必能够利用原来对硬件开发的经验。能不能在原有硬件描述语言的基础上,结合高级语言 C、C++ 甚至 Java 等语言的特点,进行扩展,达到一种新的系统级设计语言标准呢?

Superlog 就是在这样的背景下研制开发的系统级硬件描述语言。Verilog 语言的首创者 Phil Moorby 和 Peter Flake 等硬件描述语言专家,在一家叫 Co-Design Automation 的 EDA 公司进行合作,开始对 Verilog 进行扩展研究。1991 年,Co-Design 公司发布了 SUPERLOG™ 系统设计语言,同时发布了两个开发工具:SYSTEMSIM™ 和 SYSTEMEX™。一个用于系统级开发,一个用于高级验证。2001 年,Co-Design 公司向电子产业标准化组织 Accellera 发布了 SUPERLOG 扩展综合子集 ESS,这样它就可以在今天 Verilog 语言的 RTL 级综合子集的基础上,提供更多级别的硬件综合抽象级,为各种系统级的 EDA 软件工具所利用。

至今为止,已超过 15 家芯片设计公司用 Superlog 来进行芯片设计和硬件开发。Superlog 是一种具有良好前景的系统级硬件描述语言。但是不久前,由于整个 IT 产业的滑坡,EDA 公司进行大的整合,Co-Design 公司被 Synopsys 公司兼并,形势又变得扑朔迷离。

### 2.4 SystemC

随着半导体技术的迅猛发展,SoC 已经成为当今集成电路设计的发展方向。在系统芯片的各个设计中,像系统定义、软硬件划分、设计实现等,集成电路设计界一直在考虑如何满足 SoC 的设计要求,一直在寻找一种能同时实现较高层次的软件和硬件描述的系统级设计语言。

SystemC 正是在这种情况下,由 Synopsys 公司和 CoWare 公司积极响应目前各方对系统级设计语言的需求而合作开发的。1999 年 9 月 27 日,40 多家世界著名的 EDA 公司、IP 公司、半导体公司和嵌入式软件公司宣布成立“开放式 SystemC 联盟”。著名公司 Cadence 也于 2001 年加入了 SystemC 联盟。SystemC 从 1999 年 9 月联盟建立初期的 0.9 版本开始更新,从 1.0 版到 1.1 版,一直到 2001 年 10 月推出了最新的 2.0 版。

### 3 各种 HDL 语言的体系结构和设计方法

#### 3.1 SystemC

所有的 SystemC 都是基于 C++ 的;图 1 中的上层构架都是很明确地建立在下层的基础上;SystemC 内核提供一个用于系统体系结构、并行、通信和同步时钟描述的模块;完全支持内核描绘以外的数据类型、用户定义数据类型;通常的通信方式,如信号、FIFO,都可以在内核的基础上建立,经常使用的计算模块也可以在内核基础上建立;如果需要,图 1 中较低层的内容不依赖上层就可以直接使用。

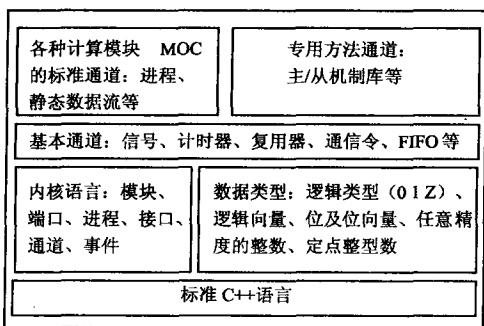


图 1 SystemC 体系结构

实际使用中, SystemC 由一组描述类库和一个包含仿真核的库组成。在用户的描述程序中, 必须包括相应的类库, 可以通过通常的 ANSI C++ 编译器编译该程序。SystemC 提供了软件、硬件和系统模块。用户可以在不同的层次上自由选择, 建立自己的系统模型, 进行仿真、优化、验证、综合等等。

#### 3.2 Super log

Superlog 集合了 Verilog 的简洁、C 语言的强大、功能验证和系统级结构设计等特征, 是一种高速的硬件描述语言。其体系结构如图 2。

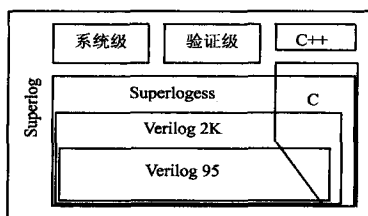


图 2 Super log 体系结构

① Verilog 95 和 Verilog 2K。Superlog 是 Verilog HDL 的超集, 支持最新的 Verilog 2K 的硬

件模型。

② C 和 C++ 语言。Superlog 提供 C 语言的结构、类型、指针, 同时具有 C++ 面对对象的特性。

③ Superlog 扩展综合子集 ESS。ESS 提供一种新的硬件描述的综合抽象级。

④ 强大的验证功能。自动测试基准, 如随机数据产生、功能覆盖、各种专有检查等。

Superlog 的系统级硬件开发工具主要有 Co-Design Automation 公司的 SYSTEMSIM™ 和 SYSTEMEX™, 同时可以结合其它的 EDA 工具进行开发。

#### 3.3 Verilog 和 VHDL

这两种语言是传统硬件描述语言, 有很多的书籍和资料可以查阅参考, 这里不多介绍。

### 4 目前可取可行的策略和方式

按传统方法, 我们将硬件抽象级的模型类型分为以下五种:

◇ 系统级(system)——用语言提供的高级结构实现算法运行的模型;

◇ 算法级(algorithm)——用语言提供的高级结构实现算法运行的模型;

◇ RTL 级(Register Transfer Level)——描述数据在寄存器之间流动和如何处理、控制这些数据流动的模型。(以上三种都属于行为描述, 只有 RTL 级才与逻辑电路有明确的对应关系。)

◇ 门级(gate-level)——描述逻辑门以及逻辑门之间的连接模型。(与逻辑电路有确切的连接关系。以上四种, 数字系统设计工程师必须掌握。)

◇ 开关级(switch-level)——描述器件中三极管和存储节点以及它们之间连接的模型。(与具体的物理电路有对应关系, 工艺库元件和宏部件设计人员必须掌握。)

根据目前芯片设计的发展趋势, 验证级和综合抽象级也有可能成为一种标准级别。因为它们适合于 IP 核复用和系统级仿真综合优化的需要, 而软件(嵌入式、固件式)也越来越成为一个和系统密切相关的抽象级别。

目前, 对于一个系统芯片设计项目, 可以采用的方案包括以下几种:

① 最传统的办法是, 在系统级采用 VHDL, 在软件级采用 C 语言, 在实现级采用 Verilog。目前, VHDL 与 Verilog 的互操作性已经逐步走向标准化, 但软件与硬件的协调设计还是一个极具挑战性的工作, 因为软件越来越成为 SOC 设计的关键。该方案的特点是: 风险小, 集成难度大, 与原有方法完全兼

容,有现成的开发工具;但工具集成由开发者自行负责完成。

② 系统级及软件级采用 Superlog,硬件级和实现级均采用 Verilog HDL 描述,这样和原有的硬件设计可以兼容。只要重新采购两个 Superlog 开发工具 SYSTEMSIM™ 和 SYSTEMEX™ 即可。该方案特点是风险较小,易于集成,与原硬件设计兼容性好,有集成开发环境。

③ 系统级和软件级采用 SystemC,硬件级采用 SystemC 与常规的 Verilog HDL 互相转换,与原来的软件编译环境完全兼容。开发者只需要一组描述类库和一个包含仿真核的库,就可以在通常的 ANSIC++ 编译器环境下开发;但硬件描述与原有方法完全不兼容。该方案特点是风险较大,与原软件开发兼容性好,硬件开发有风险。

## 5 未来发展和技术方向

微电子设计工业的设计线宽已经从  $0.25\mu\text{m}$  向  $0.18\mu\text{m}$  变迁,而且正在向  $0.13\mu\text{m}$  和  $90\text{nm}$  的目标努力迈进。到  $0.13\mu\text{m}$  这个目标后,90% 的信号延迟将由线路互连所产生。为了设计工作频率近  $2\text{GHz}$  的高性能电路,就必须解决感应、电迁移和衬底噪声问题(同时还有设计复杂度问题)。

未来几年的设计中所面临的挑战有哪些? 标准组织怎样去面对? 当设计线宽降到  $0.13\mu\text{m}$ ,甚至更小时,将会出现四个主要的趋势:

- ◇ 设计再利用;
- ◇ 设计验证(包括硬件和软件);
- ◇ 互连问题将决定对时间、电源及噪声要求;
- ◇ 系统级芯片设计要求。

满足未来设计者需要的设计环境将是多家供应商提供解决方案的模式,因为涉及的问题面太广且太复杂,没有哪个公司或实体可以独立解决。实际上,人们完全有理由认为,对下一代设计问题解决方案的贡献,基础研究活动与独立产业的作用将同等重要。

以后,EDA 界将在以下三个方面开展工作。

① 互用性标准。所有解决方案的基础,是设计工具开发过程的组件——互用性标准。我们知道,EDA 工业采用的是工业上所需要的标准,而不管标准是谁制定的。但是,当今市场的迅速发展正在将优势转向那些提供标准时能做到快速适应和技术领先的组织。处于领先的公司正在有目的地向这方面投资,那些没有参加开发这些标准的公司则必须独自承担风险。

② 扩展其高级库格式(ALF)标准,使其包含物理领域的信息,是 EDA 开发商可以致力于解决互连

问题的算法,从而使电路设计者在解决设计收尾工作时,不再受到这个问题的困扰。

③ 制定新的系统级设计语言标准。标准化系统芯片的设计工具和语言,使 SoC 真正达到第三次微电子设计革命浪潮。

## 6 国内发展的战略选择

由于目前 IT 行业不景气,以及 ASIC 设计复杂程度不断增加,各 EDA 公司出现了合并调整的趋势。Synopsys 合了 Avant! 和 Co-Design, Cadence 合了 GDA 等,形成了几大巨头的局面。而各可编程器件厂商,像 Xilinx 和 Altera,也积极与 EDA 紧密合作,因此,我们必须抓住这个时机,全力发展;不然,就要面对以后与垄断巨头进行竞争的事倍功半的不利局面。

针对目前硬件描述语言的发展和国家芯片制造生产的发展战略,国内如何在原 EDA 基础薄弱的情况下迅速发展,使 EDA 成为一个合理、健康而必不可少的产业;将基础研究活动与独立产业的作用合理的结合,建议开展如下方面的工作:

- ① 为了实现我国的芯片设计自主化,必须夯实基础,在结合 VHDL 的基础上,推广 Verilog HDL 设计语言,使硬件设计的底层单元库可以自主研制;
- ② 根据目前芯片系统的发展趋势,对系统级语言进行比较研究,在 Suoerlog、SystemC 等语言中做出选择,并进行相关工具的推广,以及与相关企业进行合作等;
- ③ 深入 HDL 语言的综合和仿真等模型的研究,努力在与国外合作的基础上,建立自主知识产权的 EDA 公司;
- ④ 积极加入 EDA 目前正在进行的标准化工作,做到了解、学习、应用、吸收、参与并重;
- ⑤ 政府积极加入,重视产、学、研的合作,开展卓有成效的发展模式。

### 参考文献

- 1 欧阳坚,等. 系统级芯片设计与 SystemC. 微电子学,2002(6)
- 2 夏宇闻. Verilog 基本知识(上、下). 电子产品世界,2002(10A/B)
- 3 Synopsys. SystemC™ User's Guide (Version 2.0). 2002 年 White Paper
- 4 Synopsys. SystemC Reference Manual Release 2.0. 2001 年 White Paper
- 5 袁俊泉,等. Verilog HDL 数字系统设计及其应用. 西安:西安电子科技大学出版社,2002



- 6 Co-Design. SuperlogV2—Powerful, Fast, Evolutionary Design & Verification Language. <http://www.co-design.com>
- 7 Co-Design. Evolving the Next Design Language. <http://www.co-design.com>

[www.co-design.com](http://www.co-design.com)

- 8 姜立东,等. VHDL 语言程序设计及应用. 北京:北京邮电大学出版社,2001

## 嵌入式系统开发要素的选择分析

郑州解放军信息工程大学 胡泽明 岳春生

**摘要** 主要讨论在嵌入式系统开发中,设计人员如何考虑和选择嵌入式处理器、嵌入式操作系统、调试器、仿真器以及开发人员的技术水平和结构比例等组成要素;同时,以实例说明如何选择这些开发要素。

**关键词** 嵌入式系统 嵌入式处理器 实时操作系统 仿真器 调试器

### 引言

在计算机、互联网和通信技术高速发展的同时,嵌入式系统开发技术也取得迅速发展。这不仅表现在从事嵌入式系统开发研究的人员队伍日益壮大,嵌入式处理器和实时操作系统的性能增强和产品升级换代,更重要的体现在嵌入式技术应用范围的急剧扩大。

嵌入式系统拥有巨大的市场空间,我国应该抓住机遇,与时俱进,奋起直追,在嵌入式系统领域赶超世界先进水平。要达到这个目标,具有一定的现实可行性,这是因为同 PC 机系统相比,嵌入式系统更有自身的特征。在 PC 领域,虽有 AMD 系列处理器和 Linux 操作系统的市场冲击,但是 Win\_Tel (Windows+Intel)体系架构仍占主导地位;可是,嵌入式系统本身是一个相当分散的工业,典型特征是面向用户、面向产品、面向应用的,市场应用才是嵌入式系统开发的导向和前提,在当前的嵌入式市场中不存在垄断的局面。

嵌入式系统包含硬件和软件两部分:硬件架构上以嵌入式处理器为中心,配置存储器、I/O 设备、通信模块等必要的外设;软件部分以软件开发平台为核心,向上提供应用编程接口(API),向下屏蔽具体硬件特性的板级支持包 BSP。嵌入式系统中,软件和硬件紧密配合,协调工作,共同完成系统预定的功能。

对于不同的市场应用类型,嵌入式系统开发中的嵌入式处理器、实时操作系统、仿真器、调试器以及开发队伍的技术水平和结构比例等要素的选择是至关重要的。本文参考一些嵌入式系统开发的资料,结合具体的工程实践经验,系统总结了进行嵌入式系统开发时,如何全面考虑各开发要素并进行选择,最后结合一个具体实例进行详细阐述。

### 1 嵌入式处理器

嵌入式系统的功能软件集成于硬件系统之中,系统的应用软件与硬件一体化。在嵌入式系统的硬件设备中,嵌入处理器是整个系统的核心部件,其性能的好坏直接决定整个系统的运行效果。

PC 机销售市场中,随着通用 CPU 技术的突破和工作频率的倍增,旧款低档 CPU 早已经不见踪迹。嵌入式系统开发面向具体应用,不同领域的应用市场需要不同款式和性能指标的处理器来开发,于是在嵌入式处理器市场中,中低端的 4 位、8 位和 16 位处理器依然存在,高性能的 32 位处理器也有很多产品。随着超大规模集成电路技术和微电子技术发展,包含嵌入式处理器以及部分外围电路的微控制器产品也进入市场,片上系统 SoC(System on Chip)产品也开始出现。这些产品的上市,不仅丰富了嵌入式处理器产品,而且也更加方便了工程技术人员进行嵌入式系统的技术开发和扩大嵌入式产品的应用领域。

由于嵌入式系统应用需求的多样性,市场上基于 RISC 结构的嵌入式处理器提供商也日渐增多。统计数字表明,1999 年底市场销售额排在前三位的公司分别是 ARM、Motorola 和 MIPS,其中 ARM 公司的芯片销售量达 1.5 亿个,市场份额超过 50%。

面对这样的嵌入式处理器市场,开发设计人员应该如何选择呢?这里有两个前提条件。

一是深入研究具体的嵌入式系统应用需求,充分的应用需求分析后获取应用系统的性能指标。面向应用是嵌入式系统的特色,具体的应用需求决定着嵌入式处理器的性能选型。在工业控制等特殊领域,系统需求分析员不仅需要和工作人员、上级主管亲自面谈,而且要到工作现场获取第一手信息,收集充分的资料。应用需求分析后,需要定义产品具备的基本功

能和性能指标,如系统处理的数据量大小和处理实时性要求、系统正常运行时的工作环境、系统运行过程中可能遇到的突发事件、系统的尺寸大小和功耗指标等。

第二个前提条件是,分析研究市场上各大厂商提供的各款嵌入式处理器的性能指标,如功耗、体积、成本、可靠性、速度、处理能力、电磁兼容性等。这些参数也是各个半导体芯片厂商之间竞争的热点。

开发人员通过应用需求分析获取了产品的功能性和非功能性指标,研究了市场上嵌入式处理器的性能参数后,能够对嵌入式处理器作出较好的选择。嵌入式处理器选择的基本原则是满足具体功能性和非功能性指标需求的、市场应用反应良好的、硬件配置最少的嵌入式处理器。如简单的智能仪器仪表设计考虑使用4位或者8位低档单片机8051;和数字信号处理密切相关的选用TI公司的TMX320x系列的DSP(数字信号处理)芯片;如果产品偏重于通信功能,考虑Motorola公司的嵌入式处理器68K系列;如果产品功能比较齐全,可选用嵌入式处理器领域的后起之秀ARM公司的高性能嵌入式处理器ARM芯片系列等。

除了上述的产品性能需求因素,选择嵌入式处理器时也需要考虑开发人员对此系列处理器的熟悉程度。因为不同公司开发的嵌入式处理器差别较大,从一类处理器转移到另一类处理器的难度比同一系列不同处理器间的转移难度大得多,风险多得多。

## 2 实时操作系统

以嵌入式处理器为中心,开发人员搭建好硬件电路时仅提供了裸机运行平台,要使整个系统有限的硬件资源充分利用起来,还需要(嵌入式)实时操作系统RTOS(Real Time Operating System)的软件支持。

RTOS与一般商用多任务OS(如Unix、Windows以及Linux等)有共同的一面,也有不同的一面。商用多任务OS主要目的是方便用户管理计算机资源和追求系统资源的最大利用率;而RTOS重点追求的是实时性、可确定性、可靠性,当然也包括有限资源的管理。一般RTOS内核都很小,在几KB~十几KB之间。流行的RTOS基本上都支持基于优先级的抢占式调度策略和时间片轮转,具有微内核结构,有标准组件可供选用,支持虚拟存储技术和存储保护机制。

由于具体嵌入式应用的功能需求差异以及不同RTOS间不同的性能指标,RTOS的选择有三种方案:一是根据应用需要和公司技术实力,考虑自主开发研究(国内手机厂商宁波波导公司部分款式的手机

操作系统就是自主开发的);二是充分考虑系统需求和流行RTOS的性能指标及性价比选择商用RTOS,如WinCE、VxWorks等;三是考虑嵌入式Linux(RT\_Linux),RT\_Linux是开放源代码的免费自由软件,互联网技术论坛较多,具备较好的裁减性以支持不同的应用范畴。

当前全球范围内商用RTOS多达200多种,应用领域的多样性使得市场反应较好的也将近有十几种,如VxWorks、pSOS、Nucleus、QNX、WinCE以及中科院软件研究中心研制的Hopen等。这些不同名称的RTOS,核心软件差异微妙而且难以琢磨,选择时重点是考虑它们的性能评价指标,主要包括调度算法、RTOS本身内存开销、RTOS内存管理模式、最大中断禁止时间和最大任务切换时间。当然,也包括RTOS的购买成本和提供的技术支持等相关因素。针对实时性要求较高的应用,需要重点考虑RTOS的最大中断禁止时间和最大任务切换时间。这两个参数越小越好。减小这两个参数值,除了选用较高工作主频的嵌入式处理器外,还和RTOS本身任务调度和中断处理机制密切相关。

选择RTOS时,通常还要考虑系统功能方面支持何种处理器硬件平台,何种API,是否支持核心态用户态、是否支持内存管理单元MMU、可移植性、调试支持、标准支持等。如果开发网络应用,还需要考虑该RTOS是否支持TCP/IP的网络组件和I/O服务等。如果开发游戏和娱乐市场,要着重研究该RTOS对多媒体的支持能力。市场应用需求的多样性,使得RTOS本身应该支持用户自定义能力,根据应用需要在微内核的基础上选用标准组件。

## 3 仿真器和调试器

调试是嵌入式系统开发过程的重要环节。嵌入式系统开发调试和一般PC系统开发调试有较大差别。在一般PC机系统开发中,调试器和被调试程序是运行在相同的硬件和软件平台上的两个进程,调试器进程通过操作系统专门提供的调试接口控制和访问被调试进程。而在嵌入式系统中,调试器是运行在桌面操作系统上的应用程序,被调试程序是运行在基于特定硬件平台的操作系统,两个程序间需要实时通信。

嵌入式系统调试时,主机上运行的集成开发调试工具(调试器)通过仿真器和目标机相连。仿真器处理宿主机和目标机之间所有的通信,这个通信口可以是串口、并行口或者高速以太网接口。仿真器通过JTAG口和目标机相连。三者间的关系如图1所示。