



PIC 单片机

易学通

三恒星科技 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

PIC 单片机易学通 / 三恒星科技编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006.7

ISBN 7-115-14362-5

I. P... II. 三... III. 单片微型计算机, PIC6F877 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 041152 号

内 容 提 要

本书是指导初学者学习 PIC 单片机的入门书。PIC16F877 具有 Flash 编程功能, 非常适合教学和进行新产品开发, 是目前广泛应用的一种 PIC 单片机, 特别适合作为初学者学习 PIC 单片机的入门选择。本书通过 PIC16F877 单片机的开发过程来讲解 PIC16F877 单片机的相关知识。最后精选了几个典型的应用实例, 并给出详细的实验过程, 以加深读者对知识点的理解。

本书内容丰富、结构清晰、语言简练、实例众多, 不仅可以作为 PIC 单片机初学者的学习和参考用书, 也可作为各大、中专院校相关专业和 PIC 单片机培训班的教材。

本书配套光盘包括所有实例的素材和多媒体教学软件, 并配以语音同步讲解, 能够更好地帮助读者快速掌握 PIC 单片机的应用方法。

PIC 单片机易学通

◆ 编 著 三恒星科技

责任编辑 张 伟

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 800×1000 1/16

印张: 15.5

彩插: 1

字数: 328 千字

2006 年 7 月第 1 版

印数: 1—5 000 册

2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14362-5/TN · 2685

定价: 30.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

PIC 单片机易学通

教学光盘使用说明

运行环境:

本光盘可以在 Windows98/2000/XP/2003 操作系统下运行。如果视频不能正常播放,请到网址 <http://www.techsmith.com/download/codecs.asp> 下载 TSCC 视频插件并安装。为了得到最佳的显示效果,建议将显示器分辨率设置为 1024×768 。

使用说明:

1. 把光盘放入光驱后,将自动弹出光盘内容窗口。在【实例】文件夹中,存放了本书涉及到的所有实例源文件。在【MOVIE】文件夹中,存放了本书实例操作过程的视频演示文件,并配有语音讲解。
2. 在弹出的窗口中双击“start.exe”文件,即可运行视频演示教程,如图 1 所示。
3. 单击图 1 所示的主界面,即可进入图 2 所示的章节界面中,在此读者可以根据需要选择要学习的章节内容。



图 1



图 2

4. 在图 2 中,读者可单击前六部分按钮,进入每部分的文字解说部分,如图 3 所示。单击第七部分按钮,进入实例部分,播放需要演示实例的多媒体程序,如图 4 至图 8 所示。

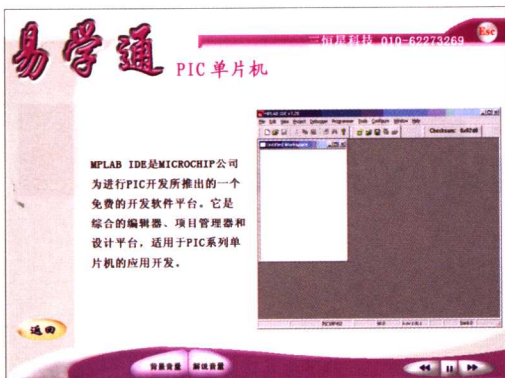


图 3

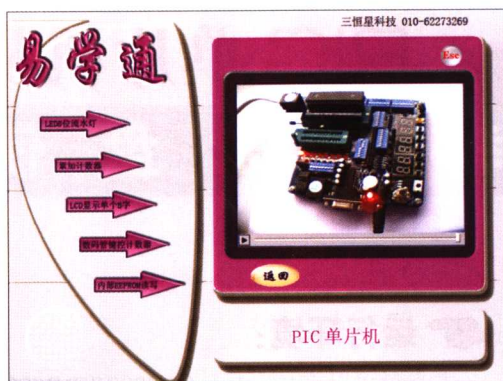


图 4



图 5



图 6

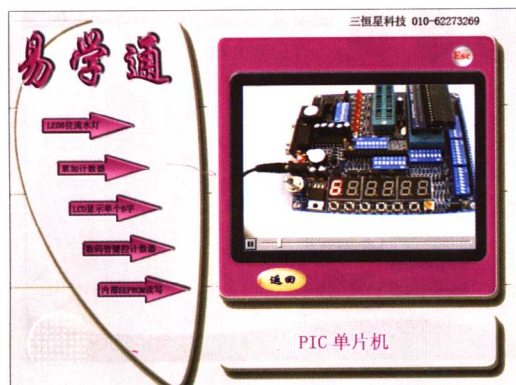


图 7



图 8

👉 建议:

为了使读者能够更加流畅地播放该视频文件,建议读者将光盘中的内容拷贝到电脑的硬盘中使用。

前言

1. PIC16F877 简介

PIC 系列单片机是由美国 Microchip 公司生产的单片机产品, 目前在世界 8 位单片机中销量第一。PIC 系列单片机具有较好的抗干扰性能、简洁的指令集, 所需硬件配置较少, 因此, 在电脑的外设、家电控制、电信通信、智能仪器、汽车电子以及金融电子等各个领域得到了广泛的应用。

PIC16F877 单片机是 Microchip 公司开发的新产品, 具有 Flash 编程的功能, 用户可以直接在单片机上进行如暂停 CPU 执行、观察寄存器内容等操作, 所以非常适合用于教学和进行新产品的开发。PIC16F877 单片机是目前应用最广泛的一种 PIC 单片机。

2. PIC16F877 开发过程

PIC16F877 开发过程可以分为两大步, 一是在 MPLAB 开发环境中完成代码的设计、调试和编译, 如图 1 所示。

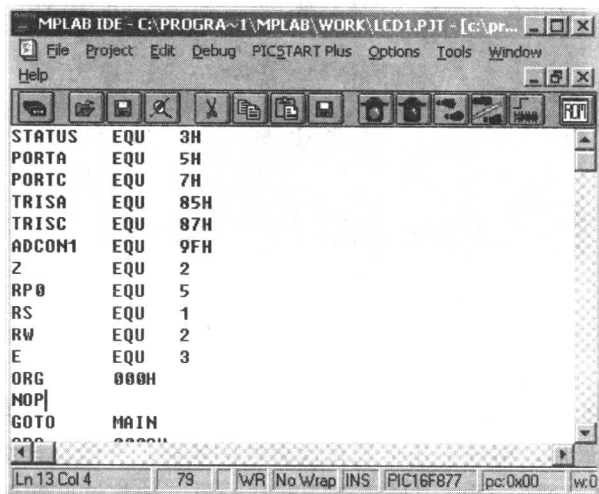


图 1 MPLAB 开发环境

二是把编译好的代码通过在线下载器将程序下载到目标板上进行调试和运行, 如图 2 和

图 3 所示。



图 2 PIC 在线下载器

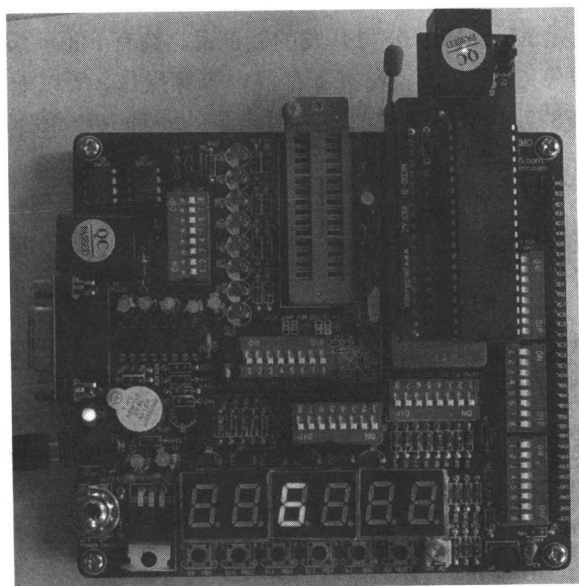


图 3 目标板

3. 本书的特点

本书具有完整的知识结构，书中对所有的知识点进行了细致地讲解，使读者能够将基础知识“学通”；在书的最后，精选了几个具有代表性的实验，并给出详细的实验过程，通过实验，使读者能够达到“用通”，同时引导读者能够举一反三地将这些实例应用到自己的工程实践当中去，使读者达到“精通”。

比较重要的一点是，对在书中比较复杂、难以理解的知识点，我们通过多媒体讲解的方

式展现给读者，对于实例的操作我们则通过视频的方式讲解，这样可以使读者直观地学习和掌握 PIC16F877 单片机的知识，这也是“易学通”系列丛书的特点。

4. 读者对象

本书不仅可以作为电子自动化等相关行业人员以及 PIC 单片机初学者的学习和参考用书，也可作为各大、中专院校相关专业和 PIC 单片机选修课程的教材。

5. 创作人员与致谢

本书主要由刘文涛编写，参加编写的其他人员还有王波波、姜艳波、顾正大、艾丽香、赵辉、辛征、李志、王晶、张玉平、王烁、刘群、赵木清、李刚、刘娜等。

一个品牌的产生就如同种植一棵树一样，由幼小的树苗，长成参天的大树。我们希望“易学通”品牌能够茁壮地成长，得到广大读者的支持和爱护，给读者带来实实在在的便利。当然，这个过程也少不了读者的参与，我们衷心希望得到广大读者的建议和意见，读者可以通过电子邮件的方式（E-mail:zhangwei@ptpress.com.cn）与我们沟通。

三恒星科技

目 录

第 1 章

PIC 系列单片机概述

1.1 PIC 系列单片机简介	2
1.1.1 PIC 8 位单片机的分类	2
1.1.2 PIC 系列单片机的特点	3
1.1.3 单片机的应用领域	4
1.1.4 单片机的发展趋势	5
1.2 PIC 系列单片机的结构	6
1.2.1 结构描述	6
1.2.2 RISC 结构采用的指令集	7
1.3 PIC 系列单片机的开发	8
1.3.1 PIC 单片机的开发应用方法	8
1.3.2 PIC 单片机的基本开发流程	9
1.3.3 PIC 单片机开发注意事项	10

第 2 章

PIC16F87X 硬件系统

2.1 PIC16F87X 硬件系统概述	14
2.1.1 PIC16F87X 的引脚封装及功能	15
2.1.2 PIC16F87X 的内部结构	18
2.1.3 程序存储和堆栈	22
2.2 RAM 数据存储器（文件寄存器）	23
2.2.1 通用寄存器	26
2.2.2 特殊功能寄存器	26
2.3 输入/输出端口的功能	29
2.3.1 输入/输出端口的基本结构	29
2.3.2 基本输入/输出端口的工作原理	31

目 录

2.3.3 与输入/输出端口相关的寄存器	32
----------------------	----

第 3 章

指令系统

3.1 指令系统概述	34
3.1.1 指令的格式	34
3.1.2 指令的分类	35
3.1.3 指令时序	38
3.2 寻址方式	38
3.2.1 立即数寻址	39
3.2.2 寄存器间接寻址	39
3.2.3 直接寻址	40
3.2.4 位寻址	40
3.3 PIC 的指令介绍	41
3.3.1 字节操作类指令	41
3.3.2 位操作指令	49
3.3.3 常数操作和控制操作类指令	51

第 4 章

汇编程序设计基础

4.1 汇编程序设计基本知识	58
4.1.1 汇编语句格式	58
4.1.2 伪指令	60
4.2 程序格式	63
4.2.1 程序格式	63
4.2.2 流程图	65
4.3 程序结构	66

目 录

4.3.1 顺序程序结构.....	66
4.3.2 分支程序结构.....	67
4.3.3 循环程序结构.....	68
4.3.4 子程序结构.....	70
4.4 程序设计.....	71
4.4.1 程序跨页跳转与跨页调用.....	71
4.4.2 数据传送程序的设计.....	73
4.4.3 延时程序设计.....	74
4.4.4 查表程序设计.....	75
4.4.5 子程序的设计.....	76
4.5 单片机与 PC 机通信的源程序.....	77

第 5 章

中 断

5.1 中断概述.....	80
5.1.1 中断基本概念.....	80
5.1.2 中断的种类.....	82
5.1.3 与中断相关的寄存器.....	83
5.2 PIC16F87X 中断.....	88
5.2.1 PIC16F87X 的中断源.....	88
5.2.2 PIC16F87X 的中断硬件逻辑.....	89
5.3 中断处理.....	90
5.3.1 中断的优先级.....	91
5.3.2 中断的延时响应和延时处理.....	91
5.3.3 中断的现场保护问题.....	93
5.3.4 利用中断唤醒 CPU.....	96
5.3.5 需要注意的几个问题.....	96

目 录

第 6 章

定时器/计数器

6.1 定时器/计数器概述	100
6.1.1 定时器/计数器的基本用途	100
6.1.2 定时器/计数器的特点	102
6.1.3 定时器/计数器的相关寄存器	102
6.2 TMR0 电路结构与工作原理	104
6.2.1 分频器	105
6.2.2 TMR0 累加计数寄存器	106
6.3 定时器/计数器 TMR1 模块	107
6.3.1 定时器/计数器 TMR1 模块的特性	107
6.3.2 与定时器 TMR1 模块相关的寄存器	108
6.3.3 定时器/计数器 TMR1 模块的电路结构	109
6.3.4 定时器/计数器 TMR1 模块的工作原理	110
6.4 定时器 TMR2 模块	115
6.4.1 定时器 TMR2 模块的特性	115
6.4.2 与定时器 TMR2 模块相关的寄存器	115
6.4.3 定时器 TMR2 模块的电路结构	117
6.4.4 定时器 TMR2 模块的工作原理	117
6.5 定时器程序实例	120

第 7 章

输入/输出端口的复合功能

7.1 输入/输出端口概述	122
7.1.1 输入/输出端口的特性	122
7.1.2 与输入/输出端口相关的寄存器	122
7.2 RA 端口	124

目 录

7.2.1	与 RA 端口相关的寄存器	124
7.2.2	电路结构和工作原理	125
7.2.3	编程方法	126
7.3	RB 端口	126
7.3.1	与 RB 端口相关的寄存器	126
7.3.2	电路结构和工作原理	127
7.3.3	编程方法	128
7.4	RC 端口	129
7.4.1	与 RC 端口相关的寄存器	129
7.4.2	电路结构和工作原理	130
7.4.3	编程方法	131
7.5	RD 端口	132
7.5.1	与 RD 端口相关的寄存器	132
7.5.2	电路结构和工作原理	132
7.5.3	编程方法	133
7.6	RE 端口	133
7.6.1	与 RE 端口相关的寄存器	134
7.6.2	电路结构和工作原理	134
7.6.3	编程方法	135
7.7	开关量接口举例	135
7.8	键盘接口	137
7.8.1	按键识别键盘	137
7.8.2	行列式键盘的结构及按键识别	138
7.9	使用 I/O 端口的注意事项	139

第 8 章

模数转换模块 ADC

8.1	A/D 转换概述	142
-----	----------------	-----

目 录

8.1.1	PIC 内部 A/D 转换原理	142
8.1.2	A/D 转换器的主要技术指标	142
8.2	PIC16F87X 片内 ADC 模块	142
8.2.1	PIC16F877 片内 ADC 模块简介	143
8.2.2	ADC 模块的内部结构和操作原理	145
8.2.3	与 ADC 模块相关的寄存器	147
8.2.4	ADC 模块操作时间要求	149
8.2.5	ADC 模块的转换精度和分辨率	151
8.2.6	特殊情况下的 A/D 转换	152
8.3	编程实例	153
8.3.1	ADC 模块实现 A/D 转换的步骤	153
8.3.2	A/D 转换器编程	154

第 9 章

PIC 单片机的串行通信

9.1	串行通信概述	158
9.1.1	串行通信的基本方式	158
9.1.2	串行通信中的数据传送方式	159
9.1.3	串行通信中的控制方式	160
9.1.4	串行通信中的码型	160
9.1.5	串行通信中的检错和纠错	160
9.1.6	串行通信的组网方式	161
9.1.7	串行通信的接口电路和参数	162
9.2	PIC16F87X 片内通用同步/异步收发器 USART 模块	164
9.2.1	与 USART 模块相关的寄存器	165
9.2.2	USART 波特率发生器 BRG	168
9.2.3	USART 模块的异步工作方式	170
9.2.4	USART 模块的同步主控工作方式	178
9.2.5	USART 模块的同步从动工作方式	182

目 录

第 10 章

PIC 单片机的开发工具 MPLAB

10.1	MPLAB 集成开发环境	186
10.1.1	MPLAB 的基本功能	186
10.1.2	MPLAB 的系统要求	186
10.2	MPLAB IDE	186
10.2.1	运行 MPLAB IDE	186
10.2.2	MPLAB IDE 界面的基本组成	187
10.3	MPLAB IDE 调试实例	187
10.3.1	编写源代码	188
10.3.2	创建项目	189
10.3.3	编译项目	193
10.3.4	调试运行	193

第 11 章

MCD 实战

11.1	实验设备	200
11.1.1	教学实验板	200
11.1.2	仿真头	203
11.1.3	1602 型 LCD	203
11.2	MCD 实战 1 LED 8 位流水灯 (霹雳灯)	206
11.3	MCD 实战 2 单键触发 8 位二进制累加计数器	212
11.4	MCD 实战 3 LCD 显示单个 B 字	214
11.5	MCD 实战 4 静态数码管键控计数器	217
11.6	MCD 实战 5 内部 E ² PROM 读写实验	220

附录

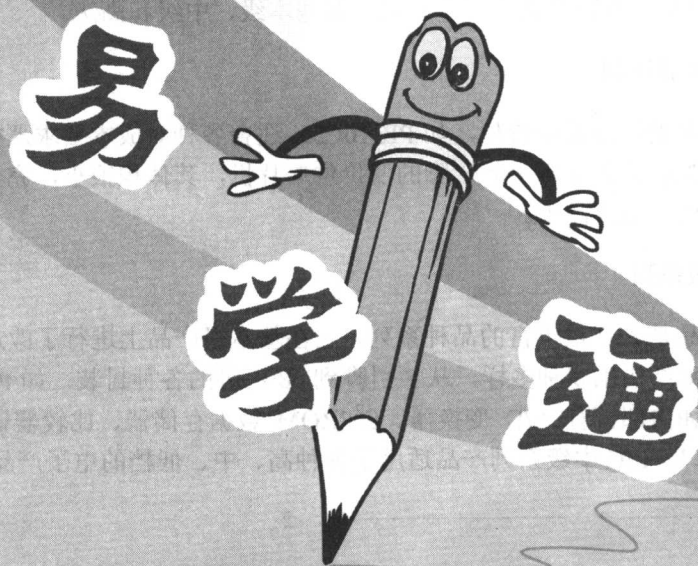
PIC16F877 头文件

第 1 章

PIC 系列单片机概述

本章学习目的

本章介绍了 PIC 单片机的相关知识, 主要包括 PIC 相关技术、分类与特点以及 PIC 控制器的结构与应用开发等。通过学习本章内容, 读者可以了解 PIC 的基本概念与结构, 为以后进行项目开发打下基础。



1.1 PIC 系列单片机简介

PIC 单片机 (Peripheral Interface Controller) 是一种控制外围设备的集成电路 (IC), 是把 CPU、ROM 和 I/O 等集成在一块芯片上的特殊微型计算机。它是具有分散作用 (多任务) 功能的 CPU。

PIC 系列单片机是美国 Microchip 公司生产的单片机系列产品的标志产品, 它从 10 年前的默默无闻, 到今天的跃居世界 8 位单片机销量第一, 与其过硬的技术支持和系统内核的完善设计不无关系。Microchip 公司系列单片机率先采用了精简指令集 (RISC) 结构的嵌入式微控制器, 突破了传统单片机对 PC 机在结构上存在的自然依赖性, 加上哈佛总线的存储器结构、两级流水线指令结构、单周期指令等技术, 从而在单片机硬件结构上独辟蹊径, 大大提高了系统运行的效率。其高速度、低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动能力和低价位 OTP 技术等都体现出单片机产业的新趋势。

根据程序存储方式的不同, 单片机可分为 EPROM、OTP (一次可编程)、QTP (掩膜) 三种。我国一开始都采用 ROMless 型单片机 (片内无 ROM, 需片外配 EPROM), 对单片机的普及起了很大作用, 但这种强调接口的单片机无法广泛应用, 甚至走入了误区。如单片机的应用一味强调接口, 外接 I/O 及存储器, 便失去了单片机的特色。目前单片机大都将程序存储体置于其内, 给应用带来了极大的方便。

1.1.1 PIC 8 位单片机的分类

现在 PIC 系列单片机在世界单片机市场份额的排名中已逐年升位, 尤其在 8 位单片机市场。PIC 单片机从覆盖市场出发, 已有三个系列多种型号的产品问世, 所以在全球都可以看到 PIC 单片机从电脑的外设、家电控制、电信通信、智能仪器、汽车电子到金融电子各个领域的广泛应用。现今的 PIC 单片机已经是世界上最有影响力的嵌入式微控制器之一。

PIC 8 位单片机产品共有三个系列, 即基本级、中级和高级。

1. 基本级系列

该级产品的特点是低价位, 如 PIC16C5X 适合各种对成本要求严格的家电产品选用。又如 PIC12C5XX 是世界第一个 8 脚的低价位单片机, 其体积很小, 完全可以应用在以前不能使用单片机的家电产品中。

2. 中级系列

该级产品是 PIC 最丰富的品种系列, 它在基本级产品上进行了改进, 并保持了很高的兼容性。其外部结构也多种多样, 从 8 引脚到 68 引脚的各种封装, 如 PIC12C6XX。该级产品性能很高, 如内部带有 A/D 变换器、E²PROM 数据存储器、比较器输出、PWM 输出、I²C 和 SPI 等接口。PIC 中级系列产品适用于各种高、中、低档的电子产品的设计。

3. 高级系列

该系列产品如 PIC17CXX 单片机, 其特点是速度快, 所以适用于高速数字运算的应用场合中, 加之它具备一个指令周期内 (160ns) 可以完成 8×8 (位) 二进制乘法运算的能力, 所以可取代某些 DSP 产品。再有 PIC17CXX 单片机具有丰富的 I/O 控制功能, 并可外接扩展 EPROM 和 RAM, 使它成为目前 8 位单片机中性能最高的机种之一。PIC 高级系列适用于高、中档的电子设备。

上述三个层次的 PIC 8 位单片机还具有很高的代码兼容性, 用户很容易将代码从某型号转换到另一个型号。

1.1.2 PIC 系列单片机的特点

PIC 系列单片机具有如下特点。

1. 注重实际

PIC 最大的特点是从实际出发, 重视产品的性价比, 靠发展多种型号来满足不同层次的应用要求。

例如, 一个摩托车的点火器需要一个 I/O 较少、RAM 及程序存储空间不大、可靠性较高的小型单片机, 若采用 40 脚且功能强大的单片机, 投资大不说, 使用起来也不方便。PIC 系列从低到高有几十个型号, 可以满足用户的各种需要。其中, PIC12C508 单片机仅有 8 个引脚, 如图 1-1 所示。

该型号有 512 字节 ROM、25 字节 RAM、1 个 8 位定时器、1 根输入线、5 根 I/O 线, 市面售价在 3~6 元人民币。这样一款单片机应用于摩托车点火器无疑是非常适合的。

PIC 的比较高档型号如 PIC16C74, 有 40 个引脚, 其内部资源为 4K ROM、192 字节 RAM、8 路 A/D、3 个 8 位定时器、2 个 CCP 模块、3 个串行口、1 个并行口、11 个中断源、33 个 I/O 脚。这样一个型号可以和其他品牌的高档型号媲美。

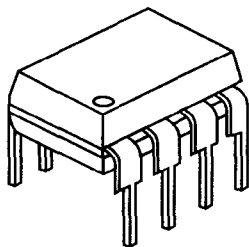


图 1-1 PIC12C508 单片机外形

2. 高效率

PIC 系列 8 位 CMOS 单片机具有独特的 RISC 结构, 数据总线和指令总线分离的哈佛总线 (Harvard) 结构, 使指令具有单字长的特性, 且允许指令码的位数可多于 8 位的数据位数, 这与传统的采用 CISC 结构的 8 位单片机相比, 可以达到 2:1 的代码压缩, 速度提高了 4 倍。

3. 开发环境优越

PIC 在推出一款新型号的同时推出了相应的仿真芯片, 所有的开发系统由专用的仿真芯