



HT46xx

单片机原理与实践

钟启仁 编著

Micro
control



北京航空航天大学出版社

配套光盘

CD-ROM





HT46xx 单片机原理与实践

钟启仁 编著

北京航空航天大学出版社

内容简介

本书介绍 HT46 系列 8 位单片机的原理、开发和应用。讲述集成开发环境 HT3000 IDE 的特点和使用方法,特别是脱机(软件)仿真环境,可仿真虚拟外设(VPM),包括按键、电阻、三极管逻辑电路、LED 及字符型或点阵型 LCD 显示屏,屏幕样式可由用户定义,其程序设计、调试高效方便。书中有很多应用实例(含硬件图和程序清单),其软件有详尽的注释。本书附光盘 1 张,内含源程序代码以及相关资料。

本书既适合单片机初学者自学,也可供在校大学生和工程技术人员开发智能产品时学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

HT46xx 单片机原理与实践 / 钟启仁编著. —北京: 北京
航空航天大学出版社, 2008.9
ISBN 978-7-81077-863-3

I. H… II. 钟… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 083625 号

原书名《HT46xx 微控制器理论与实务宝典》。本书中文简体字版由台湾全华科技图书股份有限公司独家授权。仅限于中国大陆地区出版发行,不含台湾、香港、澳门。

北京市版权局著作权合同登记号图字: 01-2006-0903

HT46xx 单片机原理与实践

钟启仁 编著

责任编辑 胡晓柏

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100191) 发行部电话: 010-82317024 传真: 010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 30.25 字数: 774 千字

2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷 印数: 4 000 册

ISBN 978-7-81077-863-3 定价: 55.00 元(含光盘 1 张)

前言

单片机 (Microcontroller) 历经了 4 位、8 位、16 位及 32 位等开发过程, 被广泛地应用于各种领域, 只要与操作接口有关的应用, 都能发现它的踪迹。在国外, 单片机的使用数量甚至成为评估收入与经济状况的指标之一。

近年来, 台湾盛群半导体公司 (Holtek) 鉴于 IC 市场竞争越来越激烈, 从消费性电子设计公司成功转型为专业单片机设计公司, 专注于通用型与嵌入式单片机的开发。除了消费性、计算机外围、通信领域的嵌入式单片机外, 还提供 I/O、LCD、A/D、RF 及 A/D LCD 等通用型单片机。盛群半导体公司的定位是以单片机为核心技术的 IC 设计公司, 不同于其他单片机制造商。该公司的行销网络遍及全球, 涵盖欧洲、北美、南美等地, 其产品线广泛, 不仅消费性产品用的单片机在德国获得飞利浦家电的采用, 更是台湾最早推出符合工业标准规格单片机的设计公司之一。大陆市场部分也于近年开展, 成立盛扬半导体公司, 在 I/O、LCD 控制芯片以及 Phone Controller 市场均有所斩获。最值得一提的是该公司自行开发的开发工具, 操作容易而且效能绝佳, 具备绝佳的价格竞争优势, 广泛获得欧美客户的采用。此外, 该公司也与业界合作开发, 除提供汇编语言外, 也有 C 语言的编译器, 可算是台湾提供 IC 开发工具上最为齐备的 Design House!

目前, 盛群半导体公司以提供 8 位 OTP 与 Mask 型单片机为主, 未来则继续朝向可重复读/写的 E²PROM 单片机发展, 在技术层面上足以赶上欧美厂商。HT46xx 系列单片机为盛群半导体公司所研发设计的 A/D 型 8 位单片机, 被广泛应用于工业产品、家用电器、玩具等。由于它的高可靠性、故低障率、低成本、开发工具齐备等特点, 在单片机的市场上早已占有一席之地。

本书主要针对 HT46xx A/D 型单片机的特性、功能、指令及相关的外围设备, 编写了一系列的基本实验, 如 HT46xx 内部的架构、基本功能特性、指令的应用都有详细的说明。本书共分为 6 章, 各章内容如下:

第 1 章 HT46xx 系列单片机简介: 除了说明单片机特点之外, 也介绍盛群半导体公司的 HT46xx 家族成员特性; 并针对单片机未来发展趋势, 提出笔者个人的一些浅见。

第 2 章 HT46xx 系列系统体系结构: 以循序渐进的方式, 针对 HT46xx 内部硬件结构 (包含存储器结构、I/O 特性以及看门狗定时器、Timer/Event Counter、中断、I²C 传输接口、A/D 转换接口、PWM 接口等) 做一番详尽的介绍。建议读者在阅读本章时, 与第 4 章的基础实验相互搭配, 这样才能增加对 HT46xx 系列单片机内部相关寄存器的印象, 以免只是纸上谈兵而降低学习效果, 失去学习的兴趣。

第 3 章 HT46xx 指令集与开发系统: 除了说明 HT46xx 系列单片机的指令之外, 也介绍程序的编译流程与宏的写法。另外, 所谓“工欲善其事, 必先利其器”, 盛群半导体公司

提供了相当完善的开发工具，如 HT-ICE 以及完整的集成开发环境（HT-IDE3000V6）等。HT-IDE3000 中的软硬件仿真功能 VPM（Virtual Peripheral Manager）更能让用户在未接硬件电路（或没有 ICE）的情况下，先行验证程序的功能。

第 4 章 基础实验篇：介绍几个基础实验，如跑马灯、LED、扫描式键盘、步进电机控制、Timer/Event Counter 与 WDT 应用、外部中断、A/D、PWM、PFD、HALT Mode、I²C 接口等。希望通过这些基础实验，让读者对于 HT46xx 系列单片机的控制以及其内部各个单元，都能有初步的了解与认识。

第 5 章 进阶实验篇：介绍几个较深入的实验，如 PWM 直流电机控制、点矩阵控制、LCD 控制、矩阵式与半矩阵式按键输入设置、I²C Master-Slave 数据传输等。相信通过这些实验，必定能够让读者对于 HT46xx 系列单片机的应用能有更深一层的了解。

第 6 章 实践应用篇：介绍几个实用、有趣的专题实验，如数字温度计、密码锁、猜数字游戏机、24 小时定时时钟、逻辑笔、DTMF 产生器、RS-232C 串行接口传输等。希望读者能通过参与实验的过程中，学习到产品设计与开发的经验。

本书所有的例题程序及硬件电路，都经过实际的测试无误。读者可以直接编译之后烧录或是以 ICE 仿真，验证其正确性。所有实验都经过精心的安排与实际测试，每一个实验都有不同深度的学习。笔者想叮咛读者的是：虽然汇编语言不及 VB 或 VC 等高级语言来得人性化，但是在许多应用的场合，为了整体系统的效率（如 RAM、ROM 的需求，CPU 的执行速度等），不得不使用汇编语言来编写程序，所以鼓励读者要多写程序、多除错，这样才能累积自己编写程序的经验。笔者经常告诉学生的是：“**程序一次写对，未必是好事；唯有从错误中学习，才是真正个人的经验累积**”。只要耐心研读，相信假以时日，您也可以成为单片机应用的佼佼者。书中的实验内容与顺序，都是经过刻意的安排。读者会发现越到后面的实验，大部分只是把之前使用的子程序加以重新组合而已，因此特别将几个常用的子程序列于附录中供读者参考，以便在需要之时可以快速查阅。

随书光盘中，除了有各个实验的源程序之外，也将实验中所使用的相关 IC 资料收录于其中，虽然是原文的内容，但却是 IC 制造厂商所提供最完整的资料。想要淋漓尽致地发挥 IC 的特性及功能，仔细阅读原厂的数据手册是不可缺少的必经过程。希望读者能够耐心研读，相信这对产品的设计、开发一定有所帮助。另外，由盛群半导体公司所提供的开发环境 HT-IDE3000V6 也一并收入到光盘中，不过在此还是鼓励读者多到网站 www.holtek.com.tw 上下载更新的程序版本，同时也可取得产品的最新资讯。

最后，衷心感谢台湾盛群半导体公司与家仑股份有限公司给予写作本书的机会以及在写作上提供的种种协助，尤其是盛群半导体公司产品推广部鲍惟圣经理在校稿过程中所提供的宝贵意见。企盼本书能带读者一窥单片机的世界，也期望读者能不吝于对本书的批评及指正！

钟启仁
于台湾风岗

目 录

第 1 章 HT46xx 系列单片机简介

1-1 单片机介绍及其未来趋势	2
1-2 HT46xx 单片机的特点介绍	5
1-3 HT46xx 家族介绍	9
1-4 HT46xx 硬件引脚功能描述	11
1-5 HT46xx 复位引脚($\overline{\text{RES}}$)	13
1-6 输入/输出引脚(PA、PB、PC、PD、PF)	14

第 2 章 HT46xx 系列系统体系结构

2-1 HT46xx 的内部体系结构	17
2-2 程序存储器结构	18
2-3 数据存储器结构	19
2-4 中断控制单元	24
2-5 定时器/计数器控制单元	26
2-6 输入/输出控制单元	29
2-7 PWM 输出接口	32
2-8 I ² C 串行接口	33
2-9 模/数转换器	38
2-10 WDT: 看门狗定时器	41
2-11 复 位	42
2-12 省电模式	44

2-13 低电压复位.....	45
2-14 配置选项	46

第 3 章 HT46xx 指令集与开发工具

3-1 HT46xx 寻址模式与指令集 (Instruction Set)	48
3-2 程序的编辑	67
3-3 HT-IDE3000 使用方式与操作	74
3-4 VPM 使用方式与操作.....	89
3-5 烧录器操作说明	93

第 4 章 基础实验篇

4-1 LED 跑马灯实验.....	97
4-2 LED 霹雳灯查表实验	101
4-3 七段显示器控制实验	107
4-4 指拨开关与七段显示器控制实验	111
4-5 按键控制实验	114
4-6 步进电机控制实验.....	118
4-7 4x4 键盘控制实验.....	125
4-8 喇叭发声控制实验.....	132
4-9 Timer/Event Counter 控制实验	137
4-10 Timer/Event Counter 中断控制实验	142
4-11 A/D 转换器控制实验	151
4-12 外部中断控制实验.....	156
4-13 PWM 接口控制实验	163
4-14 WDT 控制实验	168
4-15 “HALT Mode” 省电模式实验.....	173
4-16 I ² C 串行接口控制实验	180

第 5 章 进阶实验篇

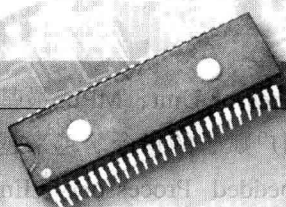
5-1 直流电机控制实验.....	197
5-2 马表——多颗七段显示器控制实验	201
5-3 静态点矩阵 LED 控制实验	207
5-4 动态点矩阵 LED 控制实验	211
5-5 LCD 字形显示实验.....	218
5-6 LCD 自建字形实验.....	234
5-7 LCD 与 4×4 键盘控制实验	240
5-8 LCD 之 DD/CG RAM 读取控制实验.....	244
5-9 LCD 的 4 位控制模式实验.....	252
5-10 比大小游戏实验	258
5-11 中文显示型 LCD 控制实验	266
5-12 半矩阵式 (Half-Matrix) 键盘与 LCD 控制实验	272
5-13 HT46xx I ² C Mater-Slave 传输实验	282

第 6 章 实践应用篇

6-1 专题一：数字温度计	302
6-2 专题二：密码锁	316
6-3 专题三：具记忆功能的密码锁 (I ² C E ² PROM)	328
6-4 专题四：24 小时时钟.....	354
6-5 专题五：猜数字游戏机	367
6-6 专题六：逻辑测试笔	379
6-7 专题七：频率计数器 (Counter) 的制作	400
6-8 专题八：简易信号产生器的制作	411
6-9 专题九：复频信号 (DTMF) 产生器的制作	422
6-10 专题十：简易低频电压—频率转换器(VCO)的制作	434
6-11 专题十一：简易声音调变器的制作	441
6-12 专题十二：RS-232 串行传输	450

附 录

A	HT46xx 指令速查表	470
B	HT46xx 家族程序存储器映射图	471
C	HT46xx 家族数据存储器与特殊功能寄存器	472
D	HT46xx 特殊功能寄存器速查表	473
E	HT46xx 重置后的内部寄存器状态	474
F	LCD 指令速查表	475
G	本书常用子程序一览表	476

A black integrated circuit (microcontroller) with two circular markings on its top surface and a row of pins along one edge. The background of the page features a grayscale image of various electronic components, including integrated circuits and resistors.

第 1 章

HT46xx 系列单片机简介

本章除了介绍单片机的特点及目前发展趋势之外，也将针对盛群半导体公司所生产的 A/D 类单片机——HT46xx 家族成员进行介绍。本章的内容包括：

- 1-1 单片机介绍及其未来趋势
- 1-2 HT46xx单片机的特点介绍
- 1-3 HT46xx家族介绍
- 1-4 HT46xx硬件引脚功能描述
- 1-5 复位引脚($\overline{\text{RES}}$)
- 1-6 输入/输出引脚(PA、PB、PC、PD、PF)

1-1 单片机介绍及其未来趋势

单片机(Microcontroller Unit, MCU)与微处理器(Microprocessor Unit, MPU)最基本的差别是单片机包括ROM或Flash存储器,并可编程设计、存储用户赋予的指令。越来越多的微处理器被应用在控制领域,由于嵌入式处理器(Embedded Processor)与Embedded Microcontroller功能相近(例如,数码照相机的影像控制芯片就导入了MCS-51与R3000芯片核心,也有厂商采用IBM公司的PowerPC MPU作为数字摄影机的内部处理器),因此“单片机”与“微处理器”已经越来越难以界定!单片机除了包括ROM或Flash 存储器的基本配备之外,近些年来单片机制造厂商更是将一些常用的外围元件,如A/D、D/A、Timer、PWM、串行端口等,集成到MCU内部,更扩展了单片机的应用领域。

在集成趋势发展之下,单片机核心集成多项功能以及提高存储器(RAM、ROM)容量,已经成为客户的基本需求,内置Flash存储器逐渐成为产品的主流。另外,将多媒体外围集成于单片机也是一个开发趋势,应用上包括数码照相机、PDA、打印机、影像处理设备与高速存取设备等。而单片机搭配上DSP(Digital Signal Processor),强化处理器运算效能,也是另一种技术导向。随着应用范围日益扩大,汽车已逐渐成为单片机应用的主流,例如安全气囊、雨刷等设备,都已逐步采用单片机来控制。高级车种上所采用的单片机数目也越来越多,从车体控制、安全气囊、电动舱到后视镜等,一般估计一辆汽车所使用的单片机大约在18个以上。在高价位的汽车,如BMW 7系列上,甚至使用高达80个以上的单片机。另外,IC卡也是颇具前途的应用,消费性产品也仍是各种单片机的主要应用领域。因此,单片机的应用领域十分广泛,从汽车、家电、IA、PC外围、显示器到通用市场,单片机均无所不在。

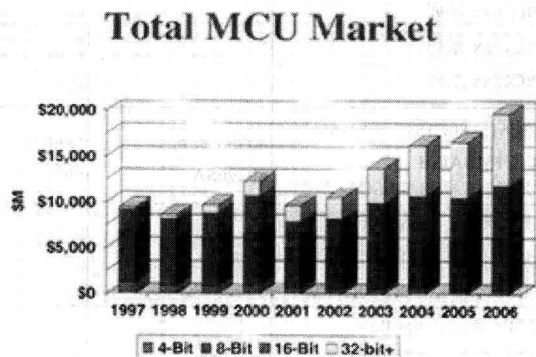
虽然 2001 年全球单片机市场有些下挫,但是依据 SEMICO ReseaRCh 公司(<http://www.semico.com>)统计,2002年8位单片机的产值达45亿美元,2003年则更上一层楼达到51亿美元,增长12.2%。从全球单片机市场来看,8位单片机占总出货量的60%,占单片机总产值的43%。表1-1-1是台湾工研院经资中心针对2002年全球各地MCU市场的调查报告,将其摘录供读者参考。

表1-1-1 2002年MCU的应用领域及全球各地区市场规模 单位:百万美元

应用领域	美洲	欧洲	日本	亚太	合计
消费性	131	234	1 357	1 151	2 873
车用	842	936	693	187	2 658
资讯	37	19	505	318	879
工业用	515	1 105	206	534	2 360
通信	84	131	122	140	477
航天与军事	47	56	0	9	112
合计	1 656	2 481	2 883	2 340	9359

注 资料来源: WSTS,IC Insights(2003/02); 台湾工研院经资中心ITIS计划(2003/04)。

16位单片机的应用领域,主要是在工业控制应用与汽车市场,目前仍由欧美以及日系IC设计业者掌握。目前16位单片机与8位单片机还有相当幅度的价差,新的应用领域也仍在开发,根据业界统计,在2005年之前,8位的MCU仍是单片机产品的主流,而且未来必将朝向低电压、高效能发展。SEMICO ReseaRCh公司的市场调查报告指出,“相对于16位与32位,8位单片机虽然是属于比较低端的产品,但它的应用广泛,而且单片机并不需要先进的工艺水平,大部分8位单片机还是采用0.5 μ s工艺水平,所以虽然它不再具有高度的成长性,但仍保有相当不错的获利能力”(请参考图1-1-1)。因此,虽然市场竞争激烈,仍有许多公司投入此市场(请参考表1-1-2)。



(摘自Semico ReseaRCh Corporation调查报告)

图1-1-1 4位、8位、16位和32位全球单片机市场预估

目前市面上单片机的种类繁多,如Freescale公司的68HC系列、Hitachi公司的H8系列、TI公司的MSP430系列、Microchip公司的PIC系列以及ADI公司的AD μ C83x系列。由于工业自动化对单片机的需求以致于单片机发展迅速,台湾地区也有多家厂商加入单片机的制造行列,如盛群、民生、义隆、太欣、华邦、旺宏、茂硅、联电、硅成、联咏及凌阳等,产品线仍以4位及8位单片机为主。Freescale公司拥有8~32位的完整单片机产品线,但主力集中在8位与16位单片机,其中8位单片机的市场占有率为全球第一,16位排名第三。Freescale的8位单片机从过去的68HC11、68HC05转换到Flash的68HC08与68HCS08,68HCS08采用0.25 μ m工艺,频率则提升到20~40 MHz,多数应用于消费性电子产品。为了让越来越多消费性电子产品使用单片机,并且适应低功耗的需求,Freescale公司于2003初从3 V、5 V产品推进到2 V产品,低功耗特性将更适用于手持式设备。Freescale公司是全球目前汽车电子领域单片机市场占有率最高者之一,由于拥有齐全的产品线而且较早投入Flash单片机,所以具备技术成熟、产品稳定性高的优势,在以Flash工艺降低成本后,也逐渐提升了价格上的竞争力。

Microchip公司的单片机从1993年上市以来,迄今已累计超过20亿片的出货量。Microchip公司的单片机以8位为主,全球单片机市场占有率排名第二,主要用于汽车、消费性电子、计算机及PC外围、电信与通信、办公室自动化、工业控制等领域,其中汽车电子市场多在欧美地区,而亚太地区则以消费性电子为主。Microchip公司于2001年起将所有单片机产品线转为Flash型单片机,在功能上可让用户重复读/写,而且价格也较OTP型便宜10%~15%。除了已经集成的各种外围接口之外,目前Microchip公司正为单片机加入RF、Speech接口等功能。

表1-1-2 单片机主要供应商

公司	单片机型号		
	8 位	16 位	32 位
Freescape	M6801、M6802、M6809 M68HC11、M68HC12 Nitron 系列: 68HC908QT1、68HC908QT2 68HC908QT4、68HC908QY1 68HC908QY2、68HC908QY4	M68HC16 Flash 类 HC9S12A256、 HC9S12A128	M680X0 M6833X ColdFire 系列
Microchip	PIC12xx 系列 PIC16xx 系列 PIC17xx 系列 PIC18xx 系列		
Intel	80C51、80C151、80C251 8XC151SA/SB 8XC251SA/SB/SP/SQ	80960 系列 80296SA	386EX 486GX
TI	SE370CX、TMS370CX MSP430PX、MSP430CX TUS2140B、MSP430C1101		
NS	COPx 系列、Apollo COP8SAX、COP912		
DALLAS	DS87C550、DS80C310/320 DS87C520/530、DS83C530 DS80C323、DS1050		
Atmel	AT89SC、AT90SC T48Cx9x/M44Cx9x		
Zilog	Z86L97 系列 Z86L972、Z86L973、Z86L974		
NEC	78K0/Kx1	V850ES/Kx1	V850ES/Fx2
Toshiba	TMP87XX29U 系列 TMP88 系列 TMP86 系列	TMP91 系列 TMP93 系列 TMP95 系列	TMP94 系列
Mitsubishi	7630/7632、7532/36 7640、Slim740 系列	M16C/62、M16C/63 7902	M32R/D 系列 M32R/E 系列 M32R/I 系列
Epson	E0C88 系列		E0C33xx 系列
Hitachi		AE45x -B 系列	SH-1、SH-2、SH-3 SH3-DSP、SH-4
OKI	MSM80C 系列 MSM83C 系列 MSM85C 系列 MSM65 系列	MSM66 系列 ML66 系列	ML67 系列
Philips	80C51x2 系列	UBA2050/51 系列	
ST	ST62/63/7/7290/92 μ PSD3200 系列	ST10	ST20

近一两年半导体产业并不景气,然而TI公司的单片机产品仍有相当幅度增长。MSP430超低功耗单片机家族,是以16位RISC处理器为基础所发展的超低功耗单片机,利用TI公司在高效能模拟和数字技术的优势,不但提供超低功耗,也让系统设计人员同时连接模拟信号、传感器和数字器件到同一电路中。MSP430家族阵容非常齐全,从0.49美元低端元件到高集成度产品,包括60 KB快闪存储器、2 KB RAM、高效能模/数转换器、数/模转换器以及其他多种高效能模拟与数字模块,全都集成至单片芯片内。MSP430提供极低的功耗和低于 $6\mu\text{s}$ 快速启动能力,可在 $6\mu\text{s}$ 内从待命模式转换到正常操作模式,而待命模式最低只需 $0.7\mu\text{A}$ 的电流,减少产品对电池的需求。

ADI公司于1999年开始涉足单片机市场,主要以8位单片机配合12~24位的ADC(Analog to Digital Converter)为主,其他如DAC(Digital to Analog Converter)及更大容量的Flash都集成到最新的产品中,应用领域主要在工业控制、测量仪器中的数据采集等。ADI的单片机以Intel 8051为核心,最新的AD μ C83x系列内置的存储器已达62 K,更大的存储器容量将方便用户直接以C语言编写程序代码。

Atmel公司的AT89SC为8位单片机,可应用在智能卡上;AT90SC采用AVR CPU,也是8位RISC结构。日前推出MARC4,较流行的单片机产品如T48Cx9x/M44Cx9x,它们的工作温度范围宽,适用于各种汽车及工业产品,如车辆引擎部分或车体电子系统(轮胎压力监视、冷却风扇控制、加热或车窗集成天线)的电子控制单元及工业传感器产品。

盛群半导体公司(Holtek)鉴于IC市场竞争将越来越激烈,近年来从消费性电子设计公司成功转型为专业单片机设计公司,专注于通用型与嵌入式单片机开发。除了消费性、计算机外围、通信领域的嵌入式单片机外,也提供I/O、LCD、A/D、RF及A/D LCD等通用型单片机。该公司的定位是以单片机为核心技术的IC设计公司,不同于台湾地区其他单片机制造商,其营销网络遍及全球,涵盖欧洲、北美、中南美洲等地,产品线广泛,其消费性产品用的单片机在德国获得飞利浦家电的采用。该公司是台湾地区最早推出符合工业规范的单片机设计公司。目前以提供8位的OTP与Mask型单片机为主,未来则朝向可重复读/写的E²PROM 单片机发展,在技术层次上将足以赶上国外厂商。

盛群半导体公司的产品线相当完整,其主要产品请参考表1-1-3,8位单片机有十余项不同应用领域的专用产品,用户可以根据自己需求挑选最适用的单片机,以达到降低生产成本的最终目的。本书将以A/D类MCU——HT46xx家族为主,希望通过本书的介绍让读者能对此系列的单片机有所认识。由于盛群半导体公司MCU系列的兼容性很高,若能彻底了解HT46xx家族的微体系结构,想要再学习其他系列的单片机必定有事半功倍的效果。

1-2 HT46xx单片机的特点介绍

HT46xx系列是盛群半导体公司推出的8位A/D型单片机。此系列IC采用先进的COMS技术制造,因此具有低功耗、高执行速度的特性。其包括看门狗定时器、可编程计数器、ADC、PWM输出接口、I²C-Bus接口、省电模式(HALT Mode)、低电压自动复位(Low Voltage Reset,

LVR)电路及双向I/O等强大功能, 因此获得工业界的青睐。 HT46xx系列家族成员请参考表1-2-1。

表1-1-3 盛群半导体公司主要产品一览表

8 位 MCU	Display Driver	Memory
Cost-Effective I/O 类 MCU 系列 I/O 类 MCU 系列 LCD 类 MCU 系列 A/D 类 MCU 系列 A/D with LCD 类 MCU 系列 R-F 类 MCU 系列 Remote 类 MCU 系列 Phone Controller MCU 系列 Dot Matrix LCD MCU 系列 Data Bank MCU 系列 Voice MCU 系列 Music MCU 系列 Keyboard/Mouse/Joystick MCU 系列	RAM Mapping LCD Controller & Driver 系列 Telephony LCD Driver 系列 VFD Controller & Driver 系列 Dot Character VFD Controller & Driver OLED Driver 系列	Mask ROM 系列 OTP EPROM 系列 SPI OTP EPROM 系列 3-wire E ² PROM 系列 I ² C E ² PROM 系列
Remote Controller	Power Management	Voice/Music
Remote 类 MCU 系列 2 ¹² Encoder/Decoder 系列 3 ⁹ Encoder 系列 3 ¹² Encoder/Decoder 系列 3 ¹⁸ Encoder/Decoder 系列 Learning Encoder 系列 TV Remote Controller 系列 RFID 系列 Doorbell 系列	30 mA Regulator 系列 100 mA Regulator 系列 300 mA Regulator 系列 Negative Voltage Regulator 系列 Voltage Detector 系列 100 mA Step-up DC/DC Converter 系列 Charge Pump DC/DC Converter 系列	Voice MCU 系列 Music MCU 系列 Q-Voice™ 系列 Easy Voice™ 系列 Sound Effects 系列 Piano 系列
Computer	Communication	Analog
Keyboard/Mouse/Joystick MCU 系列 Mouse 系列 Keyboard 系列 Multimedia 系列 16 位 Audio DSP 系列	Phone Controller MCU 系列 Dual Mode Caller ID Phone Single Chip Telecom Peripheral 系列 Basic Dialer 系列 IDD Lock Dialer 系列	D/A Converter 系列 Amplifier 系列
Miscellaneous		
Timepiece 系列 Clinical Thermometer 系列 Camera Peripheral 系列 PIR Controller 系列 Alphanumeric Recognition 系列		

表1-2-1 HT46xx系列家族成员

型 号	V _{DD} /V	系统时钟 /MHz	程序存储器	数据存储器	I/O	定时器/计数器		中 断		栈	A/D	PWM
						8 位	16 位	Ext.	Int.			
HT46R47 HT46C47	3.3~5.5	0.4~8	2 K×14	64×8	13	1	—	1	2	6	9 位×4 ch	8 位×1
HT46R22 HT46C22	2.2~5.5	0.4~8	2 K×14	64×8	19	1	—	1	3	6	9 位×8 ch	8 位×1
HT46R23 HT46C23	2.2~5.5	0.4~8	4 K×15	192×8	23	—	1	1	3	8	10 位×8 ch	8 位×2
HT46R24 HT46C24	2.2~5.5	0.4~8	8 K×16	384×8	40	—	2	1	4	16	10 位×8 ch	8 位×4

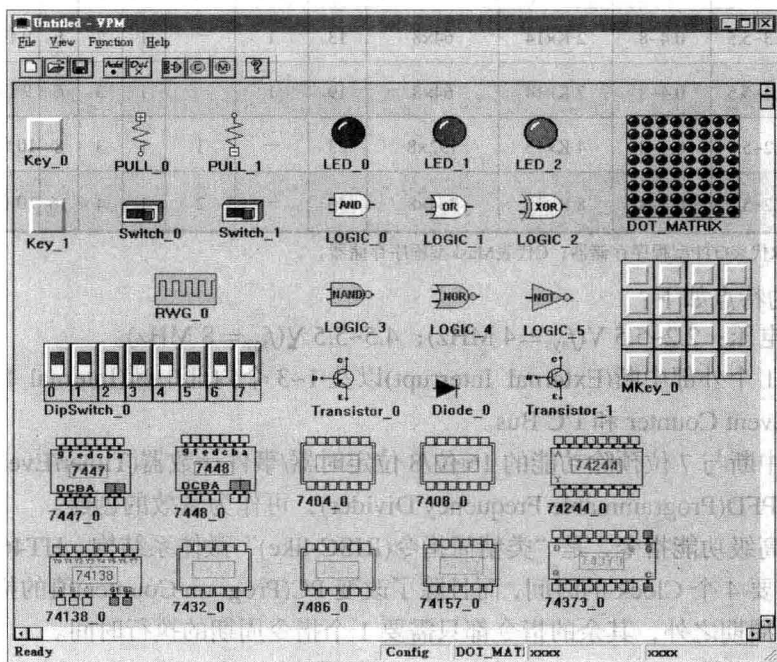
注：型号中R代表OTP型程序存储器；C代表Mask型程序存储器。

HT46xx的特点如下：

- (1) 工作电压：2.2~5.5 V($f_{\text{sys}}=4\text{ MHz}$)；4.5~5.5 V($f_{\text{sys}}=8\text{ MHz}$)。
- (2) 提供 1 个外部中断(External Interrupt)以及 1~3 个内部中断(Internal Interrupt)分别为 A/D、Timer/Event Counter 和 I²C Bus。
- (3) 具有中断与 7 位预除功能的 16 位/8 位定时器/事件计数器(Timer/Event Counter)。
- (4) 提供 PFD(Programmable Frequency Divider)，可作为音效的创建。
- (5) 63 个高级功能指令，是“类精简指令(RISC-like)”微体系结构。HT46xx 单片机 1 个指令周期只需要 4 个 Clock 的时间，而且除了改变 PC(Program Counter)值的指令与查表指令需要 2 个指令周期之外，其余的指令都只需要 1 个指令周期的执行时间。
- (6) 程序存储器(Program Memory)：2 K×14(HTx47、HTx22)、4 K×15(HTx23)、8 K×16(HTx24)。
- (7) 数据存储器(Data Memory)：64×8(HTx47、HTx22)、192×8(HTx23)、384×8(HTx24)。
- (8) 栈深度：6 层(HTx47、HTx22)、8 层(HTx23)、16 层(HTx24)。
- (9) 采用 CMOS 结构，具有强大的 I/O 驱动能力(工作在 V_{DD} 为 5 V 时，I/O 端口的拉电流约为 -10 mA；灌电流约为 20 mA)。当频率为 4 MHz，V_{DD} 为 5 V 时，所需的电流约为 2 mA；当进入省电模式(Power-Down Mode)时，只需要 1 μ A 的电流(未启动看门狗定时器功能时)，可以说是相当省电。
- (10) 模/数转换接口：HTx23 与 HTx24 为 8 个通道，精度为 10 位；HTx47 与 HTx22 则为 6 个通道，精度为 9 位。
- (11) 具有看门狗 WDT 功能，使系统更加稳定(死机时，系统具有自动恢复的功能)。
- (12) PWM 输出接口与 I²C-Bus 串行接口功能。
- (13) 低电压自动复位电路：在电源电压不稳或电源需要连续开关的系统中，很可能会有复位不良的问题发生，使得设计者不得不在系统中再加上一些电路以克服此问题，这显然增加了系统的成本。HT46xx 系列单片机将电源下降检测功能设计在单片机内部，提供用户多一项选择。

除了上述的特点之外，盛群半导体公司也提供了相当完善的开发工具，如 HT-ICE 以及完整的集成开发环境(HT-IDE3000V6)等，HT-IDE3000 中的软硬件仿真功能(Virtual Peripheral

Manager; VPM)更能让用户在未接硬件电路的情况下,先行验证程序的功能。有了如此完整的开发环境,除了可以节省产品的开发时间之外,更可以使初学者在短时间之内了解HT系列单片机的特性及产品开发的技巧(请参考图1-2-1)。



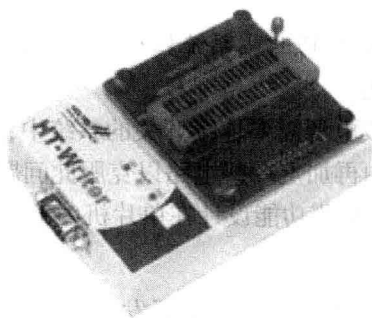
(a) VPM可模拟的元素



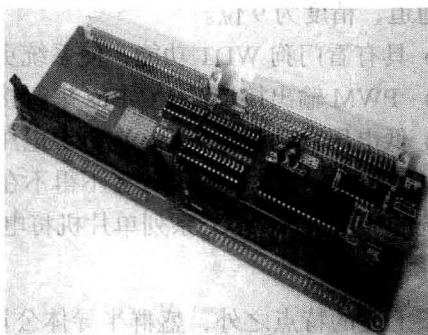
(b) HT-ICE(旧型)



(c) HT-ICE+OTP Writer(新型)



(d) HT-写入器(RS-232接口)



(e) I/O接口卡

图1-2-1 HT46xx相关的开发工具