

嵌入式系统基础
新型单片机教材

单片机原理与应用技术

张友德 谢伟毅 等编著



机械工业出版社

本书以东芝 (TOSHIBA) 的 TLCS-870/C 系列单片机为典型例子, 全面阐述了新型单片机的工作原理和应用技术, 包括系统结构、指令系统、常规的和特殊的输入/输出功能模块的原理和使用方法, 单片机的汇编语言和 C 语言程序设计技术, 以及单片机开发工具、开发环境使用和单片机应用系统的研制方法。书中还编入了系统的软件实验、软硬件综合实验, 并提供了丰富的硬件和软件范例。

本书可作为高等院校电子类专业的新型单片机和嵌入式系统基础的教材, 也可作为电子科技人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理与应用技术/张友德 谢伟毅等编著. —北京: 机械工业出版社, 2004.3

ISBN 7-111-14031-1

I. 单… II. ①张…②谢… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 011635 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 胡毓坚 责任编辑: 时 静 版式设计: 张世琴
责任校对: 罗莉华 封面设计: 饶 薇 责任印制: 洪汉军

三河市宏达印刷有限公司印刷 • 新华书店北京发行所发行

2004 年 6 月第 1 版 • 第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 • 20.75 印张 • 510 千字

0001 - 5000 册

定价: 31.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

单片计算机又名嵌入式微控制器 (Embedded microcontroller unit), 自 20 世纪 70 年代诞生以来, 发展十分迅速, 单片机的结构和功能日趋完善。以单片机为内核的简易嵌入式系统技术——单片机应用技术, 已成为计算机技术中一个独特的重要分支, 单片机的应用已深入到国民经济的各个领域。

面对智能化的电子时代, 对于培养电子应用产品设计人员的大专院校电子类专业, 已将“单片机”作为一门必修的基础课程。本书的编写目的之一是为这门课程提供一种新型的单片机应用技术和嵌入式系统基础的教材。

由于单片机的品种很多, 我们采取以点带面的手法, 以东芝 (TOSHIBA) 8 位新型单片机——TLCS-870/C 系列中的 TMP86C 47/46、TMP86C 07 单片机为典型例子, 阐明新型的单片机工作原理和应用技术。单片机课程是技术性和实践性很强的课程, 本书的内容重点是单片机内部各个部件的应用方法、编程技术和上机实验训练。书中含有很多汇编语言和 C 语言的程序范例, 供读者编程时参考。在嵌入式系统中一般都用高级语言编程, 用 C 语言编写控制程序, 实现对多种类型对象的实时控制是一种必须的嵌入式系统技术基础, 重视单片机中的 C 语言程序设计技术介绍是本书的一个特点。

本书共分为十一章。第 1 章为单片机的综合性介绍; 第 2 章介绍了 TLCS-870/C 的系统结构和相关的应用技术; 第 3 章详述了 TLCS-870/C 指令寻址方式, 概括性地分类介绍了 TLCS-870/C 的指令系统; 第 4~7 章阐述了 TLCS-870/C 最典型的 I/O 接口部件的结构、工作原理、应用和编程方法; 第 8、9 章分别介绍了 TLCS-870/C 的汇编语言和 C 语言的程序设计方法和上机方法, 并给出了许多实例; 第 10 章主要介绍了 TLCS-870/C 单片机开发工具 (STF870/C) 的硬件和调试软件的使用方法; 第 11 章为 TLCS-870/C 单片机的实验指导书, 共编排 3 个软件实验, 11 个硬软件综合实验。每个实验均列出了实验目的、相关硬件线路、实验内容、实验程序框图, 并给出汇编语言或 C 语言实验程序范例, 要求学生上机验证给出的实验程序功能, 编写并调试用另一种语言编写的程序, 使其达到同样的功能。

由于第 4~7 章是独立的功能模块论述, 可以根据教学课时裁减, 实验内容也可以视学生基础编排:

IV

- 只做部分实验；
- 只验证给出的实验程序功能；
- 只编写和调试一种语言的实验程序；
- 编写和调试所有的实验程序；
- 可以在实验台硬件基础上另外做一些单项实验（中断实验、AD 实验……）。

本书的第 1~7 章和第 10 章由张友德编写，第 8、9 章由谢伟毅编写，第 11 章由张友德、季雪峰、邓长飞编写。陈章龙教授、涂时亮教授对本书作了仔细的审阅，并提出了许多宝贵的意见。在编写过程中得到东芝电子（上海）有限公司吕建铭先生、中芝软件（上海）有限公司黄征华先生、沈涛先生的大力支持。在此一并向他们表示感谢！

本书所采用的逻辑符号中，有一部分是国外流行的符号，这些符号与我国国家标准中相应符号的对照请参阅附录 D。

由于编者水平有限，书中错误和不妥之处请读者批评指正。

编者

目 录

前言

第 1 章 单片机概述..... 1

- 1.1 概述..... 1
- 1.2 单片机的内部结构..... 1
- 1.3 典型的单片机产品..... 2
- 1.4 TLCS-870 和 TLCS-870/C 系列
单片机产品简介..... 3
- 1.5 单片机的应用 10
- 1.6 习题 10

第 2 章 TLCS-870/C 单片机系统 结构..... 11

- 2.1 总体结构 11
- 2.2 中央处理器 (CPU) 19
- 2.3 存储器组织 20
- 2.4 系统时钟控制器 25
- 2.5 中断系统 32
- 2.6 系统复位 38
- 2.7 其他功能模块 41
- 2.8 习题 41

第 3 章 指令系统 42

- 3.1 指令系统概况 42
- 3.2 符号说明和标志位置“1”条件..... 42
- 3.3 指令格式 43
- 3.4 寻址方式 43
- 3.5 数据传送指令 46
- 3.6 数据交换指令 49
- 3.7 比较指令 49
- 3.8 算术运算指令 51
- 3.9 按位逻辑运算指令 57
- 3.10 移位指令..... 60
- 3.11 位操作指令..... 62

- 3.12 控制转移指令..... 66
- 3.13 其他指令..... 68
- 3.14 指令的应用——简单程序设计
举例..... 68
- 3.15 习题..... 72

第 4 章 并行输入输出口 74

- 4.1 TMP86C47/46 的并行口..... 74
- 4.2 TMP86C07 的并行口 77
- 4.3 TMP86C202/203 的并行口..... 79
- 4.4 并行口的应用 81
- 4.5 习题 93

第 5 章 定时器/计数器 94

- 5.1 时基定时器 TBT 和分频输
出器 DVO 94
- 5.2 16 位定时器/计数器 TC1 97
- 5.3 8 位定时器/计数器 (TC3、
TC4) 105
- 5.4 定时器/计数器 TC1、TC3、
TC4 的用途 115
- 5.5 定时器 TC1、TC3、TC4、
TBT 的应用举例 116
- 5.6 习题..... 116

第 6 章 串行口 117

- 6.1 TMP86C47/46 的时钟同步
串行口 SIO 117
- 6.2 串行扩展接口 SEI 126
- 6.3 异步串行口 UART 133
- 6.4 习题..... 139

第 7 章 模数转换器 AD 141

- 7.1 TMP86C47/46 单片机的 10 位 AD 141

7.2	TMP86C807 等单片机的 8 位 AD	144	10.2	单片机系统的调试	226
7.3	AD 的应用和编程方法	146	10.3	TLCS-870/C 系列单片机的开发工具 ——STF 870/C 的硬件结构	228
7.4	习题	148	10.4	STF870/C 调试器基本使用方法	233
第 8 章	汇编语言程序设计方法	149	10.5	Buildmanager 的使用简介	243
8.1	TLCS-870/C 单片机汇编基本 使用方法	149	10.6	习题	246
8.2	汇编语言程序设计举例	161	第 11 章	TLCS-870/C 单片机实验	247
8.3	习题	170	11.1	TLCS-870/C 实验系统	247
第 9 章	C 语言程序设计方法	172	11.2	验证汇编语言程序功能, 编写并 调试 C 语言程序	249
9.1	概述	172	11.3	验证 C 语言程序功能, 编写并 调试汇编语言程序	272
9.2	TOSHIBA 单片机 C 语言特点	173	附录		290
9.3	TOSHIBA C 编程指导	188	附录 A	汇编语言相关文件	290
9.4	程序中和芯片相关的部分	200	附录 B	C 语言相关头文件	294
9.5	汇编语言接口	206	附录 C	实验函数库文件	304
9.6	单片机编程需要的头文件	213	附录 D	逻辑符号对照表	322
9.7	C 语言程序实例	215	附录 E	参考文献和相关资料	323
9.8	习题	220			
第 10 章	单片机应用系统设计与 调试	223			
10.1	单片机应用系统的设计	223			

第 1 章 单片机概述

1.1 概述

从 20 世纪 70 年代开始, 出现了一个新的计算机品种——单片机。单片机是以一个大规模集成电路为主组成的微型计算机, 国际上一般称为 MCU (Microcontroller), 即在一个大规模集成电路内包含了计算机的所有功能部件——微处理器 (CPU)、存储器和各种 I/O 接口电路。

单片机主要应用于各种控制领域。将单片机装入到应用系统中, 组成多种多样的电脑型产品——简易嵌入式系统。因此单片机又称为嵌入式微控制器 (Embedded microcontroller unit)。

1.2 单片机的内部结构

单片机的硬件就是一个大规模集成电路, 典型的单片机内部结构如图 1-1 所示。

单片机内部的结构和一般的微型计算机结构相似, 只是各个功能部件和相连接的总线都在芯片的内部。单片机中的“特殊 I/O 部件”是根据实际的控制应用需要设计的, 因而有适合各种应用要求的品种多样的单片机产品。

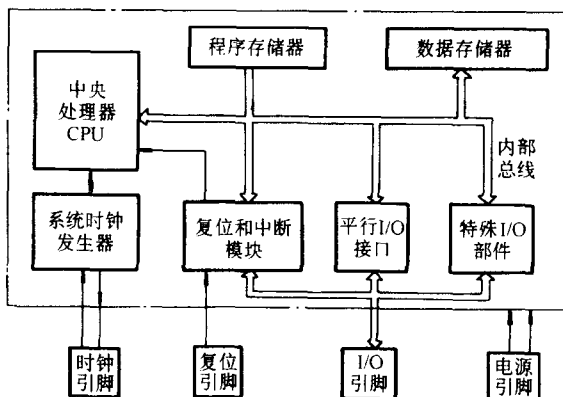


图 1-1 典型的单片机内部结构

1. 中央处理器

中央处理器 (CPU) 是单片机的核心部件, 它由运算器、控制器、中断部件、时钟和定时控制逻辑等组成。CPU 控制数据的处理和整个系统的各种操作。

不同系列的单片机具有不同功能特性的 CPU 和指令系统, 在运算速度、中断、实时控制功能等方面差别很大, CPU 及其指令系统的功能决定了单片机主要的功能技术指标。

根据 CPU 字长不同, 单片机可以分为 4 位机、8 位机、16 位机和 32 位机等。

2. 存储器

根据用途存储器可分为程序存储器和数据存储器, 单片机应用系统一般需要较大容量的程序存储器和较小的数据存储器。

(1) 程序存储器

单片机内部的程序存储器一般为 1KB ~ 64KB, 通常是只读存储器。因为单片机应用系统都是专用系统, 一旦研制成功, 其软件也就定型。程序固化到只读存储器, 用只读存储器作为程序存储器, 其优点是掉电以后程序不会丢失, 一开机系统便能工作; 另外, 只读存储器集成度高、成本低。根据单片机内部程序存储器类型的不同又可分为下列单片机产品:

① 掩膜 ROM 型单片机：内部具有工厂掩膜编程的只读程序存储器 ROM。这种单片机是定制的，一般价格最低，用户将调试好的程序代码交给厂商，厂商在制作单片机时把程序固化到 ROM 内，而用户是不能修改 ROM 中代码的。

② EPROM 型单片机：内部具有 EPROM 程序存储器。对于有窗口的 EPROM 型单片机，可以通过紫外线擦除器擦除 EPROM 中的程序，用编程工具把新的程序代码写入 EPROM，且可以反复擦除和写入，使用方便，适合于研制样机。对于无窗口的 EPROM 型单片机，只能写一次，称为 OTP 型单片机，适合于小批量生产。

③ Flash Memory 型单片机：内部含有快速擦除的 Flash Memory 程序存储器，用户可以用编程工具对程序存储器反复擦除和写入，使用十分方便。

④ 无 ROM 型单片机：内部没有程序存储器，必须外接 EPROM 程序存储器。这种产品是不完整的单片机。

(2) 数据存储器

单片机内部的数据存储器一般为静态随机存取存储器 SRAM，常用 RAM 表示，容量为几十字节至几 KB。也有用 E²PROM 存储器作数据存储器的。

3. 输入/输出接口

单片机的输入/输出设备是广义的，多样性的（如继电器、电动机、电话线等），因此要求单片机的 I/O 接口也是多样性的。目前单片机的结构日趋完善，主要体现在具有丰富的能满足各种需要的输入输出接口。单片机 I/O 接口的主要类型有：

① 并行 I/O 口：所有的单片机都有并行口，用于一般的开关量数据输入/输出。

② 串行 I/O 口：同步或异步串行通信口，主要用于计算机之间的通信，另外还有器件之间串行通信口 I²C BUS，串行扩展口 SPI、SIO 以及通用串行总线接口 USB 等。

③ 定时器：

- 基本定时器：所有的单片机都具有基本的可编程定时器，用于实现各种定时操作。

- 多功能定时器：在新型单片机中都有多功能的定时模块，具有定时、可编程的脉冲输出、输入信号的跳变捕捉，脉冲宽度或周期测量等多种工作方式和多个相关的引脚，用于产生各种实时控制信号和对外部信号参数测量。

- 监视定时器（Watchdog）：监视系统工作状态，一旦系统因受干扰而系统工作异常时产生复位信号，重新启动系统正常工作。

④ 模数转换器 AD：一般为 8 位或 10 位的多路输入的 A/D 转换器，用于对模拟信号的处理。

⑤ 显示器驱动器：发光显示器（LED）驱动器、液晶显示器（LCD）驱动器、萤光显示器（VFT）驱动器接口等。

⑥ 双音频输入/输出模块（DTMF）：主要应用于和电话线的接口。

⑦ 电动机等设备的特殊驱动模块。

1.3 典型的单片机产品

1. Intel 公司的单片机

Intel 是最早推出单片机的公司之一，主要有 MCS-48、MCS-51 系列 8 位单片机和 MCS-96 系列的 16 位单片机。在 20 世纪八、九十年代，MCS-51 和 MCS-96 曾经是我国最流

行的单片机, 得到广泛的应用。国内具有很多型号的 51/96 仿真器, 至今仍有不少的用户。这几年 Intel 公司注重于奔腾系列微处理器, 高档嵌入式系统 (XScale) 等的开发, 没有推出新的单片机。而 Pkilips 和 ATMEL 公司有很多和 MCS-51 兼容的高性能单片机。

2. Motorola 公司的单片机

Motorola 公司主要有 MC68HC05、MC68HC11、MC68HC08 系列的 8 位单片机、MC68HC12、MC68HC16 系列 16 位单片机。MC68HC908 是新型的 FLASH 型单片机, 功能强、型号多, 又有国产的廉价仿真器的支持, 在我国得到了很广泛的应用。

3. 东芝 (TOSHIBA) 公司的单片机

东芝公司主要有 TLCS-870、TLCS-870/X、TLCS-870/C 等系列的 8 位单片机, TLCS-900 系列的 16 位单片机, 这些单片机是近几年推出的新型单片机, 功能强、可靠性高。国内推出了 TLCS-870 和 TLCS-870/C 系列单片机的廉价开发工具 (STFB 和 STF870/C), 使这两个系列的单片机引起国内用户的重视, 近两年来开始流行, 特别是在家用电器领域得到广泛的应用。

4. 其他公司的单片机

世界上其他著名的半导体公司, 如美国的国际半导体, Microchip、Zilog、Atmel 公司, 日本的日立、三菱、NEC、富士通公司、韩国的三星公司、荷兰的 Philips 公司等都有他们的单片机系列产品。从应用的角度看, 各个公司的新型单片机的结构和功能大体上相似, 从应用的广度看, 8 位单片机的应用最广泛。在开发一个应用产品时, 选用哪一个型号的单片机主要取决于开发成本、生产成本以及是否有廉价开发工具的支持。

1.4 TLCS-870 和 TLCS-870/C 系列单片机产品简介

表 1-1 和表 1-2 分别列出了东芝公司 TLCS-870 和 TLCS-870/C 系列单片机产品的特性。

表 1-1 东芝公司 TLCS-870 系列单片机产品特性

型 号	ROM	RAM	最短指令执行时间 /μs	显示驱动器			SIO通道	UART通道	I ² C总线通道	高速串行口输出	A/D变换器		D/A变换器输入	定时器/计数器			遥控检测	监视定时器	OSD	双时钟	时钟分频	I/O端口数	电源电压/V	
				LED	LCD	VFT					8位通道	10位通道		18位通道	16位通道	8位通道								
TMP87C405AM/AN	4KB	256B	0.50	6											2		√			√		4.5~5.5		
TMP87C408M/N/DM			0.95	6			1				6				2		√			√		2.7~5.5		
TMP87C408LM/LN			0.95	6			1				6				2		√			√	22	1.8~4.0		
TMP87C409M/N			0.50	6						1		8			1	2		√					4.5~5.5	
			0.95	6																			2.2~5.5	
TMP87C444N		512B	0.5				1	1		4		8		8	2		√				34	4.5~5.5		
TMP87C446N				8			1		√	8					2	2		√		√		35	4.5~5.5	
TMP87C447U			0.50/122	8			1		√	8						2	2		√		√		37	2.7~5.5
			0.95/122																					
TMP87C800N/F/DF	8KB	256B		8			2							2	2		√		√		58	4.5~6.0 2.7~6.0		

(续)

型 号	ROM	RAM	最短指令执行时间 /μs	显示驱动器			SIO通道	UART通道	I ² C总线通道	高速串行口输出	A/D转换器		D/A转换器输入	定时器/计数器			遥控检测	监视定时器	OSD	双时钟	时钟分频	I/O端口数	电源电压/V	
				LED	LCD	VFT					8位通道	10位通道		18位通道	16位通道	8位通道								
TMP87C807U	8KB	256B		8			1			√					2	2		√		√		37	4.5~5.5 2.7~5.5	
TMP87C808M/N			0.50 0.95	6			1			6					2			√			√			
TMP87C808LM/LN			0.95	6			1			6					2			√			√		22	1.8~4.0
TMP87C809M/N			0.50 0.95	6				1		8					1	2		√						4.5~5.5 2.2~5.5
TMP87C840N/F				8			2			8					2	2		√		√				4.5~6.0 2.7~6.0
TMP87C841N/F/U			0.50/122 0.95/122	8			2			16					2	2		√		√			56	4.5~5.5 2.7~5.5
TMP87C844N			0.5				1	1		4			8		2			√					34	4.5~5.5
TMP87C814N/F		512B	0.50/122			16	1			8					2	2		√		√		55	4.5~5.5	
TMP87C846N			0.95/122	8			1		√	8					2	2		√		√		35	2.7~5.5	
TMP87C847U				8			1		√	8					2	2		√		√				
TMP87C847LU			0.95/122	8			1		√	8					2	2		√		√		37	1.8~4.0	
TMP87CC31N	12KB	256B	0.50	4								4		2	2	√	√	√			34	4.5~4.5		
TMP87CC20F		512B		2	32		1							1	4		√		√		45	4.5~6.0 2.7~6.0		
TMP87CC40N/F				8			2			8					2	2		√		√		56	4.5~6.0 2.7~6.0	
TMP87CC41N/F/U			0.50/122	8			2			16					2	2		√		√			4.5~5.5	
TMP87CC78F			0.95/122			40	2			8					2	2		√		√		89	2.7~5.5	
TMP87CH00N/F/DF	16KB	256B		8			2							2	2		√		√			4.5~6.0 2.7~6.0		
TMP87CH00LF				4			2							2	2		√		√		58	4.5~5.5 1.8~5.5		
TMP87CH31N		512B	0.50	4								4		2	2	√	√	√	√		34	4.5~5.5		
TMP87CH14N/F			0.50/122 0.95/122			16	1			8					2	2		√		√		55	4.5~5.5 2.7~5.5	

(续)

型 号	ROM	RAM	最短指令执行时间 /μs	显示驱动器			SIO 通道	UART 通道	I ² C 总线	高速 串行 输出	A/D 变 换 器		D/A 变 换 器	定时器/ 计数器			遥控检测	监视定时器	OSD	双时钟	时钟分频	I/O 端口数	电源电压/V
				LED	LCD	VFT					8 位 通道	10 位 通道		18 位 通道	16 位 通道	8 位 通道							
TMP87CH20F	16KB	512B	0.50/122	2	32		1								1	4		√		√		45	4.5~6.0 2.7~6.0
TMP87CH38N/F			0.95/122	4				2		6					2	2	√	√	√	√		33	4.5~5.5
TMP87CH40N/F				8			2		8						2	2		√		√		56	4.5~6.0 2.7~6.0
TMP87CH41N/F/U			0.50/122	8			2			16					2	2		√		√			4.5~5.5 2.7~5.5
TMP87CH46N			0.95/122	8			1		√	8					2	2		√		√		35	
TMP87CH47U				8			1		√	8					2	2		√		√		37	
TMP87CH47LU				8			1		√	8					2	2		√		√			1.8~4.0
TMP87CH48U/DF	16KB	512B		8			1	1			16				2	2		√		√		56	4.5~5.5 2.7~5.5
TMP87CH48IU				8			1	1			16				2	2		√		√			
TMP87CH70BF						16	1		√			6			2	2		√		√		73	
TMP87CH74AF				16		37	1	1		12					2	2		√		√		71	
TMP87CH75F			0.50/122	16		51	1	1		16					2	2		√		√		89	
TMP87CH78F		0.95/122			40	2			8					2	2		√		√			4.5~5.5 2.7~5.5	
TMP87CH21F/DF		1KB			32		2			8				2	2		√		√		52		
TMP87CHAF/ADF					32		2			8				2	2		√		√		52		
TMP87CH29N/U				3	24			1		5			1		4		√		√		43		
TMP87CH34BN				4				2			4				2	2	√	√	√		33		4.5~5.5
TMP87CH36N	0.50		4				1			4				2	2	√	√	√		34			
TMP87CK38N/F	24KB	512B	0.50	4				2	6						2	2	√	√	√		33	4.5~5.5	
TMP87CK14N/F						16	1			8					2	2		√		√		55	4.5~5.5 2.7~5.5
TMP87CK20AF			0.50/122	2	32		1			8					1	4		√		√		45	
TMP87CK29N/U			0.95/122	3	24			1		5						4		√		√		43	
TMP87CK34BN				4				2			4				2	2	√	√	√		33	4.5~5.5	
TMP87CK36N			0.50	4				1			4				2	2	√	√	√		34		
TMP87CK40AN/AF				8			2		8						2	2		√		√		56	4.5~6.0 2.7~6.0
TMP87CK41N/F/U			0.50/122	8			2			16					2	2		√		√			4.5~5.5 2.7~5.5
TMP87CK43N			0.95/122					2	6						2	2		√		√		35	4.5~5.5
TMP87CK78F			0.50/122			40	2		8						2	2		√		√		89	2.7~5.5

(续)

型 号	ROM	RAM	最短指令执行时间 /μs	显示驱动器			SIO通道	UART通道	I ² C总线通道	高速串行输出通道	A/D转换器		D/A转换器通道	定时器/计数器			遥控检测	监视定时器	OSD	双时钟	时钟分频	I/O端口数	电源电压/V
				LED	LCD	VFT					8位通道	10位通道		18位通道	16位通道	8位通道							
TMP87CM70BF	32KB	512B	0.50/122 0.95/122			16	1		✓			6			2	2		✓		✓		73	4.5~5.5 2.7~5.5
TMP87CM14N/F					16	1			8					2	2		✓		✓		55		
TMP87CM20AF		2		32		2								1	4		✓		✓		45		
TMP87CM21F/DF		1		32		2			8					2	2		✓		✓		52		
TMP87CM23F		1		40					8					2	2		✓		✓		70		
TMP87CM29N/U		3		24				1		5				1		4		✓		✓		43	4.5~5.5
TMP87CM34BN		0.5	4				2			4			2	2	✓	✓	✓				33		
TMP87CM36N			4				1			4			2	2	✓	✓	✓				34		
TMP87CM38N/F			4				2		6					2	2	✓	✓	✓				33	
TMP87CM39N		1KB	0.50/1221 22	4				2		8					2	2	✓	✓	✓	✓		55	4.5~5.5 2.7~5.5
TMP87CM40AN/AF			0.50/122 0.95/122	8			2			8					2	2		✓		✓			
TMP87CM41N/F/U				8			2			16				2	2		✓		✓			56	
TMP87CM43N								2		6					2	2		✓		✓		35	
TMP87CM45N			0.50/1221 22	4				2		8					2	2	✓	✓		✓		55	
TMP87CM48U/DF			0.50/122 0.95/122	8				1	1		16					2	2		✓		✓		56
TMP87CM53F	32KB	1KB	0.50/122 0.95/122	7			1	1		8					2	2		✓		✓	✓	72	4.5~5.5 2.2~5.5
TMP87CM64F				16			3			16					2	3		✓		✓		90	
TMP87CM74AF				16		37	1	1		12					2	2		✓		✓		71	
TMP87CM75F				16		51	1	1		16					2	2		✓		✓			4.5~5.5 2.1~5.5
TMP87CM78F						40	2			8					2	2		✓		✓		89	
TMP87CM71F		1.5KB				16	1		✓			6			2	2		✓		✓		73	
TMP87CM24AF		2KB	1	40		2			8						2	2		✓		✓		69	4.5~5.5 2.2~5.5

(续)

型 号	ROM	RAM	最短指令执行时间 /μs	显示驱动器			SIO通道	UART通道	I ² C总线通道	高速串行输出	A/D转换器		D/A转换器输入	D/A转换器输出	定时器/计数器			遥控检测	监视定时器	OSD	双时钟	时钟分频	I/O端口数	电源电压/V
				LED	LCD	VFT					8位通道	10位通道			18位通道	16位通道	8位通道							
TMP87CN71F	40KB	1.5KB	0.50/122 0.95/122			16	1		√						2	2		√		√		73	4.5~5.5 2.7~5.5	
TMP87CP71F		1.5KB				16	1		√			6			2	2		√		√				
TMP87CP23F					40		2			8					2	2		√		√		70	4.5~5.5 2.2~5.5	
TMP87CP24AF				1	40		2			8					2	2		√		√		69		
TMP87CP38N/F	48KB	2KB		0.5	4				2	6					2	2	√	√	√			33	4.5~5.5	
TMP87CP39N				0.50/122 122	4				2	8					2	2	√	√	√	√		55	4.5~5.5 2.7~5.5	
TMP87CP64F				0.50/122 0.95/122	16			3		16					2	3		√		√		90		
TMP87CS38N/F			0.5	4				2	6		6			2	2	√	√	√			33	4.5~5.5		
TMP87CS39N			0.50/122 122	4				2	8					2	2	√	√	√	√		55	4.5~5.5 2.7~5.5		
TMP87CS64F	60KB	2KB		16			3		16					2	3		√		√		90			
TMP87CS68DF			0.50/122 0.95/122	7			1	1	8					2	2		√		√	√	72			
TMP87CS71F						16	1		√		6			2	2		√		√		73			

注：✓表示有此功能，下表同。

表 1-2 东芝公司 TLCS-870/C 系列单片机产品特性

ROM	RAM	产品型号	最小指令 执行时间 / μ s	LED 驱动器	LCD 驱动器	VFT 驱动器	CAN 局部网	SEI 串行口	SIO 通道	SIO或UART 串行口	I ² C BUS 串行口	同步处理器	P W M	AD 转换器		定时器 计数器			电动机控制	监视定时器	双时钟	时钟发生器	I/O 引脚	工作电压 / V
														8 位	10 位	18 位	16 位	8 位						
2KB	128B	TMP86P202P	0.50	2										4				2		✓			14	3.3 ~ 5.5
		TMP86P203P		2											4				2		✓			

(续)

ROM	RAM	产品型号	最小指令 执行时间 /μs	LED 驱动器	LCD 驱动器	VFT 驱动器	CAN 局部网	SEI 串行口	SIO 通道	SIO或UART 串行口	I ² C BUS 串行口	同步 处理器	PWM	AD 转换器		定时器 计数器					电动机 控制	监视定 时器	双时钟	时钟发 生器	I/O 引脚	工作电 压/V
														8 位	10 位	18 位	16 位	8 位								
4KB	256B	TMP86C420U/F	0.25/122 0.50/122 0.95/122	4	32				1					8		1	2		✓	✓			39	4.5 ~ 5.5 2.7 ~ 5.5 1.8 ~ 5.5		
		TMP86C407M/N Note7		8				1					6			1	2		✓	✓		22	4.5 ~ 5.5 2.7 ~ 5.5			
		TMP86C408DM		8				1					6			1	2		✓	✓		24				
8KB	512B	TMP86C807M/N Note7	0.50/122	8				1					6			1	2		✓	✓		22		2.7 ~ 5.5		
		TMP86C808DM		8				1					6			1	2		✓	✓		24				
		TMP86C845U	0.50/122	19				1					8			2		✓	✓		35	2.7 ~ 5.5				
		TMP86C820U/F		4	32			1					8		1	2		✓	✓		39	4.5 ~ 5.5 2.7 ~ 5.5 1.8 ~ 5.5				
		TMP86C829BU/BF		4	32								8	1	4		✓	✓								
TMP86C846N		19				1					8		1	2		✓	✓		33							
16KB	512B	TMP86C847U	0.25/122 0.50/122	19				1					8		1	2		✓	✓			35	4.5 ~ 5.5 2.7 ~ 5.5			
		TMP86CH06N/U	0.95/122	8											1	2		✓	✓	✓		1.8 ~ 5.5				
		TMP86CH46N		19				1					8		1	2		✓	✓		33					
		TMP86CH47U		19				1					8		1	2		✓	✓		35					
		TMP86CH21U/F		4	32								8		1	4		✓	✓		39					
	1KB	TMP86CH87AU	0.25/122 0.50/122	8			1	1						14		1	2		✓	✓			35	4.5 ~ 5.5 2.7 ~ 5.5		
	1.5KB	TMP86CH29BU/BF	0.25/122 0.50/122 0.95/122	4	32									8	1		4		✓	✓			39	4.5 ~ 5.5 2.7 ~ 5.5 1.8 ~ 5.5		
24KB	1KB	TMP86CK74AFG	0.25/122 0.50/122	2		37			1					8			2	2		✓	✓			70	4.5 ~ 5.5 2.7 ~ 5.5	

(续)

ROM	RAM	产品型号	最小指令 执行时间 /μs	LED 驱动器	LCD 驱动器	VFT 局部网	CAN 串行口	SEI 串行口	SIO 通道	SIO 或UART 串行口	I ² C BUS 串行口	同步 处理器	PWM	AD 转换器		定时器 计数器				电动机 控制	乘累 加器	程序校正 电路	监视定时 器	双时钟	时钟发生 器	I/O 引脚	工作 电压 /V
														8位	10位	8位D/A 转换器	18位	16位	10位								
32KB	1.5KB	TMP86CM23U	0.25/122 0.50/122 0.95/122	5	32				1					8		1			4	√		√	√		48	3.5~5.5 2.7~5.5 1.8~5.5	
		TMP86CM29BU/ BF	0.25/122 0.50/122 0.95/122	4	32									8		1			4			√	√		39	4.5~5.5 2.7~5.5 1.8~5.5	
	1KB	TMP86CM41F	0.25/122	8					1					16			2		4			√	√		55	4.5~5.5	
		TMP86CM46N	0.25/122 0.50/122	19					1					8			1		2			√	√		33	4.5~5.5 2.7~5.5	
		TMP86CM47U	0.95/122	19					1					8			1		2			√	√		35	1.8~5.5	
		TMP86CM87AU		8			1	1						14			1		2			√	√			4.5~5.5	
		TMP86CM27FG/DFG	0.25/122 0.50/122	8	40				1					8				1	2			√	√		55	2.7~5.5	
		TMP86CM74AFG		2	37				1					8				2	2			√	√		70		
	2KB	TMP86CM25F	0.25/122 0.50/122 0.95/122	4					1					8			1		4			√	√		42	4.5~5.5 2.7~5.5 1.8~5.5	
		TMP86FM48U/F Note8	0.25/122 0.50/122	11					2	1				16			2		2			√	√		54	2.7~3.6 1.8~3.6	
48KB	512B	TMP86CP11AN	0.33						1	√			8	3					2			√			35	4.5~5.5	
	2KB	TMP86CP23U	0.25/122 0.50/122 0.95/122	5	32				1					8		1			4	√		√	√		48	3.5~5.5 2.7~5.5 4.5~5.5	
		TMP86CP24F	0.25/122	12	24				2					8			2		2			√	√	√	54	2.7~3.6 1.8~3.6	
	1KB	TMP86CP27FG/DFG	0.50/122	8	40				1					8				1	2			√	√		55	4.5~5.5	
		TMP86CS44U		19					1					8	1		2		2			√	√		35	2.7~5.5	
	60KB	2KB	TMP86CS25F	0.25/122 0.50/122 0.95/122	4					1					8			1		4			√	√		42	4.5~5.5 2.7~5.5 1.8~5.5
TMP86CS41F			0.25/122	8					1					16			2		4			√	√		55	4.5~5.5	
TMP86CS43F			0.50/122	24					2					16			2		4	3		√	√		71	2.7~5.5	
TMP86CS64F			0.50/122	16					2					16			2		4			√	√		91		

1.5 单片机的应用

单片机具有体积小、可靠性高、控制功能强、性能价格比高和使用方便、容易产品化等一系列优点。因此大量的简单的嵌入式系统采用单片机作为内核，这种应用已深入到国民经济的各个领域，对各行业的技术改造和产品的更新换代起重要的推动作用。

1. 单片机在家用电器等消费类领域中的应用

家用电器等消费类领域的产品特点是量多面广。单片机应用到消费类产品之中，能大大提高它们的性价比，提高产品在市场上的竞争力，因而受到用户的青睐。目前家用电器几乎都是单片机控制的电脑产品，例如：空调、冰箱、洗衣机、微波炉、彩电、音响、家庭报警器、电子宠物等。

2. 单片机在智能仪表中的应用

单片机广泛地应用于实验室、交通运输工具、计量等各种仪器仪表之中，使仪器仪表智能化，提高它们的测量精度，加强其功能、简化仪器仪表的结构，使其便于使用、维护和改进。例如：电度表校验仪，电阻、电容、电感测量仪，船舶航行状态记录仪，烟叶水分测试仪，智能超声波测厚仪等。

3. 单片机在机电一体化中的应用

机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体，具有智能化特征的机电产品。例如：微机控制的铣床、车床、钻床、磨床等等。单片机应用于机电一体化产品中，它作为机电产品中的控制器，能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强、安装方便等优点，大大强化了这些产品的功能，提高了这些产品的自动化、智能化程度。

4. 单片机在实时控制中的应用

单片机也广泛地应用于各种实时控制系统中，如对工业上各种窑炉的温度、酸度、化学成分的控制。将测量技术、自动控制技术和单片机技术相结合，充分发挥数据处理和实时控制功能，使系统工作于最佳状态，提高系统的生产效率和产品的质量。在航空航天、通信、遥控、遥测等各种实时控制系统中都有用单片机作为控制器的应用实例。

5. 单片机在分布式多机系统中的应用

分布式多机系统具有功能强、可靠性高的特点，在比较复杂的系统中，都采用分布式多机系统。系统中有若干台功能各异的计算机，各自完成特定的任务，它们又通过通信相互联系、协调工作。单片机在这种多机系统中，往往作为一个终端机的控制核心，安装在系统的某些节点上，对现场信息进行实时的测量和控制。高档的单片机在多机通信（并行或串行）方面的功能很强，它们在分布式多机系统中可以发挥很大作用。

1.6 习题

1. 什么是单片机？为什么单片机的可靠性优于一般的微型计算机？
2. 单片机的存储器有什么特点？为什么单片机只适合于作为专用的微控制器使用而不能作为通用的微型计算机使用？
3. 指出一般微型机中没有而单片机却具有的两种 I/O 接口。
4. 请举出你所见到的两种嵌入式电脑型产品（外观看不到计算机的电脑型产品）。

第 2 章 TLCS-870/C 单片机系统结构

2.1 总体结构

TLCS-870/C 系列单片机是东芝公司 1998 年推出的新型 CMOS 单片机。它吸取了东芝公司和其他公司原有的单片机优点,综合了各种实用的功能模块,形成了系统的能适合于各种应用场合的系列产品。目前 TLCS-870/C 系列单片机还在发展中,根据市场需求不断推出新产品。如近来又推出了可反复擦写的 FLASH 型单片机。TLCS-870/C 系列的单片机具有如下的一些特点:

1) 模块化的系统结构 TLCS-870/C 系列的各种单片机都有一个标准的高性能的中央处理器 CPU,此外针对每个单片机的特殊应用领域,内嵌了一些标准化的功能模块,各个产品之间的差别仅在于功能模块的种类和数量。这种结构既可以满足各种应用需要,又可以使产品结构简洁,以提高产品的性能/价格比。对于用户来说便于学习和应用,只要掌握常用的功能模块的使用方法,就能触类旁通,掌握一般单片机的应用技术。

2) 可靠性高 由于采用了高集成度的生产工艺,减小了芯片的几何尺寸,从而消弱了外界干扰信号对内部工作状态的影响;在输入输出通路中使用多种抗干扰措施,如史密特触发输入,由程序设定干扰信号与有效信号之间的阈值等;具有完善的监视系统是否正常工作的模块。所有这些因素使 TLCS-870/C 系列单片机的可靠性高于其他系列的单片机。

3) 功耗低 TLCS-870/C 采用 CMOS 工艺,并具有多种低电压低功耗的工作方式,使产品功耗低、使用方便、应用领域广。

目前在我国国内开始广泛应用的产品有 TMP86CX47/46、TMP86C407/807、TMP86P202/203 等单片机,因此我们以这些单片机为例介绍 TLCS-870/C 单片机的系统结构以及常用功能模块的工作原理和使用方法。TLCS-870/C 单片机的一般结构如图 2-1 所示。

1. TMP86CX47/46 的总体结构

(1) TMP86CX47/46 的结构和资源特性

TMP86CX47/46 的单片机产品有 TMP86C847U、TMP86CH47U、TMP86CM47U、TMP86C846N、TMP86CH46N、TMP86CM46N。其中 TMP86CX47U (X = 8、H、M) 采用 QFP44 贴面封装形式,有 35 个 I/O 引脚,TMP86CX46N (X = 8、H、M) 采用 SDIP42 密脚双列直插封装形式,此外这些产品的存储器容量也有差别(见表 2-1)。在以后的叙述中,我们将这些产品统称为 TMP86C47/46。

表 2-1 TMP86C47/46 的存储器

产品型号	ROM	RAM	O.T.P 产品
TMP86C847U	8K × 8 位	512 × 8 位	TMP86PM47U
TMP86CH47U	16K × 8 位	512 × 8 位	
TMP86CM47U	32K × 8 位	1K × 8 位	