

TMS320系列

高速单片计算机原理与应用

汪亚南 王新扬 李晓峰 编著



电子科技大学出版社

—20N出品公司出品

北京图书服务公司出品



单线书标 一压敏胶型

TP368.1
WYN/1

TMS320系列 高速单片计算机原理与应用

汪亚南 王新扬 李晓峰 编著

电子科技大学出版社

• 1991 •

内 容 简 介

本书系统讲解了高速高位单片计算机——TMS320系列的原理及应用。内容有：TMS320系列单片机的基本原理、指令系统及其程序设计，系统组成和接口技术，TMS320的宏汇编、连接、仿真模拟、以及开发系统和调试技术，TMS320系列单片机在实时信号处理中的应用及实例。本书具有较强的理论性、系统性和实践性，并注重实用技术和方法，同时配有许多实例和思考题，是本学科的一本好教材，也是信号处理及应用领域一本好的参考书。

本书可作为各类信号处理（包括通信、雷达、语音、图象、生物医学、测量等信号）和单片机应用等领域中有关科技人员的参考书，高等院校教材和教师参考书。

JS276/10

TMS320系列

高速单片计算机原理与应用

汪亚南 王新扬 李晓峰 编著

电子科技大学出版社出版

（中国成都建设北路二段四号）

四川省金堂新华印刷厂印刷

四川省新华书店经销

*

开本 737×1092 1/16 印张 14.875 字数 365 千字

版次 1991年3月第一版 印次 1991年3月第一次印刷

印数 1—6000册

中国标准书号 ISBN 7-81016-261-6/TP·20

（15452·118）

定价：5.10元

前 言

近几年来，在国内外TMS320系列单片机的使用日渐广泛，已成了举世瞩目的新型机种。当今，掌握单片机应用技术是社会发展的新潮流。为了满足在各个科技领域中日益增长的对数字信号处理单片机技术的迫切需要以及为TMS320单片机尽早在国内推广应用，我们编著本书，期望它能对从事或关心本科技领域发展的读者有所帮助。

全书共有七章，每章主题明确，重点突出，概念清晰。既着重基本原理，也密切联系实际，并给出大量的应用实例。力求做到：硬件和软件，原理与应用紧密结合。

本书的特点是取材于科学研究成果，书中所推出的单元电路或系统结构是切实可行的，同时，本书是在原有讲义的基础上，通过多次教学实践加以提炼、修改而成。

本书在编写时，力求语言精练流畅，便于阅读。书中列举的大、小程序数以百计，皆是经过上机运行并能演示的应用实例。

本书在编写时，认为读者已经学过8位或16位通用微型计算机，已具有汇编语言和高级语言的程序设计能力。学完本书将使读者全面掌握TMS320系列单片机的软硬件系统。

本书适合用作高等学校教材和科技人员参考书。

本书第一、二、三章由汪亚南同志执笔，第四、七章由王新扬同志执笔，第五、六章由李晓峰同志执笔。

本书在编写过程中，得到电子科技大学校教材建设委员会、一系领导、信息所第二研究室的大力支持和帮助，陈尚勤教授对全书的撰写给予了关怀和指导，龚耀寰教授对书稿进行了认真详细的审阅，提出了许多宝贵意见。在此，我们一并表示衷心的感谢。

由于时间仓促，水平有限，问题在所难免，敬请读者指正。

编 者

1990年3月于电子科技大学

目 录

第一章 概 论.....	(1)
§1-1 计算机系统结构	(1)
一、ENIAC (埃立克) 结构.....	(1)
二、VON·NEUMANN (冯·诺伊曼) 结构.....	(2)
三、HARVARD (哈佛) 结构.....	(3)
§1-2 单片微型计算机的发展与应用	(4)
一、通用单片机的发展.....	(4)
二、专用单片信号处理器 (2920, μ PD7720)	(6)
三、数字信号处理单片机 (TMS320)	(9)
四、数字信号处理单片机的应用.....	(12)
思考题.....	(14)
第二章 TMS320系列单片机的硬件结构.....	(15)
§2-1 概 述	(15)
一、基本概念.....	(15)
二、单片机的基本结构.....	(16)
三、重叠运行方式.....	(17)
四、流水线技术.....	(18)
§2-2 TMS32010硬件结构	(19)
一、概 述.....	(19)
二、TMS32010结构体系.....	(21)
§2-3 TMS32020及TMS320C25的硬件结构	(36)
一、概 述.....	(36)
二、TMS32020硬件结构.....	(38)
三、TMS320C25硬件结构.....	(42)
§2-4 TMS320系列的新一代——TMS320C30功能结构.....	(46)
一、主要特点.....	(46)
二、结构体系.....	(46)
思考题.....	(49)
第三章 TMS320系列指令系统及程序设计.....	(51)
§3-1 概 述	(51)
一、寻址方式.....	(51)
二、指令格式.....	(52)
三、指令类型.....	(54)
四、符号及含义.....	(55)

§3-2 TMS32010单片机指令系统	(55)
一、数据传送类指令	(55)
二、运算操作类指令	(60)
三、程序控制类指令	(72)
§3-3 TMS32020-TMS320C25单片机指令系统	(80)
一、寻址方式	(80)
二、指令格式	(81)
三、符号及含义	(83)
四、TMS32020-TMS320C25指令集	(83)
五、TMS32020指令小结	(105)
§3-4 TMS320系列单片机应用程序设计实例	(106)
思考题	(130)
第四章 TMS320系列的系统组成与接口设计	(132)
§4-1 TMS32010的系统组成与基本的接口技术	(133)
一、TMS32010的片外程序存储器扩展技术	(133)
二、TMS32010的 I/O译码技术	(134)
三、TMS32010的片外数据存储器扩展技术	(136)
§4-2 TMS32020及TMS320C25的系统组成与接口技术	(137)
一、TMS32020的外部局部存储器配置技术	(137)
二、TMS32020的 I/O接口技术	(138)
三、TMS32020的串行口接口技术	(138)
四、TMS32020的系统组成和接口设计特点	(139)
§4-3 TMS320系列的A/D、D/A接口技术	(140)
一、取样保持电路	(140)
二、A/D变换电路	(140)
三、TMS32020和A/D转换器的接口技术	(140)
四、TMS32020与D/A转换器的接口技术	(141)
§4-4 TMS320系列微处理器的多处理器互连技术	(142)
一、基于直接存储器存取的多处理器互连技术	(142)
二、基于全局存储器的多处理器互连技术	(143)
三、基于高速缓冲通道的多处理器互连技术	(144)
思考题	(144)
第五章 宏汇编 连接与模拟调试	(145)
§5-1 概 述	(145)
§5-2 伪指令和宏汇编程序	(146)
一、概 述	(146)
二、建立源程序	(147)
三、常数、符号和表达式	(147)
四、伪指令	(148)

五、宏汇编程序的使用方法.....	(150)
§5-3 宏汇编与条件汇编.....	(152)
一、宏定义与调用.....	(153)
二、宏变元.....	(154)
三、条件宏汇编.....	(154)
四、宏定义中的标号处理.....	(157)
五、宏定义在程序中的位置和宏库.....	(157)
§5-4 简明实用的编程方式.....	(158)
§5-5 连接控制命令与连接处理.....	(161)
一、概 述.....	(161)
二、控制命令.....	(162)
三、建立连接控制文件.....	(163)
四、连接程序的使用方法.....	(164)
§5-6 非实时模拟运行与调试软件.....	(167)
一、启动模拟软件.....	(167)
二、装入程序.....	(168)
三、关于寄存器、标志位和状态位.....	(169)
四、关于程序ROM与数据RAM.....	(171)
五、设置断点.....	(172)
六、运行程序.....	(174)
七、模拟输入/输出.....	(175)
八、模拟外中断源.....	(176)
九、统计运行时间.....	(176)
十、跟踪程序的运行过程.....	(177)
十一、记录和重复某次调试过程.....	(177)
十二、结束与退出模拟.....	(177)
十三、模拟调试的基本步骤.....	(177)
思考题.....	(178)
第六章 开发系统和调试软件.....	(179)
§6-1 TMS32010硬件开发板.....	(179)
一、硬件结构.....	(179)
二、以PC机为支持体.....	(181)
三、单板机工作方式.....	(184)
§6-2 调试软件.....	(184)
一、概 述.....	(184)
二、使用方法.....	(185)
思考题.....	(192)
第七章 TMS320在实时信号处理中的应用.....	(193)
§7-1 典型信号处理软件.....	(193)

一、除法程序.....	(193)
二、浮点乘法程序.....	(194)
三、矩阵相乘.....	(200)
四、TMS320快速傅里叶变换程序.....	(206)
§7-2 一个用TMS32010 作前端处理的实时语音分析系统	(217)
一、硬件系统结构.....	(217)
二、FFT比例选择及加窗.....	(218)
三、算法和程序上的考虑.....	(218)
§7-3 一个用多元TMS32020构成的SIMD 多处理器系统	
在LMS自适应算法实现中的应用	(218)
一、硬件描述.....	(218)
二、算法及工作过程.....	(219)
思考题.....	(220)
附录一 TMS32010指令集.....	(221)
附录二 TMS32020指令集.....	(225)
附录三 TMS320C25指令集.....	(228)
参考文献.....	(230)

第一章 概 论

电子数字计算机诞生于四十年代末。迄今为止,仅四十余年,已经更新了四代。据统计,计算机每隔5~8年,速度提高10倍,体积缩小10倍,成本下降10倍。纵观人类科技发展的全部历史,可以说还没有哪一门学科能象电子计算机如此迅猛地发展。

对于计算机基本结构设计的研究是从1937年开始,经历了十多年的艰苦努力才逐渐形成。

早在1935年,最先草拟出来的设计蓝图是一台继电器计算机。1937年,二进制加法器制作成功。1946年,世界上第一台电子计算机ENIAC(电子数字积分机与计算机)诞生,虽然从现代观点来看,ENIAC的结构还非常简陋,它的主存储器仅由20个寄存器组成,不是真正的存储程序式电子计算机,运算功能也不强,但是它奠定了现代电子计算机的基础,开创了计算机技术发展的新时代。

1945年,J.V.诺伊曼发表了“离散变量电子自动计算机”即EDVAC,第一次提出了“存储程序”概念和二进制原理,并在EDVAC方案中采用。实践证明,这种设计是很有效的。以后,人们把具有此种概念和原理的电子计算机统称为“冯·诺伊曼型结构”计算机。

当今是第五代计算机研制的时代。新一代计算机将是较前四代功能更强的机器。它的真正力量不仅表现在处理速度,而更重要的是在于推理能力;它与前四代计算机的重大区别不仅在其所采用的技术上,而且在概念上也大不相同。这种新型计算机已从单纯的数据处理飞跃到知识、信息的智能处理,故被称为智能计算机。第五代计算机的系统结构,将抛弃以前所采用的传统结构,而采用新的并行结构(统称为非冯·诺伊曼结构)、新的存储器结构、新的程序设计语言以及能处理符号而不只是处理数字的新的操作方式。

§1-1 计算机系统结构

一、ENIAC(埃立克)结构

自从第一台计算机问世以来,计算机的内部结构经过了不断的演变与改进。其中ENIAC机的结构体现了最早计算机的构造特点和基本设计思想。比如:

- (1)需要输入设备,计算机才能正常工作。ENIAC的输入数据是来自穿孔卡片。
- (2)在运算过程中,为了对机器的所有操作全面控制,需要有一整套指令或一系列操作步骤。所有指令按顺序编写在纸带上,然后将它逐条输入计算机。当需要跳过某些指令时,由程序员进行干预。
- (3)ENIAC将程序和数据完全分开。纸带起着操作步骤(程序)存储器的作用,穿孔卡片起着操作数(数据)存储器的作用,而纸带阅读机的控制逻辑电路则起着系统控制器的作用。这种把程序和数据分别存放在不同的存储设备的作法,在哈佛大学所发展的MARK

系列机中一直被沿用下来。

(4) 中央处理器是对输入数据进行算术运算和逻辑操作的关键部件。ENIAC采用了累加器。

(5) 使用局部存储器作为中间数据的暂存器，用以保存常用的操作数和部分计算结果。

(6) 使用输出媒介来呈现最后的计算结果。ENIAC使用穿孔卡片和电传打字机作为主要输出设备。

ENIAC计算机的基本结构，如图1-1所示。图中设置三种不同的存储器：操作数存储器，程序存储器和暂存器。各个部件之间的通信路径构成系统的内部总线结构。

图1-2所示的计算机结构为继ENIAC结构之后的第二种基本结构，或称过渡性结构。由图可看出，暂存器合并到ALU里面，而数据存储器与程序存储器也合二为一。

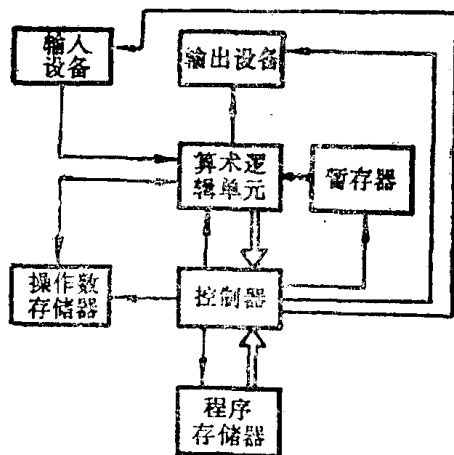


图1-1 早期计算机的基本结构

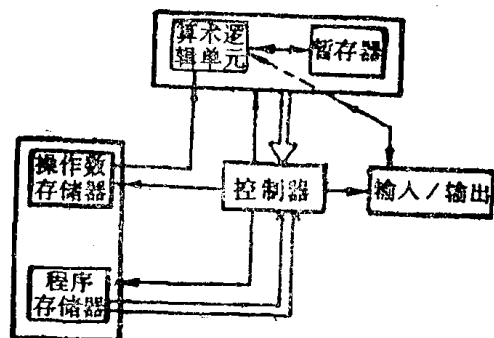


图1-2 过渡性结构

二、VON·NEUMANN (冯·诺伊曼) 结构

计算机的结构特点是计算机划代的重要标志。

由于在ENIAC机器上编制新程序时，需要对计算机的控制部分重新接线，这个困难使得冯·诺伊曼等人作出如下设想：如果把指令和数据只当作是主存储器内不同位置的内容，那它们实质上是等效的。因此，指令和数据可放到主存中交替进行工作。由此，冯·诺伊曼建议把分开设置的程序存储器和数据存储器合并为一个公共的存储器，并于1946年对它的基本原理进行了描述，归纳出电子计算机所必须具备的性质：

(1) 必须有一个存储器。程序和数据都以二进制代码形式存于存储器中。从形式上看，指令和数据没有区别。因此，程序在执行过程中，也和数据一样，可以处理和修改。

(2) 必须有一个控制器。在它的控制下，指令依次从存储器中取出，然后对指令进行解释和执行。每条指令均由操作码、操作数地址和运算结果地址组成。

(3) 必须有一个运算器，用于完成所需要的算术运算和逻辑运算。

(4) 必须有输入和输出设备，用来进行人-机通信。

冯·诺伊曼并根据上述原则制成IAS^[注]计算机。其基本组成如图1-3所示。

在图1-3中，进一步将控制器与ALU合并在一起，构成中央处理单元(CPU)。它

[注]1946年，冯·诺伊曼在普林斯顿大学的高级研究所(IAS)工作。因此，他所研制的试验性数字计算机也以IAS命名。

是计算机的核心部分。整个计算机由CPU、存储器（包括程序存储器和数据存储器）以及 I/O设备组成。从那时起，直到七十年代初，冯·诺伊曼这一设计思想一直应用于所有的主要计算机结构中，人们称它为传统计算机结构。

应当说明，冯·诺伊曼的主要贡献并不在于确定了计算机的五个组成部分，因为早在一百年以前，英国制造的机械计算机中就已经有了这五个部分；也不在于实现了二进制数的表示法及运算，因为二进制运算方法在以前的机电计算机上就已经采用。冯·诺伊曼的主要贡献在于“存储程序”概念的提出和实现。在这以前的计算机，包括ENIAC机在内，都是把计算程序预先在调度板上编制好，然后再执行的。因此，装入和修改程序极其麻烦。只有在确定了存储程序的概念之后，才真正实现了计算机的连续自动计算原理。

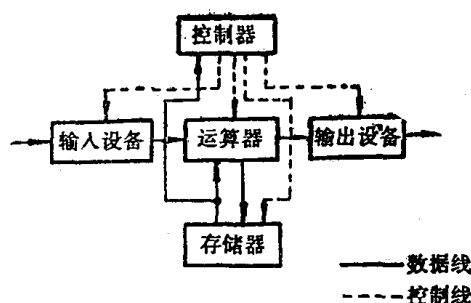


图1-3 冯·诺伊曼结构

三、HARVARD（哈佛）结构

研究计算机系统结构的重要任务之一，就是分析传统机器结构的特点和局限性，在此基础上探讨突破这些限制的途径。所谓传统机器结构是指早期的计算机系统，由于没有任何其它高级语言，没有操作系统，而是直接使用二进制代码表示的机器语言来编制程序，并由电子线路直接实现。虽然现代计算机在系统结构上有了很大的发展，但从根本来看，仍然保留着早期计算机的基本形态，仍属于冯·诺伊曼结构。

随着计算机的发展，传统机器结构的缺点日益显露，特别明显的是实现并行处理功能等方面受到限制。这些限制是由于传统机器的集中、顺序的控制性质所造成的，而多处理机结构就是在这一点上突破了传统结构。

在早期的MARK-I（自动程控计算机）中，程序存储器和数据存储器是分别利用各自的存储介质，因而它们实际上是完全隔离的。前者通过纸带输入机与CPU通信，后者通过卡片输入机与CPU通信，这两条专用通路在物理结构上彼此毫无关联，是一种新型结构的计算机。MARK-I在哈佛大学投入运转，人们称这种结构为哈佛（HARVARD）结构，如图1-4所示。这里，程序和数据使用不同的存储器，并且CPU对每个存储器进行存取所用的总线也是各不相同的。虽然成本较高，但由于CPU可以同时使用两个存储器，因而可达到更高的工作速度。图1-4所示的这类逻辑结构的特点是：使用两个独立的存储模块，分别存储指令和数据，每个存储模块都不允许指令和数据并存；使用独立的两条总线，分别作为CPU与每个存储器之间的专用通信路径，而这两条总线之间是毫无关联的。

图1-5为改进型哈佛结构。它具有以下特点：

（1）利用相互独立的存储模块分别存储指令和数据，在任何一个存储模块里，不允许指令和数据并存，以便实现并行处理。

（2）具有一条独立的地址总线和一条独立的信息（数据）总线。利用此公用地址总线来访问两个存储模块；利用公用数据总线来完成任一存储模块与CPU之间的数据传输。

（3）两条总线由程序存储器和数据存储器分时共用。为了实现并行操作，每个存储器模块可以配设缓冲器，使存储器模块可以进行交错存取，这样就提高了机器的处理速度。

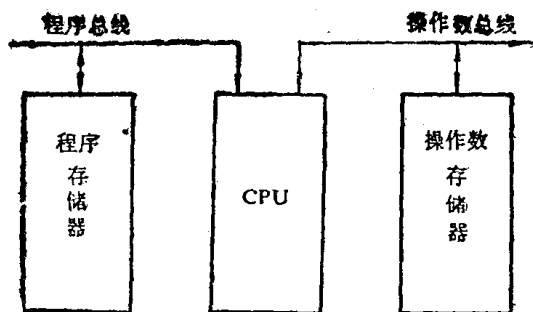


图1-4 哈佛结构

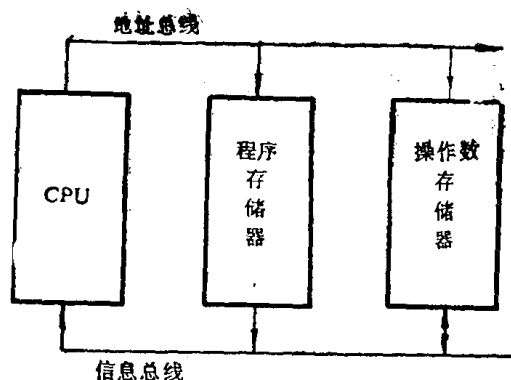


图1-5 改进型哈佛结构

由上可以看出，哈佛结构不允许程序和数据共用同一个存储器实体。对程序存储器并不要求一定是只读存储器（ROM），程序存储器可以全部使用ROM，也可以全部使用RAM，或者两种都用。对数据的存放也没有规定数据只能存放在EPROM或者RAM里。通常，数据存储器一般都全部使用RAM，而在特殊情况下，也可以混合使用RAM和EPROM。

§1-2 单片微型计算机的发展与应用

一、通用单片机的发展

在微电子技术的发展异常迅速的形势下，微计算机应用领域中又涌现出许多引人注目的新型电子器件。例如，小型和便携式仪器仪表、小规模工业控制、家用电器等，虽然其控制原理不一定复杂，但它们却对体积、成本、功耗等有较高、较严的要求，这不仅使传统的电子设备无能为力，而且连通用微型计算机也不能胜任。为了满足应用上的各种特殊需要，单片微型计算机便应运而生。

应用于控制领域的单片微型机（也称作微控制器）在设计上，有意削减其计算功能，加强控制功能，减少存储容量、调整接口配置等；在结构上，打破了典型微机按逻辑功能划分结构的传统概念，以不求规模大，力争小而全为目标。在一块芯片上集成了一台计算机的基本部件，故称为单片微型计算机，简称单片机。单片机更为突出地体现出微型机的“微”，是微型化的微型机。因而问世不久，便成为微型计算机家族中的一支新秀，占据了十分重要的位置。

单片机按照其基本操作处理的位数可分为1位、4位、8位、16位，乃至32位单片机。

1位单片机主要用于简单的控制。

4位单片机种类很多，如德克萨斯仪器公司（TI）的TMS1000系列，洛克威尔公司（Rockwell）的PPS4/1系列等。TMS1000系列4位单片机于1974年制成，主要用于工业和消费类电子产品，如计算器、家用电器、游戏娱乐用品等。它分为28、40和64个引脚三种结构，在芯片中有ROM和RAM，且存储容量大小不同，具有各种规格。

8位单片机品种繁多，如MCS-48系列，MC6801系列，Z8系列以及洛克威尔的6501系列等。这类单片机的特点是：无串行输入/输出口，RAM、ROM容量小，寻址范围为4K字

节, 因此应用受到了限制, 但它们是目下用得最为广泛的一类单片机。

高档 8 位单片机有以下系列。

TMS-7000 系列, 采用微程序化指令, 用户可部分设计自己所需的指令, 因此使用更为灵活。

μ COM-7800 系列, 内部 ROM 为 4~6 K 字节, RAM 为 64~128~256 字节, 有 12 位定时器/计数器、有串行 I/O 口、A/D 转换、硬件乘法、除法器 and 16 位寄存器, 后继产品还将增加显示接口、网络接口等。

MCS-51 系列, 这是 1980 年以后推出的新产品, 与 MCS-48 相比, 各项指标均有很多新的突破, 适用于复杂的实时控制, 成为当前工业测控系统中较理想的机种。在该系列中, 尚有以 8051 为核心的带串行接口的增强型 RUP1-44 单片机, 这是一种双控制器结构的高性能单片机。

16 位单片机系列如下。

TMS-9900 系列为 16 位单片机, 例如 TMS9940, 它的 ROM 为 1K 字节, RAM 有 64 字节。TMS9940 的主要特点是: RAM 分为四个工作区, 每个区可分配给某一项任务使用, 因而可用于多重处理技术中。在需要时, 可用开关转换到另一个新的工作区, 改变成执行另一任务。每个工作区为 16 个字节, 其中至少有 4 个字节作为状态以及输入/输出访问地址用, 其余 12 个字节存储数据。TMS9940 具有串行的 I/O 结构, 有 32 条 I/O 线, 还可直接扩充到 256 条, 因此, 输入/输出能力很强。TMS9940 的指令功能也较强, 包括硬件乘法与除法, 十进制加法与减法等, 寻址方式也多样化。但 TMS9940 的主要不足之处是存储器的容量太小, 因而限制了它的应用范围。

MCS-96 系列是 1983 年问世的新的 16 位单片机系列, 它在一块芯片上集成了 13 万以上晶体管, 是当今世界上具有最高性能的单片机系列产品之一。MCS-96 系列有 8 种子系列, 可按片内无 ROM 型、ROM 型、EPROM 型、无 A/D 型、有 A/D 型、48 引脚或 68 引脚来区分, 还具有不同的封装结构。MCS-96 系列单片机的特点是:

(1) 具有 16 位的 CPU, 没有采用习惯的累加器结构, 改用寄存器-寄存器结构, 提高了操作速度和数据吞吐能力。

(2) 具有高效的指令系统, 可对无符号数和带符号数进行操作, 有 16 位乘 16 位和 32 位除 16 位的乘、除法指令及数据规格化 (有助于浮点数运算) 指令等等。在许多指令中, 可用双操作数, 也可用 3 操作数 (2 个源操作数和 1 个目的操作数)。指令执行后, 2 个源操作数的值不变, 因此大大提高编程效率。

(3) 具有 8 通道 (4 通道) 10 位 A/D 转换器, 因此特别适用于多路数据采集系统、智能仪器和高速的实时控制系统等应用领域。

(4) 可直接提供脉宽调制信号, 并配有高级语言以供使用。

可见, MCS-96 系列能够提供的软、硬件资源远比 MCS-51 系列丰富。因此, 其应用前景更为广阔。

从以上通用单片机的发展中, 可以看出:

① 单片机的存储容量日益增大, 且便于扩充。ROM 可达 6~8 KB, RAM 也达 256B 以上。存储器寻址范围扩大到 64K 以上。

② 单片机的输入/输出功能越来越强。从少量的并行口到现有的串行口、A/D 转换接

口等,定时器/计数器从8位发展到16位。

③单片机的封装技术大有改进。引脚数目增加到64~68个,并可做成“背插式”,即在单片机背上带有插座,以供插入EPROM。

用于实时控制场合时,着重考虑器件的可靠性。目前,这类单片机平均无故障时间可达 $10^6 \sim 10^7$ 小时,即单片机本身可以无故障连续运行数十年。

目前我国采用的单片机以INTEL-MCS系列居多,从普及性单片机而言,以MCS系列单片机最为著名。

二、专用单片信号处理器(2920, μ PD7720)

单片微型计算机就其用途来分,可分为通用和专用两类,前者是“面向控制”的,如上所述的各种系列型单片机,它们是单片机发展的主流;后者是针对各种特殊应用场合专门设计的单片机,又叫专用微控制器,如频率合成调谐器、录音机机芯控制器、打印机控制器等。

应用于信号处理领域的单片机(也称单片信号处理器)是在VLSI技术高速发展的基础上,改进MOS工艺,并在结构上采取一系列重大改变而形成的。这类单片机的相继问世标志着单片机发展的新动向。如: Intel 2920, NEC μ PD7720, TI TMS320等。

1. 模拟信号处理器——Intel 2920

Intel 2920是单片机中第一个脱离了通用型结构的重要机种,它是为专用于快速实时模拟信号处理而作了优化设计的专用单片机。

信号处理指的是对电信号进行滤波、变换、频谱分析、相关等处理。早期的信号处理主要是由模拟系统来实现的。后来由于大规模集成电路工艺、计算机技术及信号处理技术的发展,现已用数字信号处理(DSP)来代替模拟信号处理。DSP技术的特点是用数字方式对信号进行高速、高精度处理。

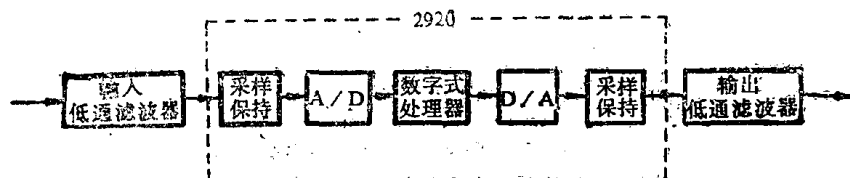


图1-6 数字式处理模拟信号方框图

图1-6为对模拟信号进行数字式信号处理的方框图。其中,输入低通滤波器用于减少由于模拟信号采样而产生的折叠误差,输出低通滤波器用于重建模拟信号。输入采样保持是为了对模拟信号时间采样,并将采样值保持一个采样周期。由A/D将连续采样值变成数字信号,以便于数字式处理器进行处理。处理结果由D/A和输出采样保持来完成从数字到模拟的转换。

通常的微机系统实质是完成数字式处理器的功能。1978年出现的第一代信号处理单片机Intel 2920可包含图1-6的大部分功能。

Intel 2920的方框图如图1-7所示。2920由三大部分组成:

(1) 程序控制部分: 包括程序存储器 192×24 位EPROM,时钟发生器等。在EPROM中存储192个字的微指令来控制2920的操作,每个指令长24位。为了保持恒定的采样数据率,每一指令的执行时间是相同的:当时钟频率为10MHz时,指令执行周期为400ns。采样率取

决于程序的指令数乘指令时间,包含192条指令的程序在10MHz钟频下,其采样率可达13kHz,因此,允许的输入信号带宽为6.5kHz。2920的输入为4线复用,输出为8线复用,故能完成多路处理。

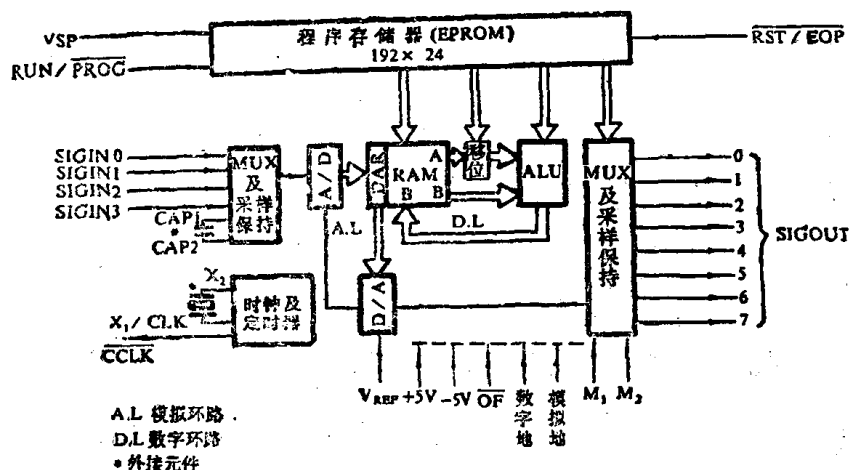


图1-7 Intel 2920方框图

(2) 模拟处理系统: 包括A/D和D/A转换器、输入/输出多路转换开关、采样-保持电路等。该部分用来完成模拟→数字信号、数字→模拟信号的转换。

在程序控制下, 2920从4个输入中选择一路信号。A/D转换的结果存在DAR中。DAR为模拟和数字接口, 同时用于输出。DAR的数据送到RAM, 以备进一步处理, 也可送到D/A经采样-保持输出。

(3) 数字处理系统: 包括数据存储器 40×25 RAM (二个端口)、换算移位器 (双向移位) 和ALU等。该部分可对数字信号进行存储和处理。RAM可同时送出两个25位字长的数字, 移位的范围是从左移2位 (相当于乘 2^2) 到右移13位 (相当于乘 2^{-13}), 以完成数字换算。由于数字处理系统和模拟处理系统是同时工作的, 因而大大提高了工作速度。

Intel 2920是一个单片微型计算机, 也是一个完整的单片高速数据采集系统。2920由于结构和指令的特点, 故能进行较高速的信号处理。多片2920级联 (串联和并联) 可实现更高速度、更复杂功能的处理, 因此获得广泛的应用。

2. 数字信号处理器——NEC μ PD7720/77P20D)

μ PD7720单片信号处理器是NEC公司于1979年推出的产品。 μ PD7720信号处理系统通常做成FIR/IIR (有限冲激响应/无限冲激响应) 滤波器或DFT/FFT (离散傅立叶变换/快速傅立叶变换) 处理器。 μ PD7720信号处理器是采用高速NMOS工艺, 在一个片子上制成一个完整的16位微型计算机。如图1-8所示。ROM空间分为指令ROM和数据ROM, 分别可用作程序和数据、系数存储, 而片内RAM则用来暂存数据、系数和运算结果。片内有一16位ALU可提供计算, 能力并且单独有一个 16×16 位完全并行乘法器, 这种组合结构则允许在单指令周期250ns内实现“积之和”运算。此外, 每条算术运算指令, 都可为大量的数据传送作准备, 使得吞吐量进一步提高; μ PD7720有两个串行I/O口和一个并行口, 后者可提供数据和状态两种信息, 使得 μ PD77P20D可用在更为精密的应用场合。

(1) μ PD77P20D方框图简介

图1-8为 μ PD77P20D信号处理单片机的方框图。

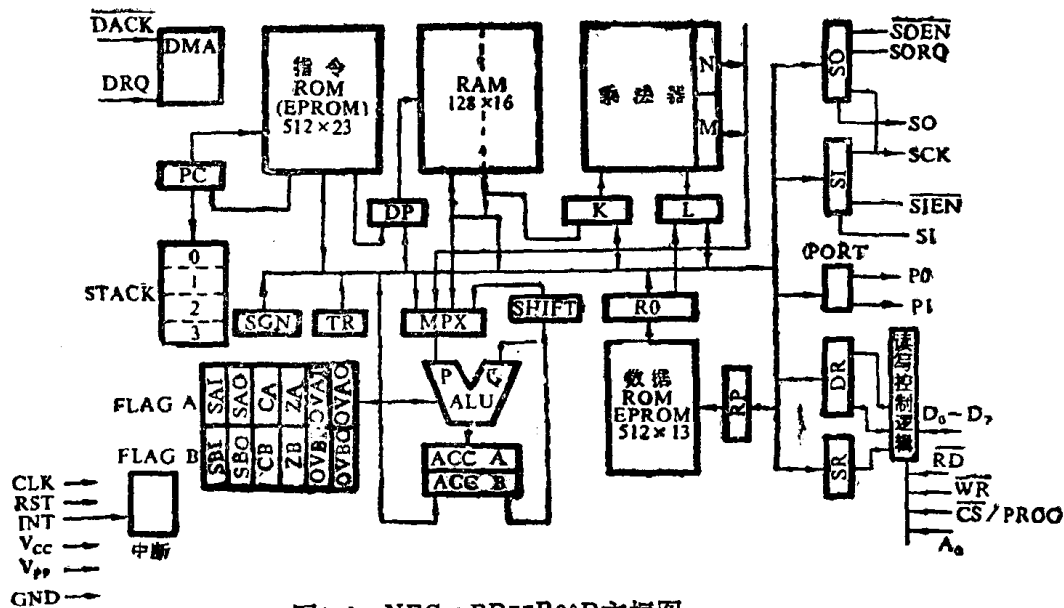


图1-8 NEC μ PD77P20D方框图

图中符号说明如下:

$D_0 \sim D_7$ ——8位I/O数据线

WR——写控制位

A_0 ——并行口内DR、SR的选择控制位

$\overline{DACK}$ } DMA DMA响应
 $\overline{DRQ}$ } 控制 DMA请求

PC——程序计数器(9位)

DP——数据RAM地址指示器(7位)

RO——ROM输出缓冲器

M, N——乘法器输出寄存器

P0, P1——通用输出口

$\overline{SOEN}$ ——串行输出允许

SCK——串行口寄存器外时钟

CLK——芯片主时钟

FLAG A, FLAG B——标志寄存器A、B

SGN——符号寄存器

SR——状态寄存器

$\overline{RD}$ ——读控制位

$\overline{CS}/\overline{PROG}$ ——片选/编程

RST——复位

SI——串行输入口

$\overline{SIEN}$ ——串行输入禁止

STACK——堆栈

RP——数据ROM地址指示器(9位)

K, L——乘法器输入寄存器

PORT——输出口

SO——串行输出口

SORQ——串行输出请求

INT——中断

ACC A, ACC B——累加器A、B

CA, CB——进位

TR——暂存器

DR——16位数据寄存器

(2) μ PD7720的主要特点

μ PD7720内部是一个典型的16位单片微型计算机的结构,其主要特点如下:

- ①快速的指令周期: 250ns, 使用外接的8MHz时钟信号。
- ②数据RAM及ROM、ALU均为16位字长, 采用补码表示与运算。
- ③程序ROM为512×23bits, 此23位微指令结构, 能保证较多的运算量可以实时完成。
- ④数据/系数ROM为512×13bits, 数据RAM为128×16 bits。
- ⑤指令采用重叠操作方式, 使程序运行速度得以最大限度提高。

⑥具有完全并行的 16×16 bits并行乘法器，能在一个指令周期（ $250\text{ns}/8\text{MHz}$ ）内完成乘法运算。乘积有31位精度（此为 μPD7720 的重要特点）。

⑦具有双累加器（ACC A和ACC B）结构。16位ALU兼有累加器和标志寄存器（FLAG A和FLAG B）两个独立装置，以便简化复数或双精度实数的运算操作。在标志寄存器中，设置有溢出标志位OVA0及特殊标志位OVA1。后者用来指示最近的三个相邻数据的加法运算是否产生溢出，当有溢出时，OVA1标志置1。

⑧程序ROM和数据ROM皆为EPROM。使用 $12000\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 的紫外线，经照射20分钟以上，就可将写入的内容全部擦除。

⑨具有四级子程序堆栈，一级中断输入能力。

⑩ μPD7720 是一个数字信号处理器，输入数据为数字量；若要求处理模拟信号时，需外接A/D转换器。

⑪+5V单一电源，28脚双列直插式， $3\mu\text{m}$ NMOS工艺。

μPD7720 信号处理器的应用范围十分广泛，如：语音分析和综合，数字滤波器，快速傅立叶变换，双音调（Dual-tone），多频率（DTMF）发送/接收器，高速数字调制，均衡器，自适应控制，声纳/雷达图象处理以及数据处理等。

三、数字信号处理单片机（TMS320）

TMS320（TI）系列单片机是1983年问世的第二代高速数字信号处理器。它的出现是实时数字信号处理领域的重大突破。TMS320克服了以往数字信号处理器的种种缺点，比如工作速度不高，专用性太强、开发困难等，以其本身的高性能特点占据了领先的地位。

TMS320是为实时数字信号处理（DSP）及其它精密计算的应用而精心设计出来的。它为这些应用提供了一个执行信号处理算法（如：快速傅立叶变换、数字滤波器、频率合成、相关和卷积等）的极好工具。由于它具有灵活的位操作指令，数据块传送能力，大型程序和数据的存储器地址空间以及灵活的存储器地址的布局变换等，使TMS320还可以提供更为通用的功能。

表1-1 列举出四种信号处理器的主要性能，以作比较。

表1-1 四种信号处理器性能表

产品名称（厂家）		2920/2921 (Intel)	$\mu\text{PD7720}/$ 77P20D(NEC)	DSP (Bell)	TMS 32010
制造方法		NMOS/EPROM	NMOS/EPROM	NMOS	NMOS
基片尺寸	mm^2	30.4	28.4	63.5	43.9
引线数	根	28	28	40	40
电源电压	V	+5, -5	+5	+5	+5
耗电	W	0.8	0.9	1.5	0.9
程序存储器	bits	192×24	512×23	1024×16	外接 $8\text{K} \times 8$
数据存储器	RAM	bits	40×25	128×16	128×20
	ROM		128×16	512×23	144×16