

小型计算机原理

DJS 130 机介绍

陶增乐 张汝杰 叶文忠 编著
张福民 王西靖

科学出版社

小型计算机原理

DJS130 机介绍

陶增乐 张汝杰 叶文忠 编著
张福民 王西靖

科学出版社

1982

内 容 简 介

本书较详细地分析了 DJS130 小型数字计算机的工作原理,重点是介绍硬件系统方面的知识,对软件只作部分介绍。

全书共分九章,前五章着重讨论了 130 机的指令系统、运算器和控制器;第六章讨论中断系统和数据通道;第七章讨论内存贮器;第八章讨论外部设备;第九章主要讨论 DJS100 系列机的汇编语言、BASIC 语言。

本书通俗易懂,便于自学,可供从事自动控制、计算机技术的科技人员阅读,也可作为高等院校有关专业的教学参考书。

小 型 计 算 机 原 理

DJS130 机介绍

陶增乐 张汝杰 叶文忠 编著
张福民 王西靖
责任编辑 黄岁新

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982 年 12 月 第 一 版	开本: 850×1168 1/32
1982 年 12 月 第一次印刷	印张: 14 1/2
印数: 0001—12,000	字数: 381,000

统一书号: 15031·446

本社书号: 2796·15-8

定 价: 2.70 元

前 言

DJS130 计算机是我国 DJS-100 系列机的中档机种,属于小型多用途计算机,适用于数据处理和小型科学计算,也可用于实时控制。

DJS130 机虽属小型机种,但它包括了电子数字计算机的主要部件,整体结构也较简单,对于初学计算机的同志说来有一定方便之处。

为了掌握计算机的工作原理,我们认为不仅应当学习计算机的基本线路及组成计算机的各个部件即所谓“硬件”,而且要学习为了用户方便和充分发挥计算机效能而编制的各种程序,即所谓“软件”。这两者紧密相连,组成了一个有机的整体。本书限于篇幅,以介绍硬件为主,软件为辅。

在学习本书前,要求读者掌握数字计算机的数制和码制、数字电路等基本知识。

由于 130 机指令系统和软件均引自国外 NOVA 小型系列机,因此,有关指令和程序均以英文汇编记忆符号给出。而在叙述到具体逻辑电路及指令功能硬件实现时,均用汉语拼音符号,这是因为国内生产及应用 130 机的单位均以上述方案统一。为便于查阅,附录列出了汉语拼音缩写符号对照表。

本书原为《电子数字计算机原理》讲义,曾在上海华东师范大学等单位多次试用。在此基础上作者作了修改和整理。全书图表由裘兴发同志帮助绘制。

本书承北京计算机三厂华平澜、赵子和等同志审阅,谨致深切谢意。

由于我们业务水平有限,错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

目 录

绪论	1
第一章 数字计算机基本工作原理	4
第一节 工作原理	4
一、存储器	5
二、运算器	7
三、控制器	8
四、外部设备	8
第二节 工作过程简释	9
第三节 DJS 130 机中数的表示方法	12
第二章 DJS 130 机指令系统	14
第一节 访内指令	14
一、操作功能	14
二、地址的形成	15
三、应用举例	20
第二节 算术逻辑指令	21
一、操作功能	22
二、指令结构	26
三、应用举例	27
第三节 输入输出指令	29
一、一般输入输出指令	30
二、特殊操作指令(77 码指令)	35
第三章 运算器	36
第一节 加法器和进位链	37
第二节 运算器中的代码传送	38
一、累加寄存器	38
二、累加寄存器间的代码传送	39

三、设置进位位触发器及实现移位操作	41
第三节 全平行运算器框图及典型操作	42
第四节 快速进位链的设置	45
一、并行进位链	45
二、分组进位链(串并行进位链)	48
三、DJS 130 机中快速进位信号通道	50
第五节 关于乘、除运算	51
一、二进制乘法的实现	51
二、二进制除法的实现	53
第四章 DJS 130 机结构组成	57
第一节 总线概念	57
一、什么叫总线	57
二、总线的实现方法	60
第二节 DJS 130 机的总体组成框图	66
一、运算器	67
二、控制器	68
三、内存贮器及外部设备	70
第五章 控制器	74
第一节 控制器的基本组成及实现方法	75
一、控制器组成	75
二、实现方法	76
第二节 时标系统	80
一、概述	80
二、节拍电位及工作脉冲的设置	81
三、节拍电位实现方法	86
第三节 周期状态的设置、流程图及操作时间表	91
一、取指状态 QZZT	94
二、间址状态 JZZT	100
三、执行状态 ZXZT	102
四、操作时间表	103
第四节 微操作组合公式及其简化	108
一、概述	108

二、微操作公式的组合及简化方法	109
第五节 指令分析	119
一、三大指令的区分	120
二、各指令功能段的译码方法	121
三、辅助功能段译码方法	123
第六节 启停线路	123
一、启停电路的具体要求	124
二、电路实现方法	125
三、启停条件分析	131
第七节 控制台	133
一、控制面板结构及各操作键功能介绍	134
二、各控制键功能的实现方法	138
三、锁功能开关介绍	152
第六章 中断系统和数据通道	153
第一节 中断系统	153
一、中断的类型	154
二、程序中断	155
三、特殊操作指令(77 码输入输出指令)	160
四、例	162
五、中断状态及其操作流程	166
第二节 标准接口	168
一、简单程序传送的接口	169
二、“程序中断”方式交换数据时的接口	174
第三节 数据通道	176
一、数据通道状态	177
二、数据通道接口	180
第七章 内存贮器	185
第一节 概述	185
第二节 磁芯存贮信息的原理和磁芯体的结构	188
一、磁芯存贮信息的原理	188
二、磁芯体的结构	194
第三节 三度三线磁芯存贮器	197

一、三度三线磁芯存储器的工作原理	200
二、三度三线磁芯存储器读出线上的干扰信号	205
三、三度三线磁芯存储器抗干扰的几点措施	207
四、三度三线磁芯存储器的可靠性	211
第四节 内存贮器框图及部分器件简介	218
一、地址寄存器 (J_d)	219
二、重写寄存器 (J_{ex})	221
三、译码和驱动系统	223
四、读出放大器	229
五、禁止电流源	235
第五节 DJS 130 计算机时序电路	236
一、脉冲发生器及其控制电路	238
二、节拍脉冲发生电路	242
三、内存读写时序脉冲 DL_1 、 DL_2 、 XT 、 XL 的产生	246
四、存贮板的选择和读写时序脉冲的微调	249
第六节 内存贮器的自检和校验	252
一、内存自检状态下的启停操作	254
二、内存自检	256
三、校验部分	263
第八章 外部设备及接口逻辑	266
第一节 概述	266
一、外存贮器	266
二、终端和输入输出设备	267
第二节 纸带输入机及接口逻辑	268
一、概述	268
二、光电式纸带输入机工作原理	269
三、光电式纸带输入机的接口逻辑	272
四、程序举例	279
第三节 电传打字机及接口逻辑	281
一、电传打字机	281
二、电传机输入接口逻辑 (DCR)	283
三、电传机输出接口逻辑 (DCC)	292

四、程序举例	298
第四节 纸带穿孔机及接口逻辑	299
一、穿孔机工作原理	300
二、接口逻辑简介及程序举例	301
第五节 磁盘存贮器及接口逻辑	302
一、概述	302
二、磁盘存贮器原理及记录制式	306
三、校验码讨论	322
四、接口逻辑	327
第九章 DJS 100系列机上的程序设计及软件系统	344
第一节 概述	344
一、计算机解题的过程	344
二、程序设计的演变	345
三、计算机软件	349
第二节 汇编语言及汇编程序	356
一、汇编语言	356
二、源程序的编制	369
三、汇编程序的操作过程	379
四、汇编程序的输出格式	384
五、汇编程序简述	391
第三节 BASIC 语言和 BASIC 解释系统	392
一、BASIC 语言的基本量	393
二、BASIC 语言的基本语句	398
三、源程序例——高斯消去法解线性方程组	418
四、操作过程	423
五、BASIC 解释程序简述	426
第四节 引导程序	442
一、绝对二进制引导程序	442
二、初始引导程序	444
附录	447
汉语拼音缩写符号对照表	452

绪 论

电子计算机是一种既具有精确、快速运算能力,又具有逻辑判断和存贮功能的现代化电子机器。它的出现有力地推动了科学技术、工农业生产和文化事业的发展。

电子计算机最初是由于军事需要而发展起来的。二次大战期间,出现了高速飞行的喷气飞机和导弹,促使人们研究快速的计算工具来进行弹道计算和控制空火力,正是在这样的推动下,第一台电子数字计算机于1946年问世,命名为“电子数值积分器和计数器”,简称 ENIAC。之后,计算机的研制不断地得到改进和发展。

电子计算机目前大致可分为三类: 数字计算机、模拟计算机和数字模拟混合计算机。数字计算机是直接对数字进行运算,不但解题精度高,运算速度快,逻辑判断能力强,而且过程全部自动化,便于信息存贮,因而,目前运用最为广泛。模拟计算机是用电压、长度、角度等连续变化的物理量作为被运算的量,便于仿真研究。用模拟机解常微分方程,从输入到结果输出只要几个微秒即可,解题速度快是它的突出优点,但精度低,信息存贮困难。混合计算机则是把模拟技术与数字技术结合的计算机。

数字计算机的分类方法很多。按规模可有巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机等五种;按使用范围来分有通用的和专用的;按数的表示形式来分有定点和浮点;按用途来分有科学与工程计算计算机,数据处理机和工业控制机。

三十多年来,数字计算机经历了四代的发展。

第一代 以电子管为主要元件,结构上以中央处理机为中心进行组织;主存贮器使用延迟线或磁鼓;使用机器语言;主要用于科学技术计算。

第二代 以晶体管为主要元件;结构上代之以存贮器为中心,引进通道概念;主存贮器使用磁芯;建立了高级程序设计语言,还提出了多道程序技术和相应的小型操作系统;应用扩大到数据处理、事业管理方面。

第三代 以集成电路为主要元件;结构上仍以存贮器为中心;机种多样化、系列化,外部设备不断增加,尤其是终端设备和远程终端设备迅速发展,并与通讯设备结合起来;软件功能大大扩充,出现了批加工、分时、实时处理的大型操作系统,应用范围遍及科学计算、工业控制和数据处理等各个领域。

第四代 采用大规模集成电路和半导体存贮器;由于算法的改进,在结构上引进了分布式计算概念,软件与硬件更紧密地结合;在应用方面,出现由多台计算机组成综合信息处理网络,进入了以网络为特征的时代,此外,应用还深入到社会生活的各个方面。

目前电子计算机正在向巨型、微型、网络、智能模拟等方面发展。

巨型机的特征主要体现在高速、大容量方面。如美国的ILLIAC-IV 平均速度已达一亿五千万次。该机除了有一个容量为 8.4×10^6 位的主存外,还有一个容量为 10^9 位的二级磁盘存贮器和一个容量为 10^{12} 位的文件存贮子系统,此外,还用激光存贮器作为第三级存贮器。

运算速度达十亿至一百亿次的超级机也正在研制中。

电子计算机的另一方面是向微型化方向发展。微型计算机是1971年末出现的,是大规模集成电路的产物。它的中央处理单元是由一片或几片大规模集成电路组成,这种中央处理单元称为微处理器。微处理机加上其他部件,如时钟脉冲发生器、主存贮器、外部设备接口电路等便构成了微型计算机。微型计算机的出现使计算机的成本大大降低,但它的功能却很强,计算机的应用范围因此大为扩大。

电子计算机的进一步发展是把分散在各地的许多台计算机联系起来，组成计算机网络。这样能使用户通过自己的终端设备充分利用多台计算机所存贮的大量数据资料。

智能模拟则是自动化发展的高级阶段。这是利用人工智能机进行图象和物体的识别、学习、启发思索等。

计算机的应用方面，随着计算机技术的发展已迅速渗透到人类社会的各个方面，据不完全统计，项目已达二千六百多种。从导弹火箭的控制、原子能的研究、人造卫星等尖端领域，到工业生产的自动控制、铁路调度、天气预报、情报检索、企业管理都以计算机为手段。因此，今天计算机不但已经成为四个现代化不可缺少的工具，而且已成为衡量一个国家国防、经济、科学技术水平的重要标志。

第一章 数字计算机基本工作原理

第一节 工 作 原 理

我们知道各种仪器设备的工作,实际上是对不同的信息进行某种加工处理,以获得预期的结果。例如一台收音机,就是把调制在高频信号上的音频信号,经过检波、放大,再由喇叭变换为声音的处理过程。同样,一台电子数字计算机,它的工作就是对“程序”进行处理。所谓程序是指为了使计算机实现预期的目的(如解某一算题或控制某一过程)而编排的一系列步骤。例如要计算二个数 a 、 b 之和,并将结果输出,就可设计这样的程序:

第一步,把一个数 a 取来;

第二步,再把另一个数 b 取来;

第三步,把 a 和 b 相加得到结果 c ;

第四步,把结果 c 放到某个地方存起来,或者再把结果 c 在打字机上打印出来。

把这样的程序和原始数 a 、 b 事先存放到计算机中去,计算机工作时就按这个程序一步一步地执行,直到求出结果为止。

在计算机中,程序中的每一步是用计算机懂得的语言即机器指令来表达的,而每一条指令规定了机器要进行的某些操作。所以,“程序”也就是为实现预期目的的一系列指令的组合。如上例的程序可由下列指令来组成:

第一步,取数指令(取数 a)

第二步,取数指令(取数 b)

第三步,加法指令($a + b = c$)

第四步,存数指令(存数 c)

第五步,输出指令(输出 c)

不同的计算机有不同的指令。一台计算机所具有的指令集合称为它的指令系统。在数字计算机中,指令和数都是用二进制数表示的。

从上面简单的例子可以看出,数字计算机要能自动地进行工作,自动地按上述步骤进行计算,就必须具备以下几个基本装置:

(1) 必须要具有能进行数字运算的运算器。

(2) 必须要具有能保存和记录原始数据、指令以及运算的中间结果的装置即存贮器。

(3) 要使机器能自动地按一定顺序工作,就需要有一个能对全机起控制作用的控制器。

(4) 要有能存入原始数据、指令的输入设备和输出中间结果或最后结果的输出设备。

这些装置之间的联系如图 1-1 所示。

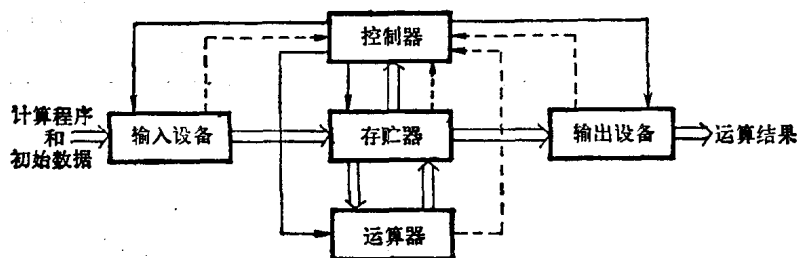


图 1-1 计算机组成框图

一、存 贮 器

存贮器是计算机用来存贮程序、数据以及文件资源的重要部分,它的基本功能是能按指定的地址存入(写入)或取出(读出)信息。

通常存贮器分为两类:一类是存贮容量不太大,但存取速度快,用来存放现行政程序的指令和数据并直接和运算器、控制器交换信息,称它为内存贮器,简称内存。另一类是存贮容量大(是内存的数百倍到数千倍或更多),存取速度则较慢,用来存放大量暂时不

参与运算的数据或中间结果,需要时成批地和内存进行信息交换,称它为外存贮器,简称外存。

内存是由许许多多存贮单元组成,每个单元能存放几位二进制信息,它可以是一个二进制的数或是一条由二进制代码表示的指令。一个单元中的内容也称为一个“字”,每个字所包含的位数就称它为“字长”。不同机器字长也不同,一般小型机的字长大多为 16 位,即一个单元中的信息有 16 位二进制代码。一个内存贮器可包含成千上万个单元,如通常有 4096 (简称 4K) 个或 8192 (8K) 个或 12288 (12K) 个等等,还可以更多。不难想象,存贮器好比一幢大楼,它有成千上万个房间,一个房间相当一个单元,里面放着一个字,每个房间有它自己的号码。同样在存贮器中每个单元也有它自己的号码称地址。要从内存中取得一个字,就必须知道它所在的地址。

目前用磁芯来构成内存的机器还不少。利用磁芯两种不同的磁化方向代表“1”和“0”,每个磁芯代表一位二进制代码。例如一个容量为 4096,字长为 16 位的存贮器,则需要磁芯 $4096 \times 16 = 65536$ 颗。

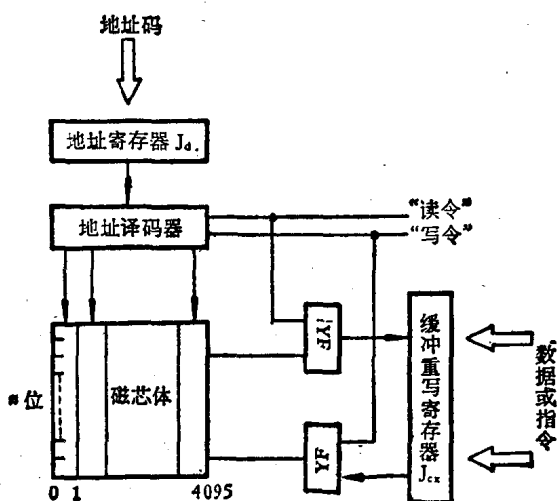


图 1-2 内存贮器框图

图 1-2 给出了内存贮器的框图。工作时, 首先由控制器将地址送至地址寄存器 J_d , 然后向存贮器发出“读出”或“写入”命令, 存贮器接到命令后就按照地址寄存器中的地址, 通过地址译码器寻找相应的存贮单元, 在“读令”和“写令”的配合下把所选单元中的内容读出或写入。

J_{cx} 是缓冲重写寄存器。从内存读出一个字先要放在 J_{cx} 中, 再由它传送到其他寄存器中去或进而参加运算。相反, 任何其他寄存器中的信息要存入内存, 也要先放到 J_{cx} 中, 因而 J_{cx} 是信息从内存进出的必经之道。

存贮器的存取周期和存贮容量是表明计算机性能的两个重要指标。存取周期是指存贮器进行一次完整的存取操作所需的全部时间。存贮容量的大小对解决问题的能力有很大的影响, 由使用要求而定。

二、运 算 器

运算器的基本功能是能依据程序的指令所规定的功能在控制器控制下完成算术或逻辑运算。通常由保存数据的寄存器和能够进行运算的加法器所组成, 我们称这些寄存器为累加器, 用符号 L 表示。例如 DJS130 机中就有四个累加器, 这种多累加器的运算器结构便于数据的传送和中间结果的保存, 并可实现累加器之间的运算。图 1-3 给出了具有两个累加器的运算器结构方框图。

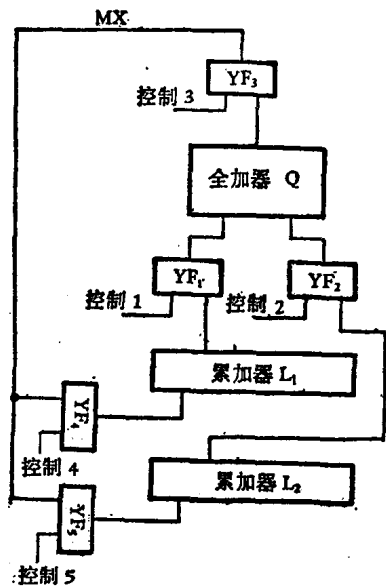


图 1-3 运算器框图

例如, 若要对 a 、 b 两数进行加法, 在运算时, 两个累加器 L_1 、 L_2 中分别先存放两个被运算的数 a 、 b , 由控制器发出控制 1、控制 2 信

号,打开 YF_1 及 YF_2 ,把 a 、 b 数送入全加器 Q 进行求和,求和的结果通过 YF_3 (发控制 3 信号) 送至总线 MX ,通过它送往各接收门,若要把结果保存在 L_1 中,则只需发控制 4 信号,把 YF_4 打开即可。

三、控制器

控制器的任务是用来指挥计算机各部件协同工作,保证数据信息的运算操作及处理过程自动进行。

通常它包含以下几个基本部件:

(1) 指令寄存器 $J_z(IR)$ 及指令译码器: 它主要寄存从内存读出的指令,并分析解释该指令的操作性质。

(2) 指令计数器 $J_z(PC)$: 为了顺序地读出程序中一条条指令,就要有一个部件依次地指出现行程序中将要执行的指令地址。这个部件称为指令计数器,它具有计数功能。当一条指令做完, J_z 也已完成加 1 操作,自动地指向了下一条指令的地址。

当然程序的指令可能不是顺次执行的。这只要在取下条指令之前改变 J_z 的内容,送入下条要执行的指令地址就行了。

(3) 节拍电平发生器及时序脉冲产生器: 计算机每执行一条指令,总是分成若干具体步骤来进行的,而每一步的操作又不能安排在同一时间内进行,例如要判别运算结果大于还是小于零以后才能进行的操作,显然这些操作必须安排在两数比较之后,这就有一个时间上的先后问题,控制器就是依靠这部分电路来实现对每一步操作的时序控制。

(4) 微操作控制电路: 计算机完成一个简单的逻辑功能(如 $A \rightarrow B$) 称为微操作。微操作是计算机中执行逻辑功能的最小单位。它是把指令译码结果和时序信号结合起来去控制全机操作的电路。

四、外部设备

通常把存贮器、运算器和控制器几部分称为计算机的主机(或中央处理机),而外部设备则是指计算机系统中除主机以外的其他