

XDJ-73

小型电子数字计算机 参考资料

上

中国科学院北京电工研究所五室编

1976·10

TP36

ZKB

51357

~ 1 ~

编辑说明

这份参考资料是我们试制 XDJ-73 小型电子计算机，以及我们与有关单位试制的另外几台同类小型机的总结资料。在试制过程中我们遵照毛主席“洋为中用”的教导，参考了国外资料并根据我国具体情况作了一些修改。这份总结资料以 XDJ-73 机为主，是参加试制的同志集体编写的。

因为是总结性的资料，编写时力图反映本机的特点，而不是全面介绍，其中第五章在编写时引用了一些国内资料。而有些问题在这份资料中並未反映（例如数制、逻辑代数、逻辑电路、运算方法、外部设备和电源等）。

对于只希望了解本机一般概况的读者，前三章就可以了。而对于要求深入了解本机的则可参看后面的章节。我们在试制本机的同时，还试制了与主机配套的模数变换装置，因此将它作为本资料的第十章，这对于某些读者可能会有一些参考价值。

这份资料的附图（特别是中央处理机部份），基本上包括了主要的逻辑图，以便于读者深入具体地了解本机。因为附图是为了配合理解正文用的，所以省略了相当数量的图纸，特别是那些和工程、工艺方面有关的图纸。在元件符号方面，由于国内尚无统一规定，为了易于区分元件类型和判明使用电平，我们暂时采用了国外常用的代表符号。

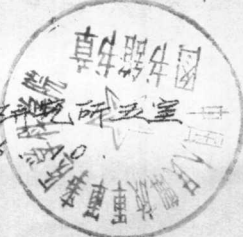
本资料的部分内容是 1974 年写成的，当时曾少量散发，这次作了部分修改和补充。由于我们的政治思想水平和业务水平有限，编写时间又很仓促，错误或不妥之处，欢迎读者批评指正。

任

C0125700



976



目 录

第一章 小型电子数字计算机的一般概念	11
§ 1.1 小型机的用途	11
§ 1.2 几个基本概念	12
§ 1.3 小型机的框图	15
§ 1.4 小型机的工作过程	19
§ 1.5 数的表示	20
§ 1.6 小型机的一些特点	23
第二章 XDJ-73 机的指令系统	25
§ 2.1 指令分类	25
§ 2.2 指令编码方式	27
§ 2.3 指令字编写形式	28
§ 2.4 访内指令	30
2.4.1 内存页面	31
2.4.2 间接编址	34
2.4.3 访内指令的用途及特点	36
§ 2.5 运算微指令	43
2.5.1 第一组运标微指令	43
2.5.2 第二组运标微指令	45
§ 2.6 微指令的复合	48
2.6.1 微指令复合的概念	48
2.6.2 微指令错误的复合	49
2.6.3 跳步微指令的复合	50
2.6.4 复合微指令的逻辑顺序	51

第三章 小型机的输入	53
§ 3.1 输入概述	53
3.1.1 输入总线	53
3.1.2 输入的控制方式	55
§ 3.2 输入指令和程序控制输入	56
3.2.1 输入指令	56
3.2.2 交界面	59
§ 3.3 中断	63
3.3.1 中断的分类	63
3.3.2 中断的执行和指令	64
3.3.3 接多台外围时的中断和 排队优先问题	66
3.3.4 使用中断的注意事项	69
§ 3.4 数据插入	71
3.4.1 概述	72
3.4.2 单周插入	76
3.4.3 三周插入	78
3.4.4 三周插入举例	80
第四章 XDJ-73 机的组织和中央处理单元	87
§ 4.1 计算机系统及其框图	87
4.1.1 XDJ-73 机系统简述	87
4.1.2 主机和中央处理单元	88
§ 4.2 数据信息的流向	91
§ 4.3 中央处理单元的时间节拍及其 和内存周期间的关系	95
§ 4.4 中央处理单元的主要工作状态	97

STJ117/04

§ 4.5	指令流程	102
4.5.1	微指令 (OPR 及 IOT) 的流程	102
4.5.2	访内指令的流程	110
4.5.3	数据插入和手动功能流程	112
§ 4.6	时间发生逻辑	117
4.6.1	时间发生逻辑的选择	117
4.6.2	时间发生口的线路组成	117
4.6.3	IOP 时间发生逻辑	119
§ 4.7	操作面板控制逻辑	126
4.7.1	手动功能键及其功能	126
4.7.2	手动时间发生口	126
4.7.3	操作面板显示	133
§ 4.8	主寄存器口和 ALU 逻辑	134
4.8.1	简述	134
4.8.2	主寄存器口	137
4.8.3	算术逻辑单元	138
§ 4.9	主寄存器口控制逻辑	139
4.9.1	主状态发生逻辑	141
4.9.2	指令寄存器口逻辑	144
4.9.3	源控制位号逻辑	148
4.9.4	路选控制位号	150
4.9.5	目的控制位号逻辑	156
§ 4.10	跳逻辑和链位逻辑	159
4.10.1	跳逻辑	159
4.10.2	链位逻辑	163
§ 4.11	中断控制逻辑和插入控制逻辑	165
4.11.1	中断控制逻辑	166

4.11.2	插入控制逻辑	171
§ 4.12	输出入总线及其电平变换	172
第五章	磁芯存储器	183
§ 5.1	存储器的功能和主要指标	183
5.1.1	存储器的功能	183
5.1.2	存储器的主要技术指标	183
§ 5.2	磁芯的基本物理特性	184
5.2.1	磁芯的磁滞回线	184
5.2.2	磁芯的存储原理	185
5.2.3	磁芯的几个主要参数	186
§ 5.3	磁芯板和磁芯体	192
§ 5.4	存储器内外部线路	193
5.4.1	译码线路	193
5.4.2	电流驱动器	194
5.4.3	读出线路	194
5.4.4	写入线路	196
5.4.5	时序控制线路	196
§ 5.5	二度半存储器	197
5.5.1	二度半存储器的工作原理	197
5.5.2	二度半存储器磁芯板的结构	198
5.5.3	二度半存储器框图	200
5.5.4	与非、或非译码	202
5.5.5	均分负载变压器及电流驱动器	202
5.5.6	电流开关 I_K	206
5.5.7	均分负载变压器与二极管矩阵的连接	207

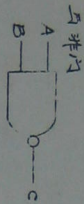
~ 6/~

5.5.8	矩阵中的异流二极管	210
5.5.9	读出放大器	210
5.6	三态三线存储器	213
5.6.1	磁芯板的布线方式	217
5.6.2	控制部分	219
5.6.3	译码驱动部分	221
5.6.4	读出放大	224
5.6.5	禁止回路	226
5.7	存储器的检查和调试	227
5.7.1	装体前磁芯板的检查	227
5.7.2	装体后的检查和调试	230
5.7.3	联机后的检查和调试	235
第六章	扩展运算单元——乘除部件	242
6.1	概述	242
6.2	扩展运算用的指令—— 第三组微指令	243
6.3	框图、信号流向及其组成	247
6.4	数的概念和运算方法	257
6.4.1	机中数的表示	257
6.4.2	规格化运算	259
6.4.3	乘法	261
6.4.4	除法	266
6.4.5	移位指令——SHL, ASR, LSR	274
6.5	指令的实现	276
6.5.1	指令流程	276
6.5.2	指令操作图	283

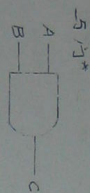
§6.6 控制四	293
附录一：软件乘法及除法子程序	303
附录二：除法补码说明	310
第七章 内存扩展	314
§7.1 内存容量的扩展——问题 的提出和解决办法	314
§7.2 内存扩展用的指令	316
§7.3 内存扩展控制的功能电路	318
§7.4 内存扩展的程序编制问题	325
7.4.1 编制程序时应该注意的事项	325
7.4.2 为什么必须设置指令区 缓冲寄存器	326
7.4.3 程序编制举例	330
第八章 电源故障自动再启动	333
§8.1 概述	333
§8.2 电源故障保护用的软件与硬件	334
8.2.1 软件	334
8.2.2 硬件	336
第九章 分界面(接口)及基本外部设备	341
§9.1 概述	341
§9.2 电信机的分界面	343
§9.3 55型电信内打印输出接口	344
9.3.1 55型电信内打印操作	344
9.3.2 接口的考虑和组成	345
9.3.3 译码四	350
9.3.4 工作过程	357

§ 9.4	55 电传的键盘输入接口	359
9.4.1	键盘接口的组成和工作原理	359
9.4.2	译码器	362
9.4.3	工作过程	367
§ 9.5	CDY 型电传及其接口	368
9.5.1	对电传所做的改动	371
9.5.2	键盘分界面及其工作过程	372
9.5.3	打印之分界面及其工作过程	374
§ 9.6	光电机及其分界面	378
§ 9.7	穿孔机及其接口	381
	附录：基本外部设备用的指令	385
第十章	模数变换系统	387
§ 10.1	概述	387
§ 10.2	单元说明	392
10.2.1	通道门(多路开关)	392
10.2.2	前置放大器	395
10.2.3	采样保持器	404
10.2.4	基准电源	413
10.2.5	T 型解码网络	416
10.2.6	数码寄存器及节拍脉冲发生器	418
10.2.7	比较器	421
10.2.8	时控线路	421
附录一	计算机接口	426
附录二	模数变换系统的指令	428
附录三	数码变换的理论解释	428

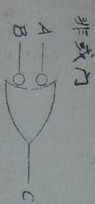
图例



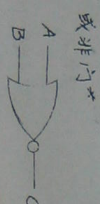
A	B	C
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0



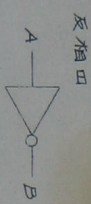
A	B	C
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1



A	B	C
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

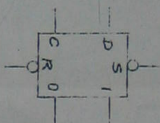


A	B	C
0	0	1
1	0	0
0	1	1
1	1	0



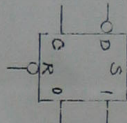
A	B
1	0
0	1

D型触发器



D	C	1	0
1	1	高	低
0	1	低	高

反义D型触发器



D	C	1	0
0	1	高	低
1	1	低	高

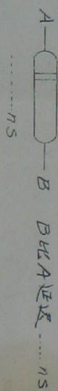
S直接置位
R直接置位

半加器

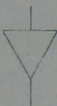


A	B	C
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

延迟线



放大器



符号表

AC	累加器	MA	内存地址寄存器
B	插入周期	MAF	内存平等寄存器
BF	插入区寄存器	MB	内存数据寄存器
CA	现行地址周期	MEM	读寄存器
CPU	中央处理器	MF	时钟功能
D	延迟周期	MQ	乘商寄存器
DF	数据区寄存器	PC	程序计数器
DFS	数据区开关寄存器	SC	步计数器
E	机打周期	SF	保存区寄存器
EAE	扩展地址周期单元	SR	开关寄存器
F	取指周期	TP	时钟脉冲
FA	全加器	TS	时钟地址
IF	指令区寄存器	TT	数据总线
IFSR	指令区开关寄存器	WC	字计数器
I/O	输入/输出		
IOP	输出输入脉冲		
IR	指令寄存器		
L	锁定位		

第一章 小型电子数字计算机的一般概念

小型电子数字计算机是十年前正式出现的，目前正以非常快的速度向前发展。我国广大工人阶级遵照毛主席赶超世界先进水平的指示，牢记“自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想”的教导，在集成电路和磁芯存储技术不断取得进步的基础上也已成批生产。我们试制的XDJ-73小型计算机是小型机中最简单的一种，但是它的使用范围却相当广泛。

目前计算机有两大发展趋势，一种是向大容量，超高速方向发展，另一种是向小型多功能方向发展。小型计算机在应用范围、机口组织、具体结构方面和大型机相比，有许多不同的特点。本章着重介绍其一般概念及特点。在以后各章具体介绍XDJ-73机的指令系统，机口组织，输入输出方式以及操作流程等。

§1.1 小型机的用途

计算机是一个用来实现数学模型的物理装置。任何问题如果能用数学公式加以描述，这个问题就可由计算机求解。在这一点上，不论大型或小型计算机都是一致的，但小型机以其价廉、轻巧、灵活等特点，特别适用于下列几个方面：

1. 不要求很高精度和特别快速的数学运算和数据处理，特别是用会话式语言解不太大的课题（例如用解释性语言编写程序，用电传作人机通讯时）更为适用。

2. 资料的收集、整理、分类、显示等，以及由此而发展起来的自动经营管理等。例如在实验室内对各种实验数据的整理、记录，商店、企业以及仓库管理等。

3. 模拟，用以代替进行具体的物理实验。因物理实验一

~12~

般都比较费时费工，甚至不可能实现。而用计算机模拟，可以很方便的改变某些参数而得到不同的结果。具体如应用于设计、数学（例如模拟飞行数学）、系统工程等。

4. 各种过程的实时控制（联机控制）。小型机在这方面的应用发展很快而且应用部门极广，例如导弹火箭控制、导航、数控机床、炼钢、化学工业以及其它各种工业过程的控制。

5. 通信方面的应用，特别是数据通信中的应用。小型机作为大型机的终端设备，通过传输线（电话线）联结起来，组成数据通信网络，这时小型机可对一些慢速外国的数据初步整理再集中发送，可以充分发挥大型机的作用。

6. 作为大设备的附件。这是小型机目前最广泛的用途。一台大设备，例如一个元件测试系统、一台质谱仪等，配上一台小型机后，不仅可以用来记录整理数据，并且可以对整个设备进行自动控制，大大提高了该设备的性能。

§ 1.2 几个基本概念

1. 贮存程序。现代计算机的基本特点是自动计算，即在解题过程中，无需人的参与，这是它和一般台式计算机的最显著的差别。只有这样，才能发挥计算机快速运算的特点。它之所以能做到这一点是因为在计算机的内存里不仅存放着解题所需的原始数据，而且还存放着解题的步骤，即指令的顺序组合。计算机一经启动，它就能自动从内存逐条地取出指令并根据指令的规定进行运算，直到运算结束为止。所以在计算机的内存中，不仅存有数据，而且还存着程序，也就是说，在解题开始之前，机中就已存放着如何解题的次序。而且随着运算的进程，程序本身也可进行处理（运算），使得较短的程序，可以进行大量复杂的运算。

2. 机四“字”计算机是一种处理信息的机四，信息在机四中是用“字”来表示的。正如人们的语言（语言也是信息的一种）也要用字来表示一样。不过机四字只有两个符号，即0与1，机四字可以表示数，（二进制数）也可以表示状态，例如继电器处在合的状态可用“1”表示，而开的状态可用“0”表示等，因此通过机四字可以知道对象的不同状态，机四字也可以表示不同的量，当然这时要经模数转换把模拟量变成数字量，再送到机四里去。机四字还可以表示各种符号如拉丁字母、标点符号等，这时这些符号都以代码表示，例如有一种8单元代码就以260₈表示0，261₈表示1，301₈表示A，302₈表示B等。

机四字的字长（即包含多少位0或1）对每一种机四都是自有规定的。XDJ-73机中字长是12位，约相当于3位十进制数。

等机四中可以有不同的用途：

①. 它可以用来表示被运算的数据，这时把它叫做运算码或操作数，注意运算码不一定是数，也可能是符号等。在本机中它一般为12位，双倍字长运算时可为24位。

②. 它可以用来表示指令。在本机中一个指令也是12位。指令有三种，在访内指令时，它大致可以分为两大部分：一部分（前三位，即0~2位）是操作码，它规定了被操作的数据在内存中的地址（即在内存的哪一号单元中），简称地址码，见图1.1，地址码的前两位（第3、4位）并不直接表示地址所

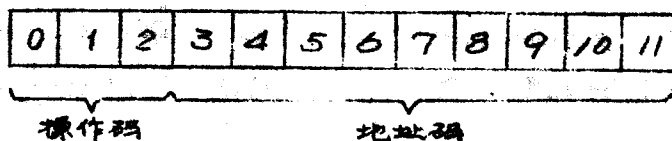


图1.1 访内指令的形式

只是表示编址方式。关于这方面的详细情况可参见以后的有关部分，其余二种指令（输出入指令和操作指令）也见以后的指令系统部分。

(3) 它可以用来表示内存单元的地址，即内存单元的编号。如内存容量为4096字，则一个地址码也正好是12位；请注意切勿将内存单元的地址码和该单元所存放的内容相混淆，尽管两者都是12位的二进制数，但它们表示截然不同的意义，地址码只表示内存单元的号码（地址），而它的内容可能是一个运算码，另外访内指令本身还包括一个不完整的地址码，所以碰到这几种不同的情况必须注意区别，以免混淆。

3. 关于指令地址（程序号），程序是解题的步骤和规则，它是由一条一条指令所组成的。既然它是解题的步骤，就有一个先后次序，也就是说，有一个编号，编号在前的先执行。由于程序本身也是存放在内存里的，所以组成程序的各条指令（一条指令一般是一个字）也必然有一个内存地址，这就是指令地址，这个地址就可以代表程序号，这个地址在指令本身中并不反映出来，它放在计算机的一个专门的寄存器中，叫做程序计数器（PC）。程序一般是顺序执行的，因此指令地址一般也是顺序安排的。每执行一条指令后，把它的地址加一（这个工作是机自动完成的）就可以取出下一条指令，这样，程序就可以按序执行了，因此指令地址也就是程序中各条指令的顺序的号码（程序号），指令地址并不是操作数的（即访内指令中所规定的）地址，这两者也必须区别清楚。一般说来，在执行一条访内指令时，要先根据程序计数器中的指令地址从内存中去取出指令，然后再根据指令中所规定的操作数的地址从内存中去取出要运算的数。指令地址虽然是一个地址，但它也要进行运算（最常见的是加一），在本机中，指令地址，指令，运

源地址和运码本身都是一个12位的字要注意区别它们的不同意义。

4. 关于单地址指令。上面已说到，一条访内指令大致上包括两个部分，即一个操作码和一个地址码。由于指令只有一个地址码，所以叫做单地址指令，一般小型机都是用单地址指令。我们知道，进行运码往往需要两个数，例如加、减、乘、除，都需要有两个数才能进行，而指令中只有一个地址码，只能取一个数，那末另一个运码从何而来呢？它一般是事先放在累加器中的，如累加器中事先没有数，那末一定要先用指令把数取到累加器中，还有一个问题，就是运码后的结果放到哪里？它也放在累加器里，单地址指令的机内通常都是这样安排的，当然也有有的机内用双地址或三地址指令。双地址分别表示两个操作数的地址，也有有的机内把其中一个还表示运码结果的地址。三地址除有两个运码的地址外，第三个地址表示运码结果的地址。但这样安排从仗惠量来看是不很经济的。因有不少运码并不一定要二个或三个地址，这样指令就显得过分冗长。小型机一般都是字长较短，所以一般都是单地址指令。

§ 1.3 小型机的框图

有了以上一些基本概念，我们就可以看小型机的结构，或者说，了解一下小型机的框图。小型机从正式成批生产以来，不到十年的时间，经历了晶体管分立元件、集成电路和中、大规模集成电路几个时代，它的结构也随之有相应的变动。我们目前讲的是利用集成电路（也利用一些中规模集成电路）的情况，小型机目前品种很多，但其最基本的结构都大同小异。它由内存以及一些不同用途的寄存器、算术逻辑单元（ALU 即 Arithmetic logic unit 的简写）和控制单元组成。它们之间

通过几根母线联结起来，同时在位选通道中的适当场所加上控制门，使位选按照控制门的命令而进出各寄存器，见图 1.2。

在这个框图里，首先看一下算术逻辑单元（以后简称 ALU）。各寄存器都通过它相互联系。ALU 实际上就是全加器（包括进位链）、移位器和有关的控制门所组成的一个集合体，位选通过它时，就进行各种有关的运算，所以把它叫做算术逻辑单元。它的两个输入端和一个输出端也就组成了全机内部的两根总线，母线 1、2 是它的输入端，母线 3 就是它的输出端。

程序计数器 PC 是放指令地址的，也就是放程序号的。程序通常是按顺序执行的，所以它要有加一的功能。每执行一条指令，它要自动加一。实际上也是通过 ALU 来完成加一的。

地址寄存器（MA）是为内存供给地址码的。不论是内存取指令还是取数，都要规定从那一个内存单元去取，所以必须有地址寄存器来存放这个地址。

缓冲寄存器（MB）是为内存取出（读）或送入（写）数据时供给读/写数据的。由内存读出的数要有一个寄存器暂时存放一下，要写入内存的数也得先送到这个缓冲寄存器，它才能写入，这就是缓冲寄存器的作用。

累加器（AC）是真正进行运算用的寄存器。目前用集成电路时，累加器实际上并无累加的功能，它只是一个寄存器而已（累加功能通过 ALU 进行），所以又叫做通用寄存器或运算寄存器。在本机中仅有一个累加器。有许多功能较强的小型机就有多个累加器（如 DJS-130 有 4 个，PDP-11 有 8 个）。

指令寄存器（IR）是存放指令用的。由内存取出指令后，指令的操作码部分就放在这里，它在指令的执行过程中是不变的，它规定了控制部分的工作应如何进行。

其他寄存器是根据需要而设置的一些特殊用途的寄存器。