

DJS—130

计算机原理讲义

(二)

清华大学电子系程序系统专业

目 录

38

第四章 磁心存储器

0140

第一节	存储器的功能和要求	1
第二节	磁心存储二进制的原理	2
第三节	存取方式 (三度三线)	10
第四节	磁心存储器的组成和工作原理	14

第五章 控制

第一节	指令流程图	22
第二节	中断系统	36
第三节	指令操作表	53
第四节	控制逻辑图	58

第六章 外部设备

第一节	外部设备接口的组成	80
第二节	电传打字机及输入接口逻辑	92
第三节	电传打字机及输出接口逻辑	94
第四节	穿孔机及接口逻辑	97
第五节	纸带输入机及接口逻辑	103

附录一	逻辑图表示法及缩写符号	111
-----	-------------	-----

附录二	DJS-130机逻辑总框图	118
-----	---------------	-----

附录三	流程图 (一) (二) (三)	119
-----	-----------------	-----

附录四	DJS-130机指令总表	121
-----	--------------	-----

附录五	逻辑公式	124
-----	------	-----

至71A-5

第四章 磁心存储器

第一节 存储器的功能和要求

存储器的功能是存放计算机过程中所用到的各种二进制信息(包括程序和数据)，它有内存存储器、固定存储器、外存储器三种类型。

内存存储器直接与运算器打交道。解题时，先把原始数据和程序存放在内存存储器中；解题过程中，控制单元一条一条地依次取出指令和运算所需要的数据，进行运算，并把需要保留的中间结果送到内存存储器内；运算结果也送到内存存储器，然后打印输出。

固定存储器中存放的数据和程序是固定不变的，只能取出来用，不能再往其中存放新的数据和程序，因此又称为“只读存储器”(由存储器中取数叫做“读”，往存储器中存数叫做“写”)。在固定存储器中存放的主要是管理程序，标准子程序和一批使用较多的常数。

外存储器与运算器不直接打交道，而与内存存储器直接打交道，它是内存存储器的扩充。外存储器一般有磁鼓、磁盘或磁带。

对存储器的主要要求是：(1)较大的“存储容量”(2)较小的存取周期”。

存储器的存储容量等于它所能存储的二进制数的字数和字长的乘积。例如130机的内存存储器能存入3分2个分二进制数，每个字有16位(即字长为16位)，则它的存储容量为 $3200 \times 16 = 5 \times 10^5$ 。大容量的存储器的存储容量可达 10^7 的数量级。

存取周期反映了存储器动作的快慢。从存储器中开始取第一个数据到能够再取第二个数据中间所需要的时间叫做存取周期。130机内存存储器的存取周期为 $2 \mu s$ 。

除以上两项外，还要求存储器的体积小，重量轻，功耗小。

成本低，工作可靠。

目前由于集成电路的发展，半导体存储器已开始成批生产，把存取周期缩短到几十毫微秒 (μs)。但是由于半导体存储器生产工艺复杂成本较高，所以大容量高速度的存储器大多仍以“磁心”为存储元件。本章中只介绍磁心存储器。

第二章 磁心存储器二进制数码的原理

磁心是用叫做“铁氧体”的磁性材料制成的，是环状（见图4-1）。环的外直径、内直径和高分别用 D_1 、 D_2 、 h 表示。130 机内存贮器所用磁心的尺寸为

$$D_1 = 0.6 \text{ mm}, \quad D_2 = 0.4 \text{ mm},$$

$$h = 0.2 \text{ mm}.$$

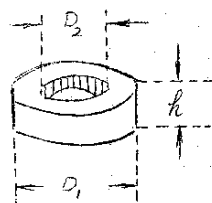


图 4-1

磁心中为什么能存放二进制数码 1 或 0？1 或 0 是怎样存入磁心中的（存入也叫做“写入”）？又是怎样从磁心中取出来的（取出也叫做“读”）？要弄明白这些问题，得从“磁场”说起。

一、磁场 磁通量

磁铁能够吸引铁钉，指南针能够指示方向，这些都是磁现象。指南针是一个小磁针，小磁针的一端是南极（用 S 表示），另一端是北极（用 N 表示）。如果把小磁针放在条形磁铁的附近（如图 4-2），则小磁针在不同的位置不同的方向（小磁针的方向即由它的 S 极到它的 N 极的连线的方向），这是因为小磁针在不同的位置受到不同方向的磁力。我们把磁针受有磁力

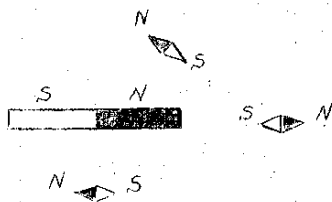


图 4-2

作用的区域叫做磁场，条形磁铁的周围就是个磁场。

人们在实践中发现，利用铁屑来显示磁场是很方便的。把条形磁铁放在一平面上，在它周围洒上铁屑，则铁屑排列成许多条曲线（见图4-3）。这是因为每粒铁屑都相当于一个小磁针，在磁场力的作用下，各取一定的方向，它们首尾相接，就成一条条的曲线。我们也注意到：条形磁铁两端处磁场最强，曲线也最密；接近条形磁铁中部的磁场较弱，曲线也较疏。这个铁屑实验启发我们，可以用作图的方法来表示磁场。类似

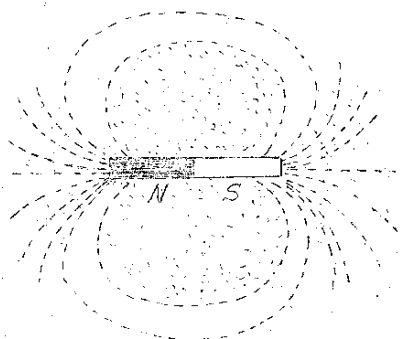


图 4-3

铁屑组成的曲线，我们在磁场中画出许多曲线来表示磁场（见图4-4）磁场强处线密，

磁场弱处线疏，我们把这些线叫做磁力线。对于磁力线还应注意它的方向，它的方向就是在它上面的小磁针所取的方向，如图面所示。

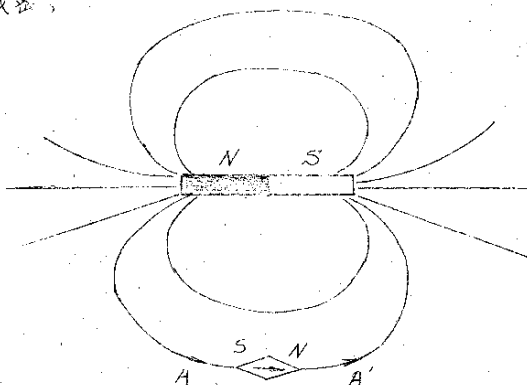


图 4-4

不仅磁铁的周围是个磁场，电流的周围也

是个磁场，一般把这个现象叫做“电生磁”。例如图五的导线中有电流通过时，导线周围就是个磁场，这时磁力线是些环绕导线的圆形曲线（参看图五，可用铁屑显示）。

如果图4-5的导线穿过磁心（如图4-6）情况又是怎样的呢？

这时由于磁心被磁化，磁心里磁场变得很强，磁力线仍为圆形，但集中到磁心里（参看图4-6）。

我们把磁心里

磁力线的总条数叫做穿过磁心截面的磁通量，并以 Φ 表示磁通量。

磁通量 Φ 越大，表示磁心中磁场越强； Φ 小，表示磁心中磁场较弱；导线中电流 I 变化时， Φ 也随着变化，正是由于 Φ 随 I 的变化具备一些特点，使磁心能起元件的作用。

二、 Φ 随 I 的变化的曲线，两个剩磁状态。

实验表明：在图4-6中，若磁心未经磁化，导线中电流 I 由0逐渐增大时，磁心中磁通 Φ 也由0逐渐增大，如图4-7中OA段曲线所示。当 I 增大到 I_m ， Φ 增大到 Φ_m ，此后 I 由 I_m 再增大； Φ 仍保持为 Φ_m ，基本上不再增大，这个现象叫做“磁饱和”。当 I 由 I_m 逐渐减小为0时， Φ 并不沿OA回到0，而是沿着另一曲线ab变化，当 $I=0$ 时， Φ 没有减少到0，而是等于 Φ_v 。 Φ 的这一落后于 I 的现象叫做“磁滞”， Φ_v 叫做剩磁通。当图4-6中的电流反向（即电流方向改为向下，我们以向上的电流为正，向下的电流为负，逆时针转向的磁通为正，

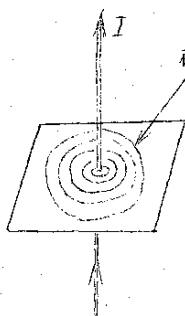


图4-5

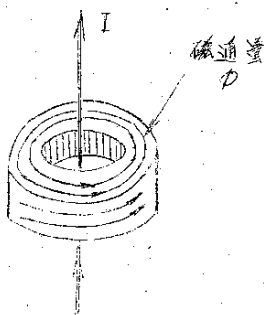


图4-6

顺时针转向的磁通为负), 并逐渐增大电流至 $-I_c$ 时, ϕ 由 $+\phi_r$ 变为 0 (图中 bc 段曲线), I 由 $-I_c$ 变至 $-I_m$ 时, ϕ 由 0 变至 $-\phi_m$ (图中 cd 段), I 由 $-I_m$ 变至 0 时, ϕ 由 $-\phi_m$ 变至 $-\phi_r$ (图中 de 段), $-\phi_r$ 称为负剩磁通。电流再反向并由 0 增至 $+I_c$ 时, ϕ 由 $-\phi_r$ 变至 0 (图中 ef 段), 电流 I 由 I_c 增至 I_m 时, ϕ 由 0 增至 ϕ_m 。此后 I 再做 $I_m \rightarrow 0 \rightarrow -I_m \rightarrow 0 \rightarrow I_m$ 的

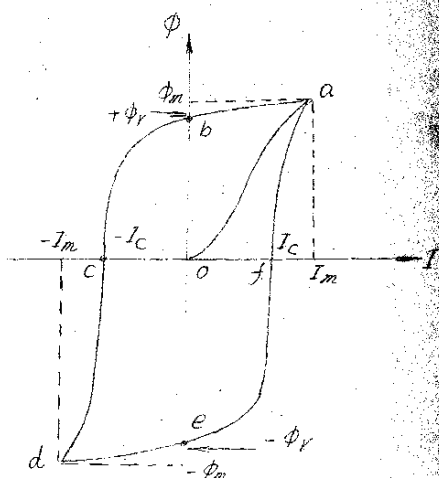


图 4-7 磁滞迴线

变化时, ϕ 就相应地沿着迴线 $abcdefa$ 变化, 这个迴线叫做磁滞迴线。

由磁滞迴线可以看出, 当 $I=0$ 时, 磁心只能处于 $+\phi_r$ 或 $-\phi_r$ 状态。我们就利用这两个剩磁状态表示二进制数码, 我们规定磁心处于 $+\phi_r$ 状态时表示数码“1”, 则磁心处于 $-\phi_r$ 状态时表示数码“0”, 如图 4-8 所示。

注意图 4-8(a) 和 (b) 中, 磁心中磁通方向是相反的

三、写入

怎样把数码“1”或“0”写入磁心中呢?

如图 4-9 所示, 若把数码“1”存入磁心 (

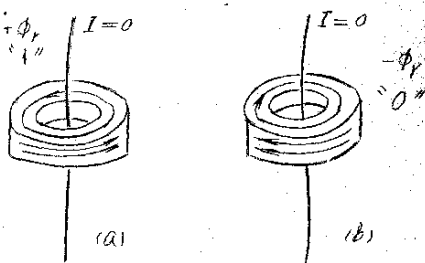


图 4-8

也就是要使磁心处于 $+\phi_r$ 状态)，只需在导线 ab 中通以幅值为 I_m 的正脉冲电流即可。如果磁心本来处于 $-\phi_r$ 状态，在这个正脉冲电流作用下，将由 $-\phi_r$ 变为 $+\phi_m$ ，然后变为 $+\phi_r$ （参看图 4-10）。如果磁心本来处于 $+\phi_r$ 状态，在这个正电流脉冲作用下，将先由 $+\phi_r$ 变为 $+\phi_m$ ，然后又回到 $+\phi_r$ 。

若要把“0”存入磁心，只要在导线 ab 通以幅值为 I_m 的负电流脉冲即可（参看图 4-10）。请自己分析：无论磁心原来处于 $+\phi_r$ 还是 $-\phi_r$ 状态，负电流脉冲 $-I_m$ 通过导线 ab 后，磁心总是处于 $-\phi_r$ 状态；正电流脉冲 $+I_m$ 通过导线 ab 后，磁心总是处于 $+\phi_r$ 状态。

磁心中写入“1”或“0”是由通过导线 ab 的电流脉冲控制的，导线 ab 叫做驱动线，通过 ab 的电流叫做驱动电流。我们可以把驱动线 ab 改为两条线 a_1b_1 和 a_2b_2 （如图 4-11）。当幅值为 $\frac{1}{2}I_m$ 的电流脉冲同时通过 a_1b_1 和 a_2b_2 ，并且电流方向一致时，则穿过磁心的总的电流脉冲幅值为 $\frac{1}{2}I_m + \frac{1}{2}I_m = I_m$ ，足以使磁心由 $+\phi_r$ 翻转为 $-\phi_r$ ，或由 $-\phi_r$ 翻转为 $+\phi_r$ ，由电流脉冲的正负而定。如果只在导线 a_1b_1 中有幅值为 $\frac{1}{2}I_m$ 的电流脉冲通过，

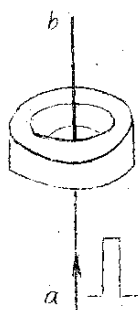


图 4-9 写入“1”

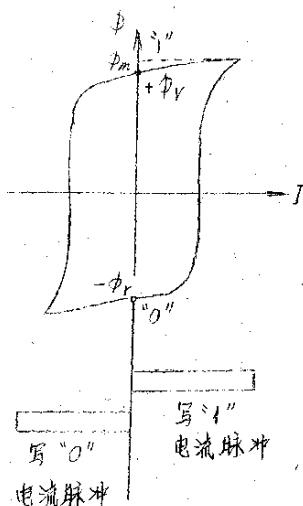


图 4-10

而导线 a_2b_2 中没有脉冲通过时，则由于电流脉冲幅值小，只对磁心起干扰作用，而不能使磁心改变状态，磁心仍保持充状态。

我们把幅值为 I_m 的电流叫做全选电流，幅值为 $\frac{1}{2}I_m$ 的电流叫做半选电流。130 机磁心的全选电流为 800 ma，半选电流为 400 ma。

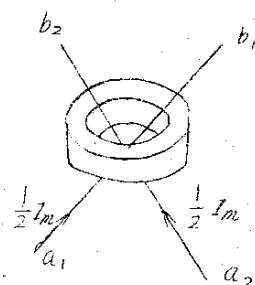


图 4-11

四、读云

计算机怎样“读云”磁心中所存的数码呢？这要用到电磁感应现象，一般把这现象叫做“磁生电”。

人们在实践中发现：当穿过磁心的磁通量改变时，在磁心中就产生感应电动势（参看图 4-12）。这里要注意的是：只有磁通量变化时，才有感应电动势，并且磁通量变化越大，感应电动势也越大。磁通量不变化时，感应电动势为 0。

为了运用电磁感应现象来进行

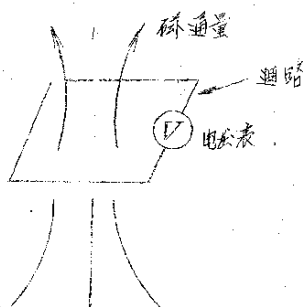


图 4-12

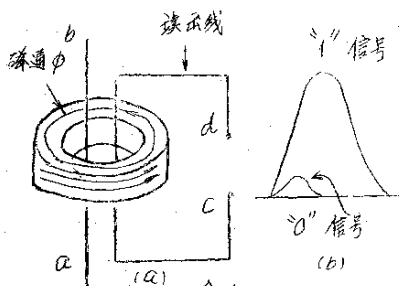


图 4-13

“读云”，我们把导线 cd 穿过磁心（见图 4-13）， cd 线叫做读云线。磁心中的磁通量全部穿过读云线 cd 的回路。读云时在磁心导线 ab 中通以幅值为 I_m

(续)

的负电流脉冲（即图 4-14）中的“读”电流脉冲）。若磁心中存的是“1”（ $+\phi_r$ 状态），则磁心中磁通 ϕ （这也是穿过读头线 cd 通路的磁通）就由 $+\phi_r$ 变为 $-\phi_m$ ，其改变量为 $+\phi_r - (-\phi_m) = \phi_r + \phi_m$ 。这个改变量较大，在读头线 cd 两端将产生较大的感应电动势（即图 4-13(b) 的“1”信号）。若磁心中存的是“0”（ $-\phi_r$ 状态），则磁通量由 $-\phi_r$ 改变成 $-\phi_m$ ，其改变量为 $-\phi_r - (-\phi_m) = \phi_m - \phi_r$ 。在读头线两端只有很小的感应电动势（如图 4-13(c) 的“0”信号）。为了使“0”信号的幅度较小，就要使 ϕ_r 与 ϕ_m 的差越接近越好。因此，电子计算机所用的磁心都是具有矩形磁滞回线的磁心。

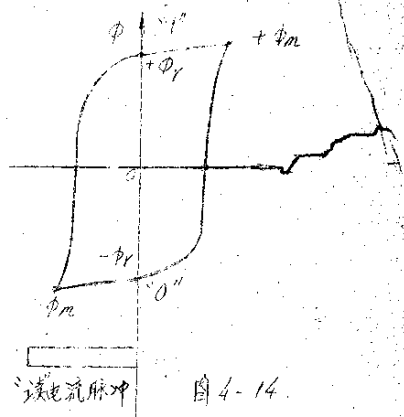


图 4-14

这样，根据读头线产生的感应电动势的大小就可知道磁心中所存的数码是“1”还是“0”。

由磁心中读出的“1”信号一般只有几十毫伏，需要放大整形，才能送到寄存器中。这就需要读头放大器，它选择在“1”信号峰值附近对“1”信号进行放大（这叫做“选通”），从而输出一个较大幅度的信号，而对于小于一定幅度的信号不能进行放大，因此也就无信号输出。这样，读头放大器就具有鉴别“1”信号和“0”信号的能力，消除了干扰所造成的影响。

五、重写“1”，禁止线

若磁心贮存“1”（ $+\phi_r$ ），读完后，磁心状态变为 $-\phi_r$ ，必须将“1”重新写入，以便不破坏贮存数据，这只要再在驱动线中通过 $+\phi_m$ 电流脉冲就可以了，重写“1”和写入“1”的电流脉冲

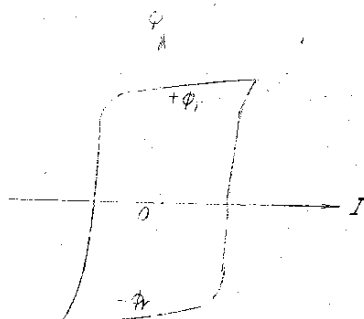
是一样的(参看图4-15)。

若磁心存有“0”($-\phi_r$)，在读出后磁心状态仍为 $-\phi_r$ ，应保持为“0”。为了避免该磁心由 $-\phi_r$ 状态改变成 $+\phi_r$ 状态，就给磁心再穿过一条线，这条线称为“禁止线”(参看图4-16)。若读出为“0”信号，则当驱动线通入 $+I_m$ 的重写脉冲时，同时在禁止线上通入幅值为 $\frac{1}{2}I_m$ 的负禁止脉冲(参看图4-15，禁止脉冲，

方向与重写脉冲相反)，使得重写脉冲抵消了 $\frac{1}{2}I_m$ ，使穿过磁心的驱动电流脉冲的幅值只为 $\frac{1}{2}I_m$ ，不能使磁心翻转，磁心仍保持 $-\phi_r$ 状态。若读出为“1”信号，则在重写脉冲出现时，禁止线中无电流脉冲(即不通入禁止脉冲)，保持原有的重写“1”。以上讨论结果，表列如下：

动作 所加电流脉冲	读出	重写
驱动电流脉冲	$-I_m$	$+I_m$
禁止电流脉冲	0	0(读出为“1”时) $-\frac{1}{2}I_m$ (读出为“0”时)

“写入”的动作，可利用“重写”来完成，即先“读出”，然后以所要“写入”的数码代替读出的数码，将它“重写”。



驱动电流 重写电流脉冲

图 4-15

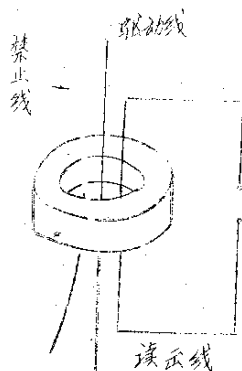


图 4-16

第三节 存取方式 (三度三线)

磁心存储器有数以万计的磁心，每个磁心都有驱动线，读头线及禁止线穿过。这么多磁心应如何排列在磁心板上？穿线方式如何？这些就是涉及“存取方式”的问题。

为了便于说明，我们以容量为 16 个字，每字 8 位的存储器为例，这共有 16 个磁心，它们排列成 4 个方块，图 4-17 给出一种穿线方式。

图 4-17 中， x 驱动线各有 4 条，每个磁心都穿过 4 条 x 驱动线和 4 条 y 驱动线，读头线（简称 S 线）只有一条，它穿过所有的磁心，禁止线（简称 Z 线）也有一条，它穿过每个磁心。如欲读出图中磁

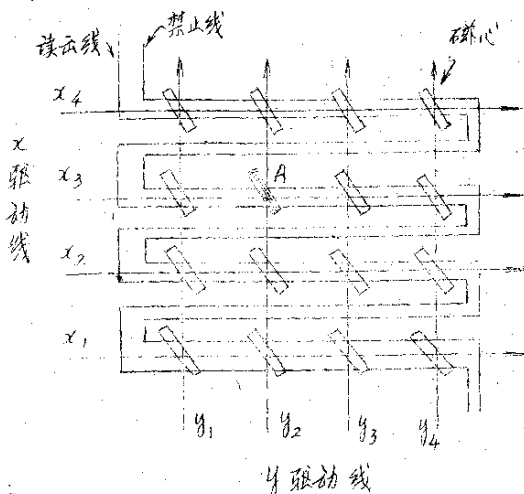


图 4-17

心 A 所存数据，只要在驱动线 x_3 和 y_2 （这两根驱动线穿过磁心 A）各加一个 $\frac{1}{2} I_m$ 电流脉冲即可，由此可以看出：对某磁心进行“读”或“写”时，只要在与该磁心的地址对应的 x 驱动线和 y 驱动线上加适当的电流脉冲即可（若读头为“0”，则在加重写脉冲的同时，尚需在禁止线中加禁止脉冲 $-\frac{1}{2} I_m$ ）。这种穿线方法是利用 x 方向电流和 y 方向电流在某磁心的重合来对该磁心进行“读”或“写”的，这种存取方式就是所谓的“电流重合法”。

在对磁心A进行读写时，和A同一行及和A同一列的各磁心也有半选电流穿过，但这些电流幅值较小，不能使各磁心翻转，只能起到半选干扰的作用，而不能改变原来的状态，对于其他各列的磁心都不受干扰，保持原来的状态。

我们可以改进图4-17的穿线方法，得图4-18。改进后具有两个优点：(1)在图4-18中，读出线和禁止线共用一条线，这条线称为 $S/2$ 线。这样一来，磁心板中的每个磁心只穿有三条线，使穿磁心的穿线工作大大减轻。(2)我们把 $S/2$ 线分为两路，按照一定的穿线规律，使一路 $S/2$ 线穿过一半磁心，而另一路 $S/2$ 线穿过另一半磁心，这样可以减少干扰。注意图4-18中磁心的取向是不相同的， x 驱动线正向有的朝左，有的朝右， y 驱

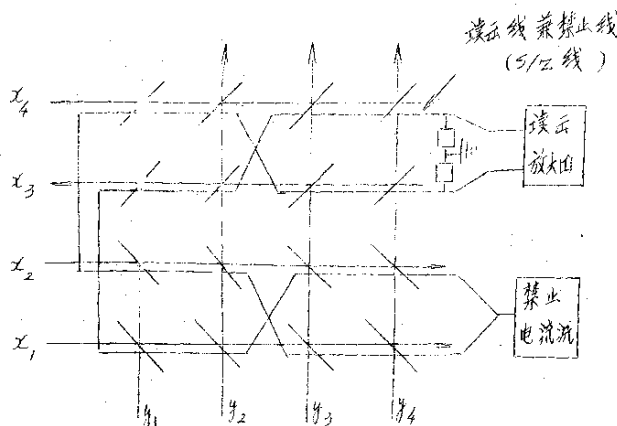


图 4-18

动线的正向是一致的。

我们把通过 x 驱动线的电流和通过 y 驱动线的电流分别用 I_x 、 I_y 表示，把通过禁止线的电流用 I_z 表示。图十九给出读写时各电流的波形图。按时间 t 的顺序看，总是先“读出”，后“写入”，

所以读数和禁止可以共用一条线。

在图 4-18 中,“写”要用三个电流 I_x, I_y, I_z 来控制,每个磁心有 3 条线穿过,因此把它叫做“三度三线”存取方式。DJ5-130 机就是这种穿线方法。

下面说明 130 机磁心板的磁心排列和穿线方式。

130 机采用三度三线存取方式。每块磁心板能

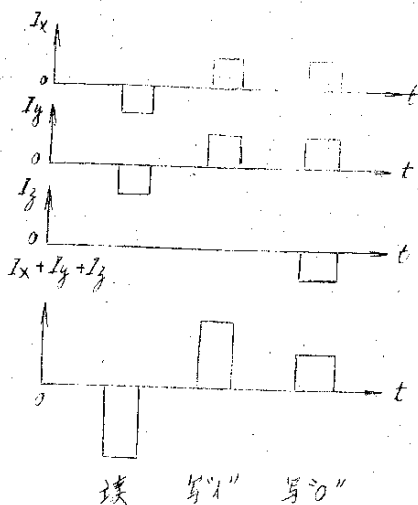
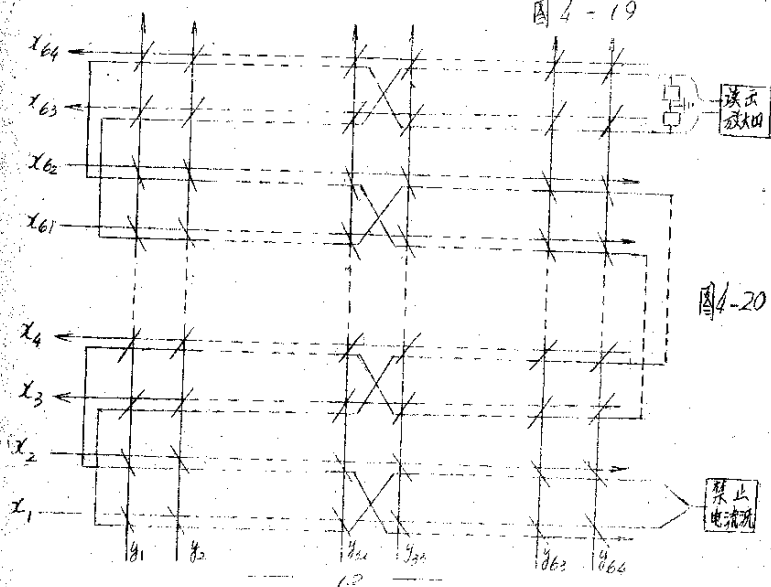


图 4-19



存 $64 \times 64 = 4096$ 个字，所以它的每个方体有 4096 颗磁心，将图 4-18 的磁心改由 16 扩大为 4096 就得到图 4-20，其中有 64 条 X 驱动线和 64 条 Y 驱动线，而 S/Z 线为一条。

每个字长有 16 位，此外还有一位奇偶校验位，一位备用位，共有 18 位，因此每个单元要有 18 颗磁心组成，则 4K 个存储单元就由 18 个磁心方体组成，每个方体都如图 4-20 所示。在 18 个方体内的对应位组合起来就是一个 4K 个字的磁心存储单元。这 18 个磁心方体排列在一块磁心板的正面和反面，则一块磁心板上就能存储 4K 个字，这块磁心板叫做存储板。DJS-130 机共有 32K 个存储单元，则由 8 块存储板组成，它们的编号为：000、001、010、011、100、101、110、111。以便根据给定的地址码，首先选定存储板，然后找到存储单元，进行读取（读出）或存储（写入）。

DJS-130 机磁心存储板的示意图，如图 4-21 所示。

18 位读/禁止线 (S/Z 线) 由此外接。

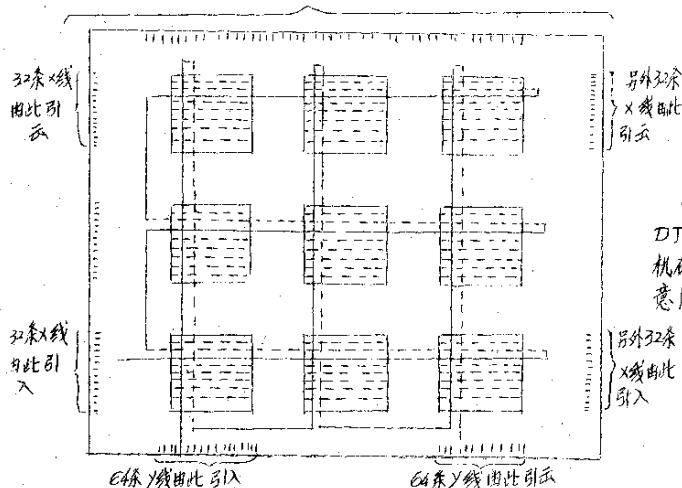


图 4-21
DJS-130
机磁心板示
意图

由图 4-21 可见，虽然每块磁心板上有 18 个小方格，但 x 、 y 驱动线仍各为 64 条。一条 y 线穿过每个方格的对应的行，例如图 4-21 中画出的八条 y 线先穿过磁心板正面左侧三个方格的第 30 行，然后穿过反面左侧三个方格的第 30 行，然后穿过正面中间三个方格的第 30 行，然后穿过反面中间三个方格的第 30 行，然后穿过反面中间三个方格的第 30 行，然后穿过正面右侧三个方格的第 30 行，最后穿过反面右侧的第 30 行。一条 x 线也与此类似，它穿过每个方格的对应的列（参看图 4-21 中画出的八条 x 线），读云 / 禁止线则每位单设，共有 18 位读云 / 禁止线。一个字的各位是同时读云的。

第四节 磁心存储器的组成和工作原理

DJS-130 机的磁心存储器框图如图 4-22 所示（图见下页）

DJS-130 机采用磁心存储器作为主存储器，用于存放常数、变数和程序。字长 16 位，最大容量可扩充到 32 K 字。为检查读与写的错误，设有奇偶校验和自标分调装置。

内存存储器以 4K 个字为一个基本单元（4096 个字），由控制板和存储板两部分组成。容量超过 4K 个字时，可以增加存储板。

图 4-22 是 DJS-130 机内存存储器的框图。存储板部分由磁心体、 X 、 Y 向译码驱动电路、时序电路、面板选择、读云和禁止电路等组成。控制板由地址寄存器、重写寄存器等部门组成。

内存存储器的各项技术指标：

容量：以 4K 为基本单元，可扩充到 32 K 字。

字长：17 位，包括一位奇偶校验位。

存取周期：2 μ S，最快存取时间为 550 μ S。

磁心型号: $\phi 0.6$ 铝系宽温中速磁心,
 温度范围: $20^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{C}$
 电流电压: $\pm 5\text{V}$, 可变化 $\pm 10\%$
 $+15\text{V}$, 可变化 $\pm 8\%$

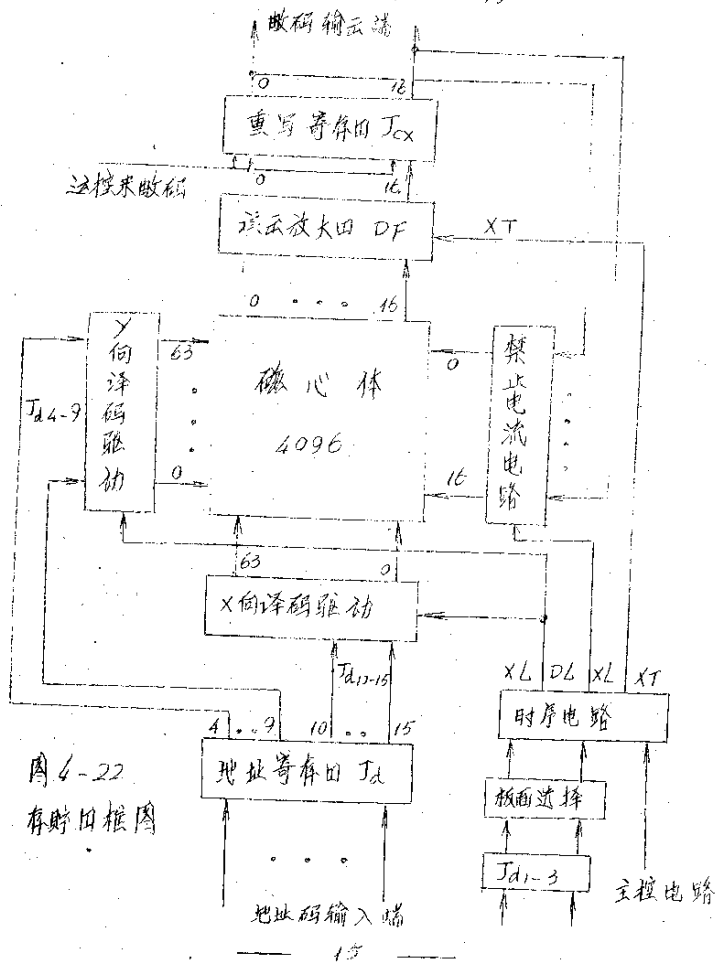


图 4-22
 存储器框图