

武月讲义

电子计算机磁心存储器

(上)

长沙工学院研究所编
上海自动化仪表二厂情报资料室翻印

讲 义 用 试

电子计算机磁心存贮器

(上)

长 沙 工 学 院 研 究 所 编

上海自动化仪表二厂情报资料室翻印

序

毛主席亲自发动和领导的批林批孔运动，已经在全国普遍开展起来，运动朝着深入、普及、持久的方向发展，人民群众发动起来了，形势很好。在批林批孔运动的推动下，在党的十大精神鼓舞下，教育战线上的广大工农兵学员上大学管大学用马列主义毛泽东思想改造大学和学校中的工人、革命教师和革命干部一起，痛击教育战线上的修正主义路线回潮，坚持毛主席指引的“五七”道路，贯彻“七·二一”指示，使教育革命出现了蓬勃发展的良好形势。

课程体系和教材内容的改革是教育革命的重要内容之一。要坚持理论联系实际，坚持运用毛主席的哲学思想，辩证唯物论的认识论来指导生产斗争和科学实验。过去的教材，线路与部件爆炸分家，造成脱节现象。我们编写的这本数字计算机专业的“磁芯存储器”试用讲义，改变了以往的做法，把线路与原理部件课有机地结合在一起，期望在学习过程中，内容具体，用途明确，避免脱节。

典型产品带教学，是文化大革命中出现的新生事物，我们根据这一指导思想，选用我们正在研制中的151机存储器做为典型来组织教学。使学员的学习和生产，科研实践紧密结合。在讲义的编写上我处到既要适合于学员学习，同时又要使从事这方面工作的同志有一定参考价值。因此，我们不但对典型产品的两个主

要电路：驱动开关和读出放大器进行了较为全面而深入的分析，使学员通过学习能够掌握诸如脉冲变压器、快速大电流开关、小信号放大、恒流源、恒压源、反馈原理以及电平偏转器、电平恢复器等重要线路知识和概念，而且从技术发展上，较详细地介绍了集成电路驱动器和读出放大器，在存贮原理方面，我们既介绍了151机使用的二度半取数方式，又介绍了二度、三度取数方式，并且对它们的优劣进行了比较，学员可以在将来的工作中根据具体情况进行选择。

这本试用教材由陈福接同志编写，及兰成、陈致明、郎德山、吴显奎、黄玉成等同志参加了整理和审校工作。虽然主观上力求编写出适合于工农兵学员的新教材，但是，由于我们对教育革命精神领会不深，业务水平低，经验很少，加之时间仓促，所以错误和不妥之处一定不少，请同志们批评指正。

编校者

一九七四年七月

於长沙工学院

目 录

第一章	磁心存储器概述	(1—1)
第一节	前言	(1—1)
第二节	磁心存储原理	(1—3)
第三节	存储器各组成部分	(1—6)
第四节	存储器系统的工作过程	(1—10)
第五节	存储器的几个主要技术指标	(1—14)
第二章	磁 心	(2—1)
第一节	磁心的静态特性	(2—1)
第二节	磁心的脉冲特性	(2—3)
第三节	磁心的温度特性	(2—9)
第四节	磁心的挑选	(2—12)
第五节	分层磁化理论简介	(2—15)
第三章	取数方法	(3—1)
第一节	二度半存储器	(3—2)

第二节 二度取数存储器 (3—14)

第三节 三度取数存储器 (3—25)

第四节 取数方式的比较 (3—29)

第四章 电流译码驱动系统 (4—1)

第一节 概 述 (4—1)

第二节 驱动开关电路 (4—6)

第三节 集成电路驱动系统 (4—39)

第四节 均分负载开关 (4—50)

第五节 高速驱动矩阵的一些问题 (4—58)

第一章 磁心存储器概述

第一节 前言

伟大领袖毛主席教导我们：“中国人民有志气，有能力，一定要在下述的将来，赶上和超过世界先进水平。”解放以来，我国电子数字计算技术飞跃发展的历程，证明了毛主席这一论断的无比英明，显示了我国社会主义制度的无比优越性。

自从1956年我国开始研制电子数字计算机以来，磁心存储器一直被用于快速的内存存储。尽管有其他的存储器的研制——如最早的磁鼓存储器，而后研制的磁膜存储器、磁环存储器、磁薄片存储器等。——但由于磁心比起其他存储形式来具有许多优点，磁心存储器一直还是占据最重要的地位，它能够提供广泛的实际应用。我国解放以来，随着社会主义革命和社会主义建设的突飞猛进，计算技术也从无到有，从小到大，从低级到高级不断向更高一级发展，来满足我国国防与国民经济发展的需要。磁心存储器作为电子数字计算机的一个很重要的组成部分也在不断地发展着。其存储的容量、速度、可靠性、体积、存储电路技术、存储元件生产和测试的自动化技术等，都有很大的发展。同时，也相应地培养了能自行设计、自行制造电子数字计算机的队伍。半导体集成电路技术的发展，使我国已开始出现半导体集成电路的存储器。这是存储器发展的方向。

磁心存储技术，要在毛主席的无产阶级革命路线指引下，在“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线的光辉照耀下发展起来的。1958年的大跃进，使我国电子计算机的研制工作如雨后春笋。在全国许多部门，许多单位开始搞起来。磁心存储器也随之得到迅速的发展。存储容量从 256×16 位、 2048

×40 位发展到 32768 × 64 位，以至在一台机中上亿 13 万 × 64 位或更大容量的存储器。容量提高了 100 倍以上。在存储速度方面，存储周期从 20 微秒，6 微秒缩短为 1 微秒，以至 0.5 微秒。这就是说，在一秒钟内，磁心存储器能吞吐 1 至 2 百万字数据。从磁心元件的尺寸来看，其外径从 2 毫米、1.4 毫米减小到 0.8、0.6 毫米，以至更近一步在研制 0.5 毫米，0.3 毫米的磁心。磁心的生产过程已自动化或半自动化。生产能力和成品率都在不断提高，磁心测试已经实现自动化。磁心电路板亦正向机械化、自动化迈进。由于驱动磁心的电路技术，由电子管电路，晶体管电路开始发展到第三代的半导体集成电路技术。现在，我国生产的存储器，全部都是国产元件，自行设计、制造的。这是毛主席“独立自主”、“自力更生”的指导思想在存储技术领域里的胜利。尤其是从 1966 年无产阶级文化大革命以来，发展得更快。现在我国的几台大机中的高速大容量的磁心存储器，都是在无产阶级文化大革命以来搞的。这说明，毛主席的“抓革命，促生产，促工作，促战备”的伟大方针深入人心，并且在实践得到了丰硕的结果。

半导体集成电路存储器，在我国已经出现。它具有体积小、速度快、生产简单等一系列优点，是未来取代磁心存储器的技术途径。但是，由于磁心已使用多年，有成熟的生产设备和工艺基础，磁心存储器本身也还在不断向前发展，所以从大容量的内存存储器而言，估计国内在几年或十几年里，磁心存储器仍然是主要的存储器技术。这是符合我国国防与国民经济发展的需要，磁心存储器技术在电子数字计算机中，仍应大力研究和制造。为此我们学习磁心存储器比起其他类型存储器来仍是主要的。

磁心存储器，也常称为动态记忆装置或记忆系统。在电子计算机中，用来存储信息。所存储信息有两部分内容：一部分是参

与这称的数；另一部分是程序。所谓程序，就是人们将要求计算机进行工作的计划和步骤编成电码的形式，存入存储器，以便计算机按照人们预先规定的意图进行运算。所以磁心存储器在计算机中担任好象是“大脑”记忆的任务。

第二节 磁心存储原理

一、磁滞迴线

我们从电工知识知道 铁磁材料都有“剩磁”，在外加电流（磁场）的作用下，都具有磁滞迴线。磁心存储器就是根据这种剩磁原理进行记忆的。例如：正方向的剩磁 $+\phi_r$ 叫做“0”，负方向的剩磁 $-\phi_r$ 叫做“1”。人们研制了一种磁性材料，叫做铁氧体，或者叫做铁金氧。这种磁性材料，具有近似于矩形的磁滞迴线（图 1—1）。现在来看它的工作过程。

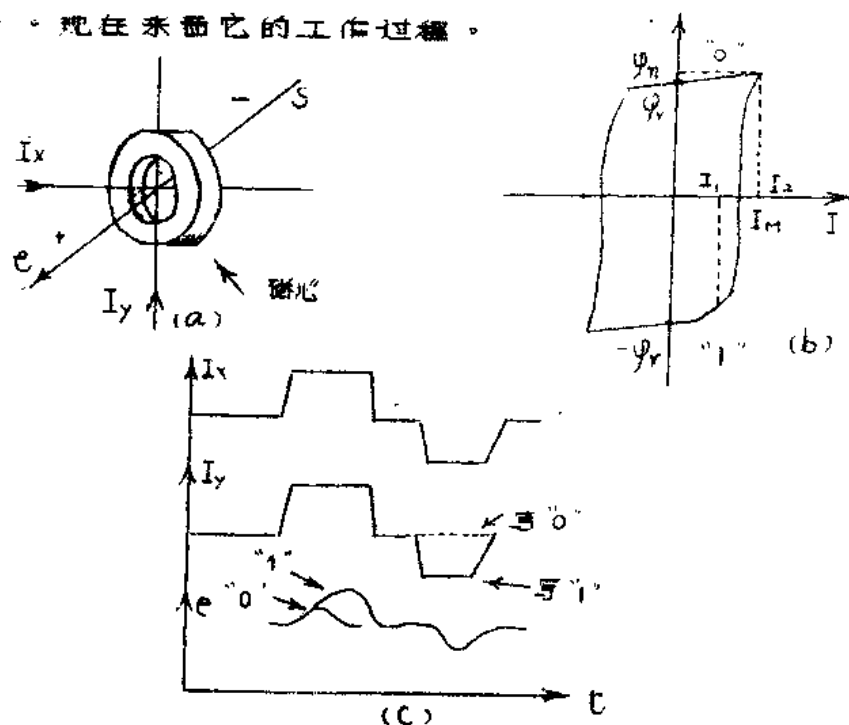


图 1—1 磁滞迴线

1. 读出过程

磁心在不加外激励时，也就是磁环里不加电流时，总是具有正的或者负的剩磁，例如现在的剩磁是 $-\phi_r$ ，也就是“1”状态。在磁环里，穿过三条线，有两条叫做驱动线，用来加上驱动电流 I_x ， I_y ；还有一条读出线，用来接收磁心里磁通变化时的感应电势 e 。

如果加上一段时间宽度的驱动电流脉冲，并且 $I_x + I_y \leq I_1$ ，剩磁状态不变；如果 $I_x + I_y \geq I_2$ ，则磁心状态由 $-\phi_r$ 变到 $+\phi_r$ ，也就是磁心发生了翻转。这对磁通变化在读出线上感应出电势 e ，这就是“1”的感应电压输出。

如果原来的剩磁是 $+\phi_r$ ，即“0”状态，显然，所加电流脉冲 $I_x + I_y \geq I_2$ ，磁通由 $+\phi_r$ 变到 ϕ_m ，又回到 $+\phi_r$ 。此接磁心不翻转，感应出了一个小的“0”干扰。

2. 写入过程

因为对磁心驱动，总是先读后写的，也就是先加 $I_x + I_y \geq I_2$ 的电流脉冲，所以写入之前，剩磁总是处在 $+\phi_r$ ，即“0”状态；写入时， $I_x + I_y$ 用反方向电流。如果 $|(-I_x) + (-I_y)| \geq I_2$ ，则磁心由 $+\phi_r$ 翻回到 $-\phi_r$ ，这就是写入“1”；如果 $|(-I_x) + (-I_y)| \leq I_1$ ，则磁心仍留在 $+\phi_r$ ，这就是写入“0”。

存储器的工作过程实际上是这样的：因为磁心具有近似矩形的磁滞迴线，所以它能满足下列条件：

我们取 $I_x = I_y = \frac{1}{2} I_m$ 称为半选电流，则磁心性能应当保证：

$$I_m \geq I_2, \quad \frac{1}{2} I_m < I_1。$$

这样一来，当对磁心读时，总是加上 $I_x + I_y = I_m \geq I_2$ ，不管磁心原来状态如何，都翻转到 $+\phi_r$ 状态（图1-4 C）。当写入时如果要写“1”，就加上 $-(I_x + I_y) = -I_m$ ；如果要写“0”，只加 $-I_x = \frac{1}{2} I_m < I_1$ 。这样，写入时由控制 $I_y = -\frac{1}{2} I_m$ 或者 $I_y = 0$ 来实现写“1”或者写“0”。

二、存储字和位的概念

由上面所述，一个磁心只能存储一个二进制码仅“1”或“0”。要存一个数，一个磁心当然是不够的，要有一串磁心来存储；要存储许多数，就应当用许多串磁心才行。例如我们要存一个数 $x = 3.1416$ ，这是一个十进制的数，这个数是5位的十进制数。我们把它称为一个字，为了把这个数存入磁心存储器，就应当把它变成二进制的才行。 x 的二进制形式为：

$$x = 11.00100100001111$$

这就要求用一串16个磁心的状态来表示它。这个数就是一个字，二进制16位。以后，在计算机中，我们都是以二进制来表示的，说“一位”都是指二进制的位，不再做其他解释。

下面来说明字和位的磁心排列表示法。设有 A 、 B 、 C 、 D 四个数，每个数都是16位，就是 $A = A_1 A_2 A_3 \dots A_{16}$ ； $B = B_1 B_2 B_3 \dots B_{16}$ ； $C = C_1 C_2 C_3 \dots C_{16}$ ； $D = D_1 D_2 D_3 \dots D_{16}$ 。其中 A_i, B_i, C_i, D_i ($i = 1 \sim 16$) 都是“0”或“1”的二进制码， $i = 1$ 是第一位， $i = 2$ 是第二位，等等。把这些数存到存储器中，就是图1—2所示的样子，称之为一个容量是4个字，字长是16位的磁心阵列。实际上，存储器容量要大得多，如151机的存储器容量为32768字 $\times$ 52位。这就是说，每位就有32768只磁心。

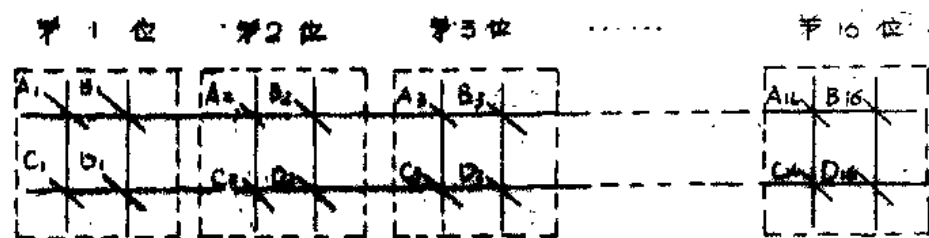


图 1—2 4 字 $\times$ 16 位的磁心阵列

整个磁芯阵列总共需 $32768 \times 32 \approx 105$ 万只磁芯。

第三节 存储器各组成部分

存储器由这样一些部分组成：1. 地址码寄存器；2. 地址译码器；3. 字电流驱动系统；4. 位电流驱动系统；5. 磁芯存储阵列（或磁芯板、磁芯体）；6. 读出放大器；7. 数据寄存器；8. 实现存储过程的逻辑线路。

一、地址寄存器 D

地址寄存器由若干位触发器构成，或者叫做地址触发器。地址寄存器的位数是和存储容量相对应的。每个触发器都有“0”和“1”两种状态。 $D_1 D_2$ 两个触发器就有 00, 01, 10, 11 四种状态。 $D_1 D_2 D_3$ 三个触发器就有 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111 八种状态，以此类推。 n 个触发器就有 2^n 种状态。 n 位地址寄存器的 2^n 种状态将存储器的 2^n 个存储单元（可以存入一个数据的地址叫做一个存储单元）一一编号。一个存储器，如果它的容量是 4096，就是说这个存储器可以存储 4096 个数据，那么就要由 12 个地址触发器给他们编号。因为 $2^{12} = 4096$ ，编号从 0000 到 4095（十进制），地址寄存器所存的数据叫做地址码。一个地址码就是一个存储单元的编号，通常称为一个地址。一个数据要存入存储器时，必须先给出地址码，指明要存入那一地址。例如数据元存入第 5 号单元，地址码就是：0000000000101

以后向第五号单元读取时，取出的就是原来存入的数据元。

二、地址译码器 YM

前面已经说过，地址寄存器中的数据称为地址码。地址码是指明将要存入或要取出的数据的单元号码的，那么，怎样才能对这

个单元实行存取取出动作呢？这就必须把地址码翻译成电平控制信号，也就是进行译码，现在举例说明之。

有一个三位地址寄存器 $D_1 D_2 D_3$ (图 1-3)，每个触发器都有两个输出端“0”端 $\bar{D}_i$ 和“1”端 D_i ($i=1, 2, 3$)。例如当触发器 D_1 是“0”状态时，其“0”端 $\bar{D}_1$ 输出高电位，其“1”端 D_1 输出低电位，反之，如果触发器 D_1 是“1”状态时，其“0”端 $\bar{D}_1$ 输出低电位，其“1”端输出高电位。其它各个触发器也间样有独立的两钟状态。

三个触发器的六个输出端送到地址译码器 Y_M 的输入端。怎样连接呢？原来译码器 Y_M 是由八个集成电路的“与非”门组成。这里，每个“与非”门有四个输入端，一个输出端。当四个输入端同时都是高电位时，其输出才是低电位；只要其中任何一个输入端是低电位，其输出就是高电位。于是对于第一个门来说

$$Y_0 = \overline{\bar{D}_1 \cdot \bar{D}_2 \cdot \bar{D}_3 \cdot d}$$

这就是说当 $\bar{D}_1, \bar{D}_2, \bar{D}_3$ 都是高电位，而且命令 d (命令高电位) 时， Y_0 输出才是低电位，其他情况时，都是高电位。

同理，

$$Y_1 = \overline{\bar{D}_1 \cdot \bar{D}_2 \cdot D_3 \cdot d}$$

$$Y_2 = \overline{\bar{D}_1 \cdot D_2 \cdot \bar{D}_3 \cdot d}$$

$$Y_7 = \overline{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3 \cdot d}$$

从中不难看出，当没有命令脉冲 d 时 (即 d 端是低电位)， $Y_0 \sim Y_7$ ，各输出端都是高电位，当加上 d 脉冲时，按照地址码 D 的内容， $Y_0 \sim Y_7$ 中有一个输出负脉冲。这就是三位地址码寄存器的八种状态经过译码器后产生的八个对应的控制信号。

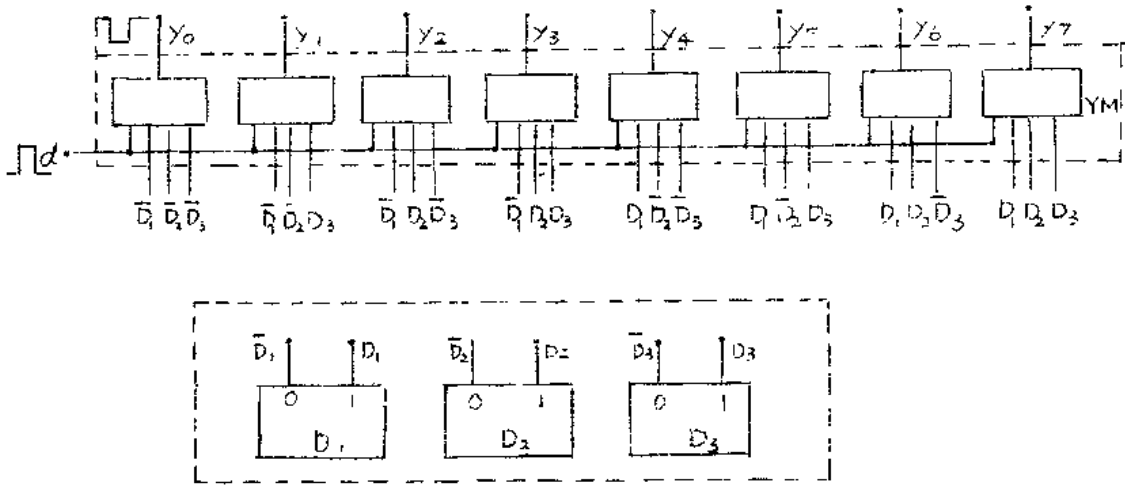


图 1-3 地址寄存器 and 地址译码器

三、驱动电流的产生

现在来考虑，如何通过地址译码器控制产生双向（正向和负向）的读写电流送入磁心（图 1-4a）。

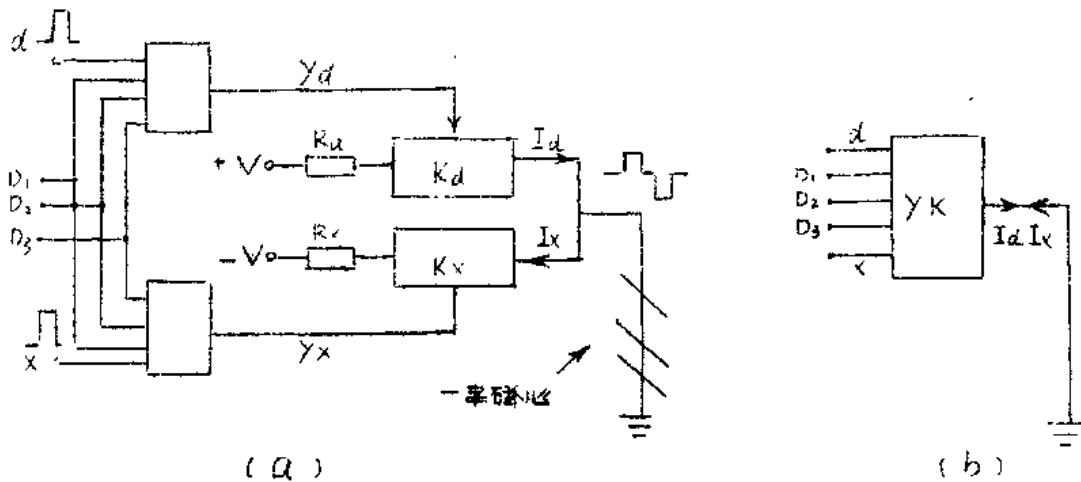


图 1-4 驱动电流的产生

当地址码 D_1, D_2, D_3 都是高电位的时候，两个译码的“与非”门

(y_d, y_x) 都处于准备好了的状态。先加工读脉冲 d ，于是，上一了门 y_d 输出一个负脉冲，把驱动电流开关 K_d 接通。读电流 I_d 从正电源 $+V$ ，经过限流电阻 R_d ，开关 K_d ，一串磁心，到地。读脉冲结束以后， K_d 关闭。然后发写脉冲 x ，则下一了门 y_x 输出一个负脉冲，把写电流开关 K_x 接通，于是写电流从地，通过一串磁心，流经 K_x ，限流电阻 R_x ，到负电源 $-V$ 。这样，就以读写命令将 d, x 和地址码配合，向磁心送进了双向的读写电流。

为了简化图形，把图 1—4a 所示的逻辑框图简化为图 1—4b 的形式。此图标出了三个电位控制端 D, X, P ，两个命令脉冲输入端和一个能输出双向电流的输出端。把这个逻辑结构命名为带译码的开关 YK 。当然，地址码电位控制端可以根据地址码位数的多少而增减。

四、磁心信号的读出与放大

图 1—5 是一个 16×1 位的磁心阵列。在 x 方向有四根驱动线 $I_{w1}, I_{w2}, I_{w3}, I_{w4}$ ， y 方向也有四根驱动线 $I_{z1}, I_{z2}, I_{z3}, I_{z4}$ 。各驱动线都能产生双向的读写电流。在 x, y 驱动线的每个交叉点上有一只磁心，共有十六只磁心。每一根读出线斜 45° 方向穿过所有磁心，用来接收这一位的所有磁心翻转的感应小信号，并把这信号送到一个读出放大器 F_d 的输入端。在工作时，同一时间里， x, y 两个方向各有（也只有）一根驱动线上通半选电流。如 I_{w1}, I_{z1} ，有驱动电流，则其交叉点上的磁心 A 被选。磁心 A 翻转的感应信号经过读出线送到放大器 F_d 进行放大。放大器由一个选通脉冲 S 控制，当加上 S 时，放大器才接收读出线的有用信号，并且把信号放大成足以推动标准逻辑电路的脉冲电压，送到数码寄存器 J ， J 是一个触发器，在读出之前先归“0”。如果 F_d 输出的信号是“1”，则把 J 置成“1”；如果 F_d 输出是“0”，则 J 保持原来的“0”状态。这就把磁心 A 的状态“读”出来了。在加

I_{w1} 和 I_{z1} 时，处在同一行和同一列上的其他磁心受他们的打靶

，但由于 I_{w1} 和 I_{z1} 都是半选电流，所以除了磁心 A 外的磁心都不会翻转，而保持其原状态，只产生半选干扰。

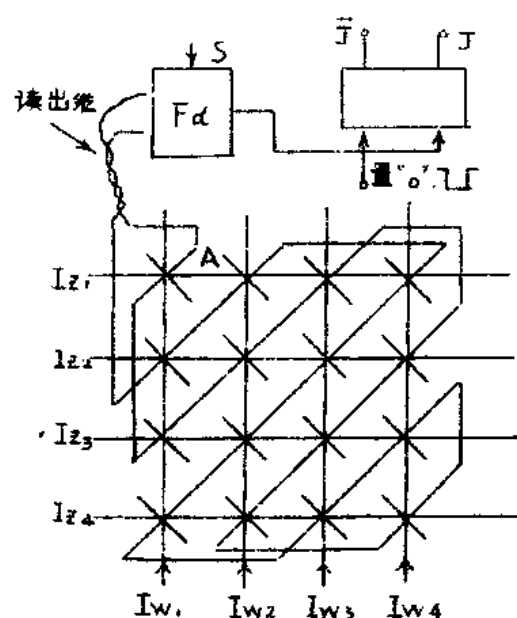


图 1—5 信号的读出与放大

第四节 存储器系统的工作过程

现在把上一节所讲的存储器各子部份有机地联系在一起，说明整个存储器的工作过程。

图 1—6 是一容量为 16 字 × 16 位的存储器方框略图，搞清了这方框图，就可了解存储器的工作机理。图中只画出了第 1 位和第 16 位，中间的已至 15 位和这两位相同，略去了。

因为容量是 16 字，所以用四位地址寄存器 D_1, D_2, D_3, D_4 的 16 种状态给出地址码。为节省设备，地址码分为二组：由 D_1, D_2 组成一组，它有四种状态，控制字间的 4 个译码开关 $YK_1 \sim YK_4$ ，如 D_1, D_2 为 00 状态时， YK_1 被选。当读脉冲 d 到来时，输出字电流 I_{z1} 进入磁心阵列。由 D_3, D_4 组成另外一组，它也有 4 种状态，控制位间驱动开关 $YK_5 \sim YK_8$ ，每一位有 4 根位

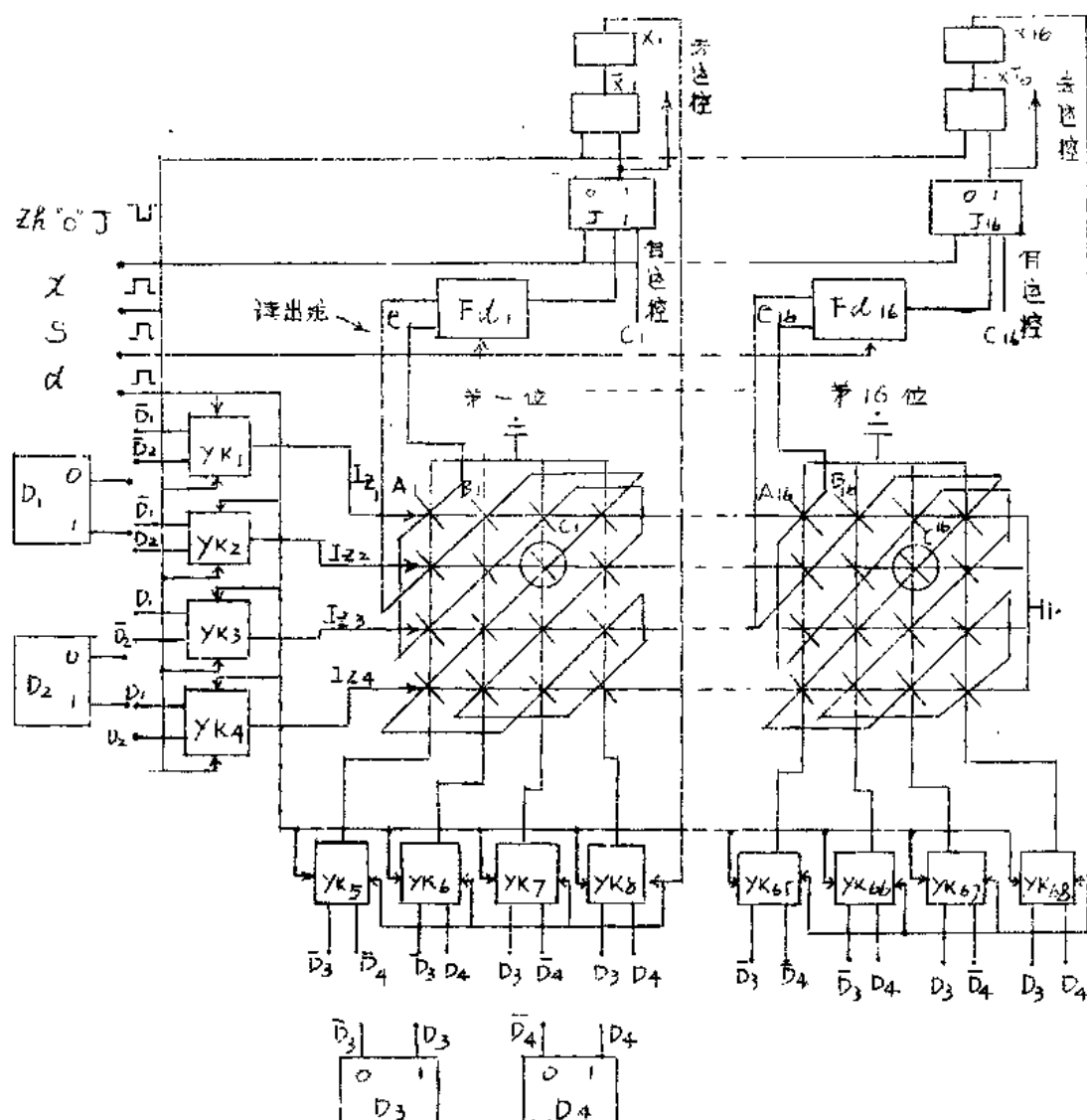


图 1—6 存储矩阵的方框略图

驱动线，对应 4 个开关 YK ，因此，16 位就有 64 个 YK ，都受地址码 $D_3 D_4$ 的控制。例如， $D_3 D_4$ 为 00 状态时，第 1 位的 YK_5 、第 2 位的 YK_6 ……第 16 位的 YK_{65} 被选。当阅读命令脉冲 d 、 X 到来时，对应的 YK 就输出位电流进入磁芯阵列。