

試 用 讲 义

电 子 数 字 計 算 机  
磁 心 存 貯 器

陈 福 接 编

长 沙 工 学 院

## 毛 主 席 语 录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

学制要缩短，教育要革命，资产阶级知识分子统治我们学校的现象，再也不能继续下去了。

我们的实践证明：感觉到了的东西，我们不能立刻理解它，只有理解了的东西才更深刻地感觉它。感觉只解决现象问题，理论才解决本质问题。这些问题的解决，一点也不能离开实践。

## 序 言

在毛主席无产阶级教育革命路线的指引下，教育战线的革命形势一片大好。广大工农兵学员发挥上大学、管大学、用马列主义、毛泽东思想改造大学的作用，和广大工人、革命干部、革命教师一起，狠批修正主义教育路线，誓将无产阶级教育革命进行到底。

“教育要革命。”课程体系和教材内容的改革是教育要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，线路课和部件课分家，造成脱节现象。我们编写的这本数字计算机专业用的《磁心存贮器》试用讲义，改变了以往的作法，把线路和原理部件课有机地结合在一起，指望在学习过程中，内容具体，用途明确，避免脱节。

以典型产品带教学，是文化大革命中出现的新生事物。我们把我们研制的151机存贮器做为典型产品来组织教学，使学员的学习和生产、科研实践紧密结合。在讲义的编写上，考虑到既要适合于学员学习，又要使其对从事这方面工作的同志有一定参考价值，我们不但对典型产品中的两个主要电路—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移器和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。可供学员在将来的工作中根据具体情况进行选择和参考。

这本试用教材由陈福接同志编写，151-3机存贮组一些同志参加了整理、审校和绘图工作。经过一段时间教学的试用，又做了一定的修改和补充。虽然我们从主观上力求编写出适合于工农兵学员的新教材，但是，由于对教育革命精神领会不深，水平低，经验少，编校时间仓促，所以错误和不适之处一定不少，请同志们批评指正。

编 校 者

一九七六年五月

# 目 录

## 序 言

## 第一章 磁心存贮器概述

|                  |   |
|------------------|---|
| 第一节 前 言          | 1 |
| 第二节 磁心存贮原理       | 2 |
| 第三节 存贮器各组成部分     | 4 |
| 第四节 存贮器系统的工作过程   | 6 |
| 第五节 存贮器的几个主要技术指标 | 9 |

## 第二章 磁 心

|              |    |
|--------------|----|
| 第一节 磁心的静态特性  | 10 |
| 第二节 磁心的脉冲特性  | 11 |
| 第三节 磁心的温度特性  | 14 |
| 第四节 磁心的挑选    | 16 |
| 第五节 分层磁化理论简介 | 17 |

## 第三章 取 数 方 法

|              |    |
|--------------|----|
| 第一节 二度半取数存贮器 | 21 |
| 第二节 二度取数存贮器  | 28 |
| 第三节 三度取数存贮器  | 35 |
| 第四节 取数方式的比较  | 37 |

## 第四章 电流译码驱动系统

|                 |    |
|-----------------|----|
| 第一节 概 述         | 40 |
| 第二节 驱动开关电路      | 42 |
| 第三节 集成电路驱动系统    | 64 |
| 第四节 均分负载开关      | 72 |
| 第五节 高速驱动矩阵的一些问题 | 76 |

## 第五章 读 出 系 统

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 第一节 读出系统概述         | 82  |
| 第二节 用于读出放大器的一些典型环节 | 90  |
| 第三节 读出放大器的设计与应用    | 116 |

## 第六章 151 机主存贮器

|               |     |
|---------------|-----|
| 第一节 概 述       | 152 |
| 第二节 译码驱动与读出系统 | 153 |
| 第三节 几种主要控制电路  | 164 |
| 第四节 总框图简要说明   | 172 |

# 第一章 磁心存贮器概述

## 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，一定要在不远的将来，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，磁心存贮器一直被用于快速的内存贮器。尽管有其他的存贮器的研制一如最早的磁鼓存贮器，而后研制的磁膜存贮器、磁环线存贮器、磁叠片存贮器等等但由于磁心比起其他存贮形式来具有许多优点，磁心存贮器一直还是占有最重要的地位。它能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。磁心存贮器做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，其存贮的容量、速度、可靠性、体积、存贮电路技术、存贮元件生产和测试的自动化技术等等，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贮器，这是存贮器发展的方向。

磁心存贮技术，是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。磁心存贮器也随之得到迅速的发展。存贮容量从 $256 \times 16$ 位、 $2048 \times 40$ 位发展到 $32768 \times 64$ 位，以至在一个机器上使用 $13万 \times 64$ 位或者更大容量的存贮器。容量提高了100倍以上。在存贮速度方面，存贮周期从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，磁心存贮器能吞吐1至2百万个数据。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、0.56毫米，以至更进一步在研制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。磁心穿板技术正向机械化、自动化迈进。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，我国生产的存贮器，全部都是使用国产元件，自行设计和制造的。这是毛主席“独立自主”，“自力更生”的指导方针在存贮技术领域里的胜利。尤其是从1966年无产阶级文化大革命以来，发展得更快。现在我国的几个大机器中的高速大容量的磁心存贮器，都是在无产阶级文化大革命以来搞的。这是毛主席“抓革命，促生产，促工作，促战备”的伟

大战略方针深入人心，并且在实践中得到了贯彻的结果。

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，所以就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。立足于现实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：一部分是参与运算的数；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，以便机器能按照人们预先规定的意图进行运算。因为磁心存储器在计算机中担任了记忆的任务，所以又把它叫做“记忆装置”或“记忆系统”。

## 第二节 磁心存储原理

### 一、磁滞回线

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，都具有磁滞回线。磁心存储器就是利用这种剩磁原理进行记忆的。例如：正方向的剩磁  $+\phi_r$  叫做“0”；则负方向的剩磁  $-\phi_r$  就叫做“1”。人们研制了一种磁性材料，叫做铁氧体或者叫做铁淦氧。这种磁性材料，具有近似于矩形的磁滞回线（图 1-1）。现在来看它的工作过程。

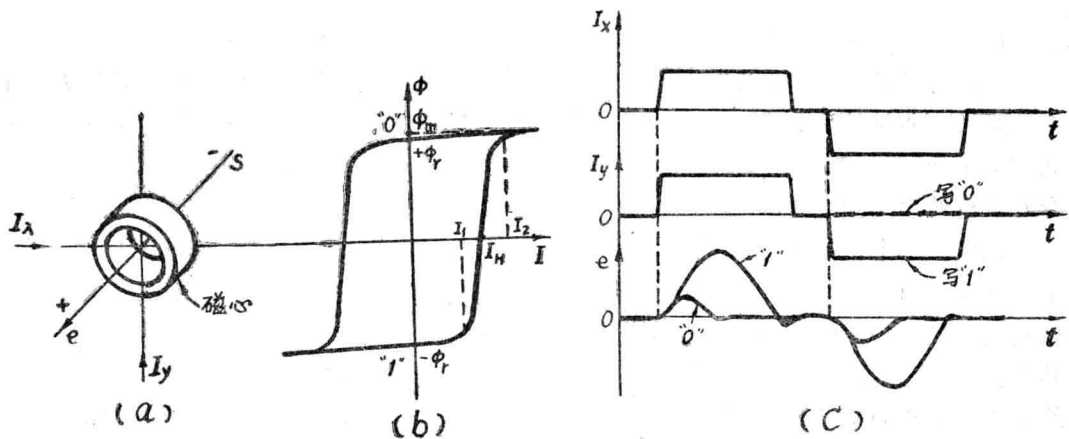


图 1-1 磁滞回线

#### 1. 读出过程

磁心在不加外磁场时，也就是磁环空腔里不加电流时，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，穿了三条线，（见图1-1a）有两条叫做驱动线，用来加上驱动电流  $I_x$ 、 $I_y$ ；还有一条是读出线  $S$ ，用来接收磁心里磁通变化时的感应电势  $e$ ，如果加上一定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（图 1-1b）。这时磁通变化在读出线  $S$  上感应出电动势  $e$ ，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，若所加电流脉冲  $I_x + I_y \geq I_2$ ，则磁通由  $+\phi_r$  变到  $\phi_m$ ，然后又回到  $+\phi_r$ 。此即磁心不翻转，感应出一个小小的“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， $I_x + I_y$  用负方向电流。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  $|(-I_x) + (-I_y)| \leq I_1$ ，则磁心停留在  $+\phi_r$ ，这就是写入“0”。

我们取  $I_x = I_y = \frac{1}{2} I_m$  称为半选电流。因为磁心具有近似于矩形的磁滞回线，所以它的性能应当保证满足下列条件：

$$I_m \geq I_2; \quad \frac{1}{2} I_m < I_1.$$

这样，存贮器的实际工作过程是：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 1-1b）。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、存贮字和位的概念

由上所述，一个磁心只能存贮一个二进制码信息“1”或“0”。要存一个数，就要用一串磁心来存贮；要存贮许多数，就应当用许多串磁心才行。例如我们要存一个数  $\pi = 3.1416$ 。这是一个十进制的数。这个数是 5 位的十进制数。我们把  $\pi$  称为一个字。为了把这个数存入磁心存贮器，就应当把它变成二进制的形式。 $\pi$  的二进制形式为：

$$\pi = 11.00100100001111$$

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，我们所说的数都是以二进制来表示的，说“一位”都是指二进制的一位，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。把这些数存到存贮器中，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，存贮器容量要大得多，如 151 机的存贮器，一个模块的容量为  $32768 \text{ 字} \times 32 \text{ 位}$ 。这就是说，每位就有 32768 只磁心。整个磁心阵列总共就有  $32768 \times 32 = 1,048,576$  只磁心。

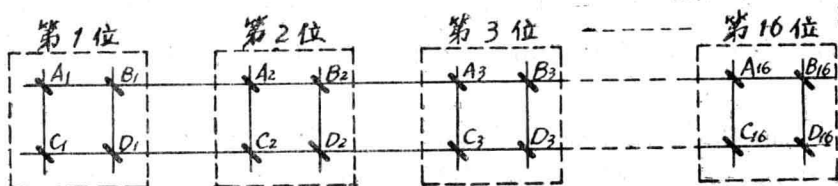


图 1-2 4 字×16 位的磁心阵列

### 第三节 存贮器各组成部分

存贮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、磁心存贮阵列（或磁心板，磁心体）；6、读出放大器；7、数码寄存器；8、实现存贮过程的逻辑线路。

#### 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贮容量相对应的。每个触发器都有“0”和“1”两种状态。 $D_1D_2$ 两个触发器就有00，01，10，11四种状态。 $D_1D_2D_3$ 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 $2^n$ 种状态将存贮器的 $2^n$ 个存贮单元（可以存入一个数的地址叫做一个存贮单元）编号。一个存贮器，如果它的容量是4096，就是说这个存贮器可以存贮4096个数，那么就要由12个地址触发器给它们编号。因为 $2^{12}=4096$ ，编号从0000到4095（十进制）。地址寄存器所存的数码叫做地址码。一个地址码就是一个存贮单元的编号，通常称为一个地址。一个数要存入存贮器时，必须先给出地址码，指明要存入哪一个地址。例如数 $\pi$ 存入5号单元，地址码就是：

000000000101

以后向5号单元取数时，取出的就是原来存入的数 $\pi$ 。

#### 二、地址译码器 $YM$

前面已经说过，地址寄存器中的数码称为地址码。地址码是指明将要存入或者取出的数的单元号码的。那么，怎样才能对这个单元实行存入或取出的动作呢？这就必须把地址码翻译成电位控制信号，也就是进行译码。现在举例说明之。

有一个三位地址寄存器 $D_1D_2D_3$ （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。其它各个触发器也同样有独立的两种状态。

三个触发器的六个输出端送到地址译码器 $YM$ 的输入端。怎样连接呢？原来译码器 $YM$ 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



$$Y_0 = \overline{D_1} \cdot \overline{D_2} \cdot \overline{D_3} \cdot d$$

这就是说，当  $\overline{D_1}, \overline{D_2}, \overline{D_3}$  都是高电位，而且有命令  $d$ （有命令时高电位）时， $Y_0$  输出才是低电位，其他情况时，都是高电位。

同理，

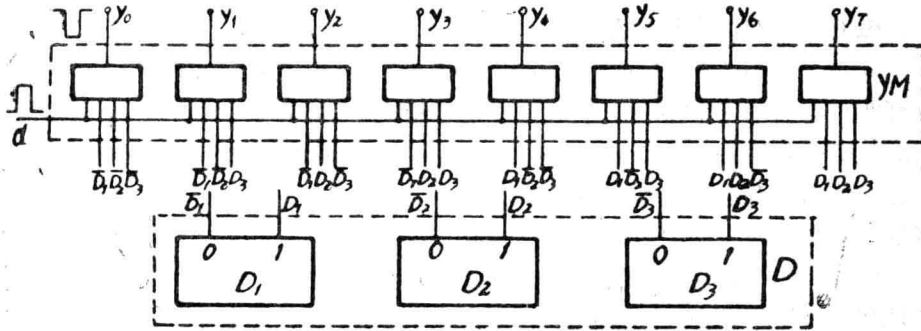


图 1-3 地址寄存器和地址译码器

$$Y_1 = \overline{D_1} \cdot \overline{D_2} \cdot D_3 \cdot d$$

$$Y_2 = \overline{D_1} \cdot D_2 \cdot \overline{D_3} \cdot d$$

.....

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

从式中不难看出，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。

### 三、驱动电流的产生

现在来看，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）。

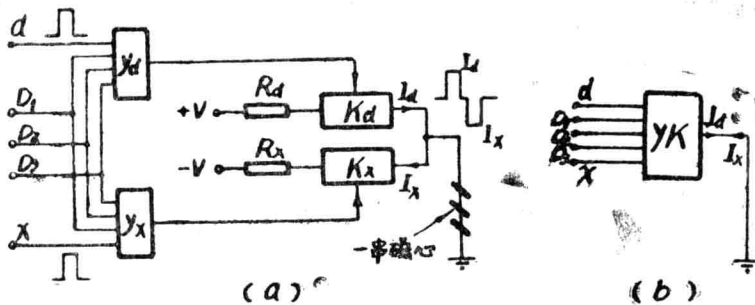


图 1-4 驱动电流的产生

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。先加上读脉冲  $d$ ，于是，上一个门  $Y_d$  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  $x$ ，则下一个门  $Y_x$  输出一个负脉冲，把写电流开关  $K_x$  接通，于是写电流  $I_x$  从地，经过一串磁心，开关  $K_x$ ，限流电阻  $R_x$ ，到负电源

$-V$ 。这样,就以读写命令波  $d, x$  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  $D_1 D_2 D_3$ , 两个命令脉冲输入端  $d, x$  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  $16 \text{ 字} \times 1 \text{ 位}$  的磁心阵列,在  $X$  方向有 4 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  $XY$  驱动线的每个交点上有一只磁心,共有 16 只磁心。有一根读出线斜  $45^\circ$  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,并把这些信号送到一个读出放大器  $Fd$  的输入端。在工作时,同一时间里,  $X, Y$  两个方向各有(也只有)一根驱动线上有半选电流。如  $I_{w1}, I_{z1}$  有驱动电流,则其交点上的磁心  $A$  被选。磁心  $A$  翻转的感应信号经过读出线送到放大器  $Fd$  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  $Fd$  输出的信号是“1”,则把  $J$  置成“1”;如果  $Fd$  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它们的干扰,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。

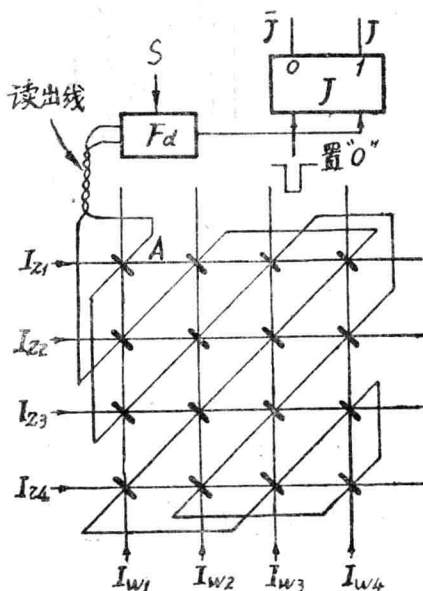


图 1-5 信号的读出与放大

### 第四节 存贮器系统的工作过程

现在把上一节所讲的存贮器各个部分有机地联系在一起,说明整个存贮器的工作过程。

图 1-6 是一个容量为  $16 \text{ 字} \times 16 \text{ 位}$  的存贮器方框略图,搞清了这个略图,就了解了存贮器的工作概貌。图中只画出了第 1 位和第 16 位,中间的 2 至 15 位和这两位相同,略去了。

因为容量是 16 字,所以用 4 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,地址码分为两组:由  $D_1 D_2$  组成一组,它有四种状态,控制字向的 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。当读写脉冲  $d, x$  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,控制位向驱动开

$YK$ , 都受地址码  $D_3D_4$  的控制。例如,  $D_3D_4$  为 00 状态时, 第 1 位的  $YK_5$ 、第 2 位的  $YK_9$ ……第 16 位的  $YK_{65}$  被选。当有读写命令脉冲  $d, x$  到来时, 对应的  $YK$  就输出位电流进入磁心阵列。

在磁心阵列中,每位有一根读出线,它穿过这一位的所有磁心,把读出信号  $e$  送到读出放大器  $Fd$  的输入级。读出放大器由一个选通脉冲  $S$  来控制。有  $S$  脉冲时,  $Fd$  就放大输出,把信号送给本位的再生寄存器  $J$ ,由  $J$  的状态是“1”还是“0”控制位电流进行重写。下面结合图 1-7 所示存贮脉冲时间关系来说明整个存贮器的工作过程。

磁心存储器里的数是由外部存入的。现在举例说明一个数是怎样存入磁心存储器的。

1. 发一个置“0”数码寄存器（通常记做  $zh^{\text{“0”}}J$ ）的脉冲，把16个  $J$  归“0”，准备接收要存入的数；
2. 在  $zh^{\text{“0”}}J$  的同时，发一个脉冲把地址码 0110 接收到  $D_1D_2D_3D_4$  中来。这个

地址码，往往是由运算控制部分送来的规定好要存入的地址。

由于  $D_1D_2$  是 01 状态，即  $\bar{D}_1, D_2$  是高电位，所以字向  $YK_2$  被选，准备工作；

由于  $D_3D_4$  是 10 状态，即  $D_3, \bar{D}_4$  是高电位，所以位向的  $YK_7$  以及各位中和  $YK_7$  对应的开关，如  $YK_{11}, YK_{67}$  等被选，准备工作；

3. 发读命令脉冲  $d$ ，使  $YK_2, YK_7, YK_{11} \dots YK_{67}$  输出读的半选电流。字电流和各位电流在预定地址的磁心处重合，将这 16 个磁心 ( $C_1 \sim C_{16}$ ，图上以划圆表示) 全部清“0”；同时，读出信号送到各位的放大器。由于是写入过程，所以不加选通脉冲  $S$ ，读放  $Fd$  不进行放大。有时即使进行了放大，也不往下级输出；

4. 在脉冲  $d$  延迟一点时间以后，用脉冲  $C$  将从运控部分送来的数  $C_1 \sim C_{16}$  打入相应的  $J$  寄存器。如果  $C_i (i=1.2 \dots 16)$  是“1”，则  $J_i$  打成“1”；如果  $C_i$  是“0”， $J_i$  打成“0”。

5. 脉冲  $d$  结束以后，发写脉冲  $x$ 。这个脉冲送到  $YK_1 \sim YK_4$  打开  $YK_2$ ，流过一个字向的负电流脉冲  $I_{z2}$ 。另一方面，由于各位要写入的，有的是“1”，有的是“0”，要不要发位向的写电流，就要由  $J_i$  的状态来决定，所以，各位的写命令脉冲  $x_i$  要经过一个门来控制一下：

$$x_i = x \cdot J_i = \overline{x \cdot J_i}$$

其中  $i=1.2 \dots 16$ 。

这就是说，如果  $J_i$  的状态为“1”，就有脉冲  $x_i$  去打开本位对应的开关，发出位写电流  $I_w$ ，和字电流  $I_{z2}$  重合，把这位写“1”；如果  $J_i$  的状态为“0”，不发  $x_i$ ，对应的位开关不打开，没有位写电流，这位就写“0”了。

综合上述方法，就是利用一系列时间序列脉冲，控制存储器在限定的时间里，接收指定好的地址码到地址寄存器，接收要存入的数到了数码寄存器，发读、写电流和选通脉冲等，就可以把外部的数存入指定的单元了。

## 二、读出过程

读出过程同写入过程很相似，只有一点差别，就是读出时加选通脉冲  $S$ ，把放大器  $Fd$  的输出送到数码寄存器。读出的这个数一方面提供运控使用，而另一方面控制位向写命令  $x_i$ ，把原来的内容写回存储器，以使存储器在读过一次以后，保持原来的信息。例如，要求把 15 号单元的数取出送到运控部件，工作步骤如下：

1. 发一个  $zh$ “0”  $J$  脉冲，把数码寄存器置“0”；
2. 发一个脉冲把地址寄存器  $D_1D_2D_3D_4$  置为 1111 状态；

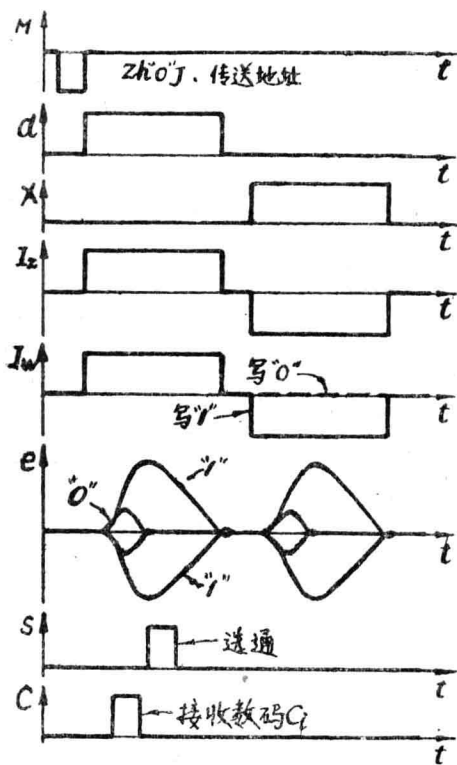


图 1-7 工作时间图

3. 发读脉冲  $d$ , 则字向开关  $YK_4$  开启, 产生字读电流  $I_{z4}$ ; 位向  $YK_8$  以及各位对应的开关如  $YM_{12}, YK_{68}$  开启, 产生位读电流。它们都进入磁心阵列, 驱动  $I_z$  和  $I_w$  相重合的那 16 个磁心。相应的读出信号送到各读出放大器  $Fd$ ;

4. 在发脉冲  $d$  之后延迟一点时间, 发选通脉冲  $S$  到各放大器  $Fd$ , 把有用信号取出放大并送到对应的数码寄存器  $J$ ;

5. 在脉冲  $d$  之后发写脉冲  $x$ 。  $YK_4$  输出字向写电流。同时由  $J_i$  控制各位的写命令  $x_i$ ,  $J_i$  为“1”状态, 则发  $x_i$ ; 否则不发。这样就把从存贮器读出的数又写回原地址。

## 第五节 存贮器的几个主要技术指标

我们看了整个存贮器概貌之后, 可知存贮器应当有如下的技术指标。

### 1. 存贮容量

存贮容量是指存贮器可以存多少个数。如容量是 4096, 就是说可存 4096 个数, 或者说它有 4096 个地址。

有时把位数也考虑进去。如 32 位字长, 就称为 4096 字  $\times$  32 位。

### 2. 存贮周期

存贮周期是指存贮器从取(存)一个数到取(存)下一个数的时间, 也就是取(存)两个数的时间间隔。例如, 存贮周期一微秒, 就是说一秒钟内可以取(存) 100 万个数。

### 3. 可靠性指标

存贮器可靠工作极为重要。稳定可靠性往往用平均无故障的时间间隔来衡量。在试验时, 往往以电源电压、驱动电流、放大器门槛电压、环境温度等允许变化的范围来衡量。

除了高可靠性、速度、容量这三个主要指标以外, 根据用途, 还有许多指标。如经济性、体积、重量、可维修性、灵活性、生产加工方便的工艺性等等。

## 第二章 磁 心

在这一章里，我们将要介绍磁心的性能、参数以及磁心存贮器对磁心的要求，磁心的挑选方法等。

### 第一节 磁心的静态特性

近年来，磁心存贮器使用的磁心材料主要有两类，这两类是以镁锰铁氧体和锂锰铁氧体为基本材料做成的环形磁心。其尺寸用  $D \times d \times h$  毫米表示（外径  $\times$  内径  $\times$  高度）见图（2-1a）

现在国内磁心使用最多的是  $0.8 \times 0.5 \times 0.3$  毫米<sup>3</sup> 和  $0.6 \times 0.4 \times 0.2$  毫米<sup>3</sup> 的锂系宽温磁心。这种磁心具有近乎矩形的磁滞回线。当用一根导线穿过磁心并加以电流  $I$  时，则电流周围产生磁场  $H$ ，由电工学中全电流定律可以知道：

$$H \cdot l = \omega \cdot I$$

其中：

$H$  是磁场强度

$l$  是磁路长度

$\omega$  是匝数

$I$  是电流强度

因此：

$$H = \frac{I}{l}$$

$$(l = 2\pi r \text{ — 平均磁路长度})$$

并且

$$1 \text{ 安匝} = 0.4\pi \text{ 奥斯特} \cdot \text{厘米},$$

所以

$$H = \frac{I}{5r} \quad (2-1)$$

其中  $r$  是磁心的平均半径（单位：厘米）

在外加磁场  $H$  小于  $H_1$  时（见图 2-1b），磁感应强度  $B$  变化很小，图中  $H_c$  称为矫顽力，当  $H$  大于磁场强度  $H_2$  时，则磁感应强度增大到最大值  $B_m$ 。我们希望磁滞回线

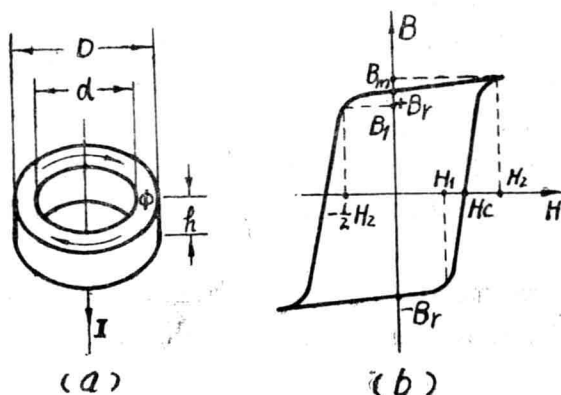


图 2-1 磁心及磁滞回线



越接近矩形越好。为此必须选一个标准来衡量：当  $H = -\frac{1}{2}H_2$  时，其磁感应强度  $B = B_1$ ，而  $H = H_2$  时  $B = B_m$ 。矩形系数  $\beta$  由下式定义

$$\beta = \frac{B_1}{B_m}$$

$\beta$  值越接近于“1”越好，表明磁心的磁滞回线越接近矩形。现在实际生产的磁心的  $\beta$  值小于 1，大于 0.8。

由于磁感应强度  $B$  和磁通  $\phi$  有如下关系：

$$\phi = B \cdot S$$

其中： $S$  是磁心的截面积  $S = \frac{D-d}{2} \cdot h$

在磁心选定后， $S$  是常数。所以，磁滞回线的纵坐标也可以用  $\phi$  表示，横坐标（按 2-1 式）也可以用  $I$  来表示，磁滞回线形状不变。

以上所讲述的是磁心的静态特性，就是加上缓变的磁场情况下，所得的磁滞回线，它与磁心在脉冲状态时的磁滞回线有所不同。而实际应用的是脉冲状态，并且按磁滞回线来大量挑选磁心是很不实际的做法，所以我们仅把矩形磁滞回线做为研究过程的参考。

## 第二节 磁心的脉冲特性

### 一、磁心的脉冲特性曲线

磁心存储器，不管采用什么样的取数方式都是建立在电流重合法的基础之上。就是两个半选电流在这只磁心上重合时，进行读出或写入。读写时，除了被选中的磁心外，在半选驱动线上的磁心总是受到半选电流的干扰，所以在脉冲电流作用下，全选电流读出“1”信号或“0”干扰，而半选电流读出的是半选干扰。我们希望“1”信号大，“0”干扰和半选干扰小，信号 / 杂音的比值要高，这是对磁心从使用观点上提出的一个极重要的要求。

下面我们设计一串周期性的脉冲通过磁心，然后，观察这个磁心在这串脉冲作用下的反映（图 2-2）。在一个大周期内有 8 个电流脉冲通过磁心，其中脉冲 1、3、6、8 是正向全选电流，脉冲 2、4 是负向全选写电流，脉冲 5 是读方向的半选干扰电流，7 是写方向的半选干扰电流。一般情况下，我们总是取读写全电流：

$I_1 = I_3 = I_6 = I_8 = I_d$ ， $I_2 = I_4 = I_x = -I_d$ ，读写宽度大于磁心的开关时间，取半选干扰电流  $I_5 = -I_7 = I_p = \delta I_d$ ，按电流重合法原理， $\delta$  称为破坏比。国内常取  $\delta = 0.6$ ，但半选破坏电流应取  $I_p = 0.5 I_d$ ，而这里取  $\delta = 0.6$ ，这就是用比实际工作情况更为严格的条件来测试磁心的性能，给存储器稳定工作方面留下了余地。 $I_p$  的宽度也比读写电流宽，或者用接连几个同相  $I_p$  来代替，这样模拟实际情况下磁心体里的磁心受到多次的半选干扰的情况。

现在来看电流系列脉冲通过磁心的情况(图2-2b)：设开始前，磁心停留在 $+\phi_r$ 状态，也就是“0”状态， $I_1$ 是读“0”脉冲使磁心从 $+\phi_r \rightarrow +\phi_m \rightarrow +\phi_r$ 并感应出一个全选读“0”输出 $e_0$ 。

$I_2$ 使磁心，从 $+\phi_r \rightarrow -\phi_m \rightarrow -\phi_r$ 就是写“1”操作，这时感应信号 $e$ 是无用的，我们不去研究它。

$I_3$ 是读“1”脉冲，它使磁心从 $-\phi_r \rightarrow +\phi_m \rightarrow +\phi_r$ ，这时由 $-\phi_r$ 变到 $+\phi_r$ ，感应出电动势 $e_1$ ，这个信号叫做读“1”信号。

$I_4$ 的作用同 $I_2$ 。

$I_5$ 把磁心从读方向干扰一下，使磁心从 $-\phi_r \rightarrow 1R$ ，感应电势为 $e_{h1}$ ，它是“1”状态的磁心受读半选电流干扰产生的干扰输出。

$I_6$ 是读破“1”脉冲，使磁心从 $1R \rightarrow +\phi_m \rightarrow +\phi_r$ ，感应电势为 $e_{1p}$ ，叫做破坏了“1”信号。

$I_7$ 把磁心从写方向干扰一下，使磁心从 $+\phi_r \rightarrow O_w$ ，感应电势为 $e_{h0}$ 是“0”状态磁心的半选干扰。

$I_8$ 是读破“0”脉冲，使磁心从 $O_w \rightarrow +\phi_m \rightarrow +\phi_r$ ，感应电势为 $e_{0p}$ 叫做被破坏了“0”干扰。

以后脉冲又周期性的从 $I_1$ 开始。

衡量磁心的好坏，主要就是看脉冲电流作用下，最小的“1”信号和最大的“0”干扰的比值，这个比值用 $K$ 来表示：

$$K = \frac{e_{1p}}{e_{0p}} \quad (2-3)$$

$K$ 叫做单个磁心在某电流情况下的信号杂音比，它越大越好。

由于破坏“0”干扰 $e_{0p}$ 比较小，不便于测量，所以有时就用读“1”信号和破坏“1”信号的差值 $e_1 - e_{1p}$ (它叫做落差)来间接的测量信号和杂音的比值，所以有时不看 $e_{0p}$ ，而看 $e_1 - e_{1p}$ 的数值。

当我们用图2-2c的系列脉冲加到磁心，保持干扰比 $\delta=0.6$ ，不断地加大电流 $I$ ，就可以获得图2-3的一族曲线，图中曲线是由国产 $0.6 \times 0.4 \times 0.2$ 的鋳系磁心测得。

曲线①是 $e_1 \sim I$ 的关系，在工作域里， $e_1$ 随电流 $I$ 的增加而增大。曲线②是 $e_{1p} \sim I$ 的关系曲线，被打扰的“1”略小于 $e_1$ ，当电流加大到一定程度(图中800ma)以上，磁心由于受半选干扰，使 $e_{1p}$ 通过极值点而转为下降。曲线③表示 $e_{0p} \sim I$ 的关系曲线，它也

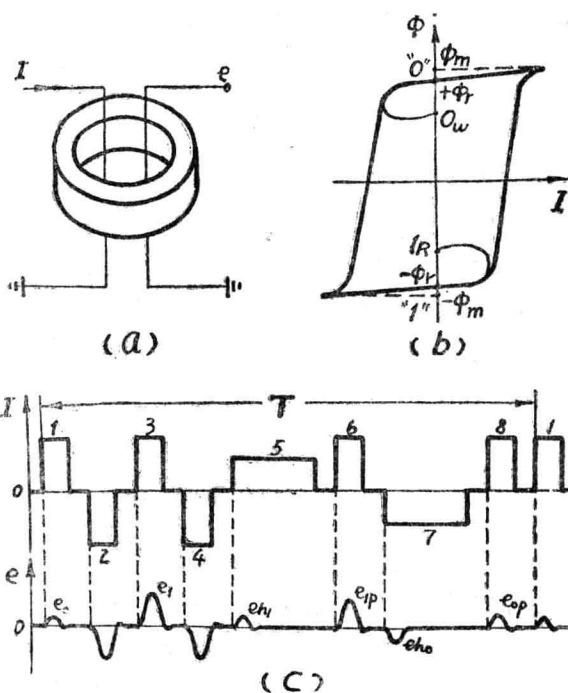


图 2-2 磁心在脉冲电流作用下的反映

是在  $e_{1p}$  通过极点之后  $e_{0p}$  显著增加。

由这族曲线可以帮助我们选择磁心的正确电流工作点。如图，磁心在 600ma 开始翻转，电流在 825ma 时  $K$  最大，过了这点  $K$  值显著下降，工作电流在 600~825ma 之间。

## 二、磁心的开关时间

磁心在外磁场的作用下，剩磁由  $-\phi_r \rightarrow +\phi_r$ ，或由  $+\phi_r \rightarrow -\phi_r$ ，需要一定的时间，这个时间称为磁心的翻转时间或者叫做开关时间  $t_s$ 。

为了加快磁心存储器的存取数据的速度，希望磁心的开关时间  $t_s$  越短越好。因为存储器存取数据的过程总是先读后写，所以存取一个数据起码需要两倍的  $t_s$ ，实际上由于电路工作还有一个过渡过程，所以存储器的存储周期  $T$  一般都要大于或等于三倍的开关时间（即  $T \geq 3t_s$ ），由此可见磁心翻转时间  $t_s$  是限制磁心存储器速度的主要因素。

磁心的开关时间，由下式决定：

$$t_s = \frac{S}{H - H_0} \quad (2-4)$$

其中：

$H$ —外加磁场， $H_0$ —是磁心翻转磁化的临界磁场，它近似等于矫顽力  $H_c$ 。 $S$ —是铁氧体材料的开关系数。图 2-3 中的曲线④示出了外加磁场与开关时间的关系。

磁心的尺寸为什么越来越小？磁心的外径从 2mm, 1.2mm, 0.8mm, 0.6mm, 0.56mm，以至以后将使用 0.3mm 的磁心。从 2-4 式看，改变磁性材料可以提高开关速度，虽然这方面的研究有进展，但总是不能满足计算机速度发展的要求，减小磁心尺寸是减小开关时间  $t_s$  的一种方法。下面来证明这个结论：

在重合法存储器中，半选电流不应当使磁心改变状态，所以  $H_0 \geq \frac{1}{2}H_m$ ，其中  $H_m$  是存储器的全选外加磁场。如果磁心的平均半径为  $r$ ，则按公式 (2-1)，(2-4)，可以得到：

$$t_s = \frac{S}{H_m - H_0} \geq \frac{S}{H_m - \frac{1}{2}H_m} = \frac{2S}{H_m} = \frac{10Sr}{I_m} \quad (2-5)$$

由此可见在材料的开关系数  $S$  一定的情况下  $t_s$  与磁心的半径成正比，和驱动电流  $I_m$  成反比。如果  $H_c$  越大  $H_0$  也越大，允许的  $I_m$  也越大， $t_s$  就越小。但是在存储器中增加电流  $I_m$  往往是不希望的。因为这样要增加功耗，晶体管要做成快速大电流、高耐压时

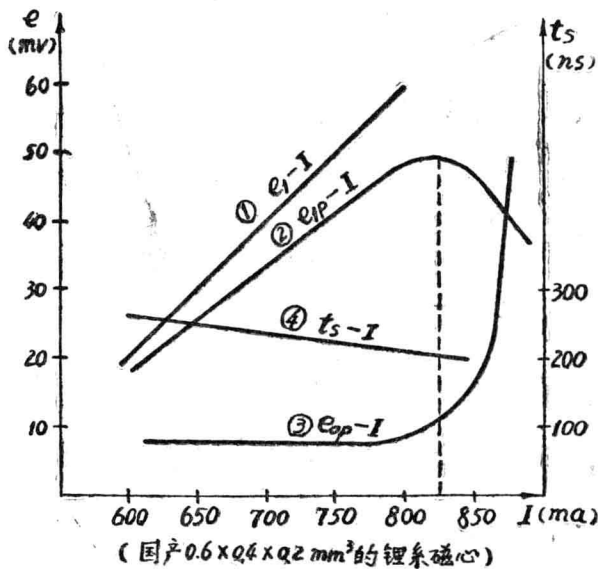


图 2-3 磁心的脉冲特性