

磁 芯 存 贮 器

1—4 章

計 算 机 专 业 用

(試 用 教 材)

成 都 电 訊 工 程 学 院

一 九 七 三 年 九 月 七 日

前 言

众所周知，存储器本是电子数字计算机的一个重要组成部分。这部分内容过去是放在“数字计算机原理”一门课程中叙述。现考虑到下述两个原因，把存储器独立出来单独作为一门课程。(一)过去计算机原理课程包括运算器、控制器、存储器以及外围设备等，显得课程过于庞大，内容繁杂（各部要求的基础也不十分一致），(二)存储器的结构和内容都有其一定的独立性。

磁芯存储器问世于1953年。它的出现，可以说是存储系统和计算机发展史上的一个里程碑。1945年—1949年生产的计算机，存储系统是以 声波延迟线作成的。在1950年—1952年期间，出现了利用静电存储管作为存储系统。磁芯存储器研制成功后，得到了迅速的发展，不论在存取速度存储容量方面，还是在可靠性方面，较之前者都有很大的提高，从而促进了计算机的发展。

电子数字计算机的三十年历史中，其所用的电子器件由电子管发展为晶体管，现今又发展为集成电路，而且，国外目前已开始采用大规模集成电路，从而使计算机进入所谓第四代了。在存储技术方面也有很大的发展，如超导体、磁膜、镀膜、半导体存储系统等相继出现，并应用于计算机中。但是，在计算机的第一代、第二代、第三代中，磁芯存储器一直处于优先的地位。就是在进入第四代后，它在各种存储系统中仍占有重要的地位。

基于上述原因，在学习数字计算机原理的第一阶段，我们只着重介绍磁芯存储器。

这本“磁芯存储器”讲义是为文化大革命后第一届工农兵学员编写的，内容力求通俗易懂，贯彻“少而精”的原则，并尽可能地结合

国内当前的生产实际。学员通过学习，对国内几种计算机的存贮系统有一基本的了解，为今后参与这方面的研制和维修工作打下一个基础。

至于其他存贮技术，如磁膜、镀线、半导体存贮器，以及“联想”（内容编址）存贮器、高速缓冲存贮器等，将在第二阶段学习时予以扼要的介绍。

学习本教材时，读者应具有物理、电工原理、晶体管线路及脉冲与数字电路等几方面基础知识。

在编写过程中，教研室有关同志对教材内容提出了很多宝贵的意见，编者谨致以衷心的感谢。

由于编者对马列著作和毛主席著作学得不够，领会不深，因而用辩证唯物主义观点来分析内容做得很差；另外，编者实在学养有限，特别是缺乏实践经验，因此，在教材中一定存在不少缺点和错误，希望广大工农兵学员和其他读者批评、指正，以便改进。

目 录

第一章 绪 论

- § 1-1 存储器的职能和对存储器的要求。
- § 1-2 存储器的主要组成部分和它们的作用。
- § 1-3 简要的工作过程。
- § 1-4 存储器的主要参数。
- § 1-5 磁芯存储器中的几个基本问题。

第二章 磁芯存储代码的原理

- § 2-1 磁芯的磁滞迴线。
- § 2-2 磁芯存储代码的原理。
- § 2-3 磁芯的翻转磁化时间。

第三章 电流重合法存储器

- § 3-1 磁芯体。
- § 3-2 电流重合法存储器的工作原理。
- § 3-3 读“1”读“0”讯号比的分析——干扰问题。
- § 3-4 提高抗干扰能力的措施。
- § 3-5 驱动电流的工作范围。
- § 3-6 关于磁芯板的穿线方式。

第四章 二重半法磁芯存储器

- § 4-1 问题的提出。
- § 4-2 二重半法读写工作原理。

- § 4-3 二度半法存储器结构。
- § 4-4 二度半法存储系统的优点。

第五章 驱动系统——电流译码

- § 5-1 问题的提出。
- § 5-2 对驱动系统的要求。
- § 5-3 二极管——变压器的译码系统。
- § 5-4 二极管导引式电流译码器。
- § 5-5 均分负载译码器。
- § 5-6 几种驱动系统的比较。

第六章 驱动源

- § 6-1 对驱动源的要求。
- § 6-2 驱动源的结构。
- § 6-3 驱动源末级线路型式。
- § 6-4 驱动源线路实例。
- § 6-5 电流的测量。
- § 6-6 对功率管的要求及其击穿特性。

第七章 读出放大器

- § 7-1 读出线上的讯号。
- § 7-2 对读出放大器各部分的具体要求。
- § 7-3 关于读出区和“区选”的问题。
- § 7-4 几种典型的读出放大器线路。

第八章 控制电路

第一章 绪 论

§ 1-1 存储器的职能和对存储器的要求。

电子数字计算机之所以能够根据给定的程序，对数据自动地、快速地进行运算，主要是由于人们实现了：把计算程序和参与运算的数，事先存储在机器的内部；而且在计算过程中所得到的中间结果也能暂存在机器内部，以供运算器进行运算操作时使用。

这里讨论的存储器，就是计算机内部存储计算程序、原始数据及中间结果的设备。这种存储器称为“内（部）存（贮器）”。它是计算机的一个主要组成部分。在运算操作时，它和运算器之间的数据传送有直接通道。

在实际应用中，往往遇到一些算题所需的数据和指令数目超过“内存”的所能容纳的限量。这个矛盾，通常靠设置一个辅助存储器来解决。这辅助存储器一般称为“外（部）存（贮器）”。在计算机进行运算操作时，它并不和运算器发生直接联系的。打个比喻，粮店里的仓库，是面向消费者的，它相当于“内存”；而通常设置在郊外的粮仓，相当于“外存”。关于“外存”的内容将在“外围设备”课中讲述。

一个存储器里，少者可存放数千个数据，多者可存放数万或数十万个数据，那么怎样来寻找出所需的某个数据呢？我们知道，住在工厂里的工人，住在宿舍区里都有自己的房间号码，有了房间号码就容易找到人了。所以，存放在存储器里的数据或指令，也必须有它们的编号。这个编号人们称之为“地址”。运算器需要对某个数进行运算时，就是根据这个数的“地址”到存储器去寻找它的。

因此，存储器的外部特性如图 1-1 所示。在加上写命令时，代

码（数据或指令）就被按地址送到存储器中；在加上读命令时，就能按地址从存储器中把所存的代码读出，或者送到运算器中，或者通过输出设备打印出来。

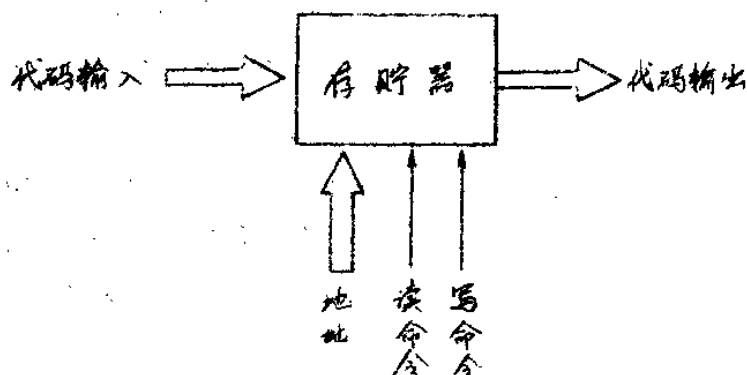


图 1-1

机器在解题过程中，控制器和运算器总是不断的要和存储器打交道的。例如机器在执行一条单地址指令时，一般要和存储器发生两次联系：(1)从存储器中取指令；(2)从存储器中取操作数，或者把上次计算的结果存到存储器中。

显然，从存储器取数或往存储器存数所需的时间越短，那么计算机的工作速度就越高，另外，如果存储器能存放的指令和数据越多，那么机器的解题能力也就越大。存储器存取数的快慢用“存取时间”来表达，后者则用“存储容量”来反映。

一般说来，要求存储器的存取时间短，存储容量大，从而提高计算机的工作速度，增强解题能力，扩大解题范围。但是，应该指出，这两者之间是有矛盾的，存储容量大了往往存取时间就要长，正如我们到大单位找一个人不象到一个小单位找人那么容易。而且，快慢和大小都是相对的。实际上，存储器的存取时间和存储容量都受到所采

用元件质量以及我们对客观有限认识能力的限制。

对存储器还有一个起码的最基本的要求，就是要工作可靠，即能正确无误地取数和存数。如果工作不可靠，那么存取数再快，容量再大也是无用的。此外，还要考虑到制造成本（通常以每位价格计算）低，维护简易，也就是节省的原则。

综上所述，对存储器的要求：(1)存储容量大（多），(2)存取时间短（快），(3)工作可靠（好），(4)费用少（省）。但是，它们之间是互有矛盾的。存储容量大了，体积和消耗功率也将加大，内部干扰增加，焊点增多，出现故障的机会也随之增多，因此可靠性会下降，同时生产期拉长，成本提高，另外也将影响到存取速度。毛主席教导我们：“按照实际情况决定工作方针，这是一切共产党员所必须牢牢记住的最基本的工作方法”。因此，最根本的问题是如何根据具体情况，用对立统一的思想、科学分析的精神来协调地解决这些矛盾，以求得合理的统一，符合多、快、好、省的原则。特别是，在设计一台专用计算机时，绝对不能一味地追求各项指标，而应考虑到机器使用范围的实际需要以及全机各部分互相适应。

总的来说，随着科学事业的发展，需要应用计算机的领域不断扩大，且对存储器的上述四项指标提出越来越高的要求。因此，对我们从事计算技术工作者来说，一个重要的任务是：不断采用新的技术（包括新的元件、新的线路和新的工艺），提高存储器的四大指标，以满足社会主义建设给我们提出的更高的要求。存储技术也正是在人们不断地解决这些矛盾的过程中得到迅速发展的。

§ 1-2 存储器的主要组成部分和它们的作用。

计算机在解题过程中，存储器的工作完全受控制器的控制。访问存储器时，控制器要给存储器两个通知：(1)要取数还是存数，即给认

命令或写命令；(2)到哪个地址取数(或存数)。因此，存储器要完成按给定地址把数取出或存入这个任务，它应由下列几个主要组成部分：

1. 存储单元集合体——是寄存代码的本体，它由许多存储单元组成。在一个存储单元里存放一个数或一条指令。在磁芯存储器中，每个存储单元是由若干个记忆磁芯组成，同时对每个存储单元规定一个“地址”。

2. 地址寄存器——接收并存放存取数的地址码。

3. 译码器——对地址寄存器中的地址进行翻译，从而在磁芯体中找出对应的存储单元。

4. 驱动源——产生作用于存储单元的驱动电流，以对该单元进行读出或写入操作。它是受译码器控制的。

5. 读出线路——把读操作时存储单元的读出讯号加以放大，鉴别。

6. 数码寄存器——在读操作时，接收和寄存由存储单元读出的(经过读出线路后)代码。在写操作时，它用来寄存即将写入的那个数码。

7. 写入线路——把数码寄存器中暂存的数码写入到存储单元。

8. 控制线路——从控制器接受“读、写”的命令，并对以上各部分发出相应的控制讯号，以完成这些操作。

图1-2说明一般存储器的内部组成以及与运算器和控制器之间的关系。其中虚线表示存储器内部的控制讯号的传送路线，实线表示数码和地址码的传送路线。

§ 1-3 简要的工作过程。

存储器究竟怎么自动地工作的呢？我们在这里先作一粗略的介绍。

使读者对存储器的工作有一轮廓的了解。例如要把存储器的某个地址的存储单元中存放的数码读出来，则控制器应把那个存储单元的地址码送到地址寄存器，并送来一个“读命令”。存储器的控制线路接受到“读命令”后，就能自动地完成如下一些动作：

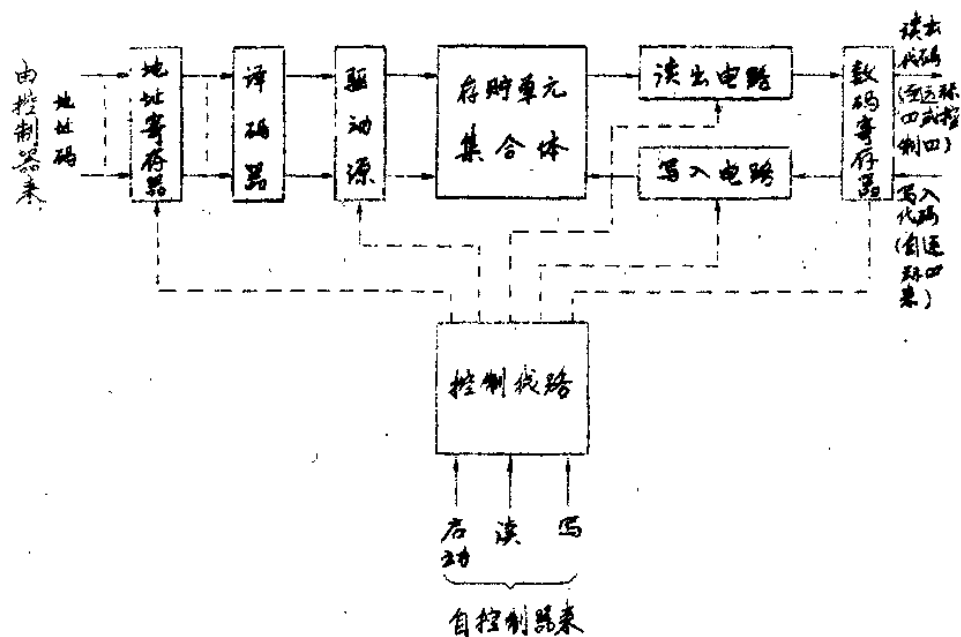


图 1-2

1. 命令地址寄存器接收地址码，随后译码器立即进行翻译，找出所要的那个地址来。

2. 启动驱动源，把脉冲电流送到与地址码对应的那个存储单元中，以进行读操作。此时，该存储单元给出与所存数码对应的讯号，并送到读出线路。

3. 命令读出线路工作，对存储单元读出的讯号加以放大和鉴别。随后，把读出的数码送到数码寄存器。

存貯器的工作到此基本结束(磁芯存貯器中的“重写”问题,在第四节中加以说明)。对数码寄存器中存放的数码如何处理,仍由控制器来进行。如这数码是要参与运算的数,则由控制器把它送到运算器;如果是一条指令,则送往控制器。

至于如何把一个数码自动地写到存貯器中,读者不妨先自行考虑一下。

§ 1-4 存貯器的主要参数。

随着社会主义建设的发展,科学技术水平的提高,电子数字计算机应用的领域越来越广,因此计算机的种类不断增多,而对存貯器的要求也各有不同。但是能够按地址进行存数、取数和清除,并能长期保存数码乃是一般存貯器的起码要求。

用以说明存貯器的性质和优劣的参数,根据其特殊用途而定,归结起来,一般有下列几个指标。这就是:

1. 存貯器容量——它一般指每一个存貯器所能记存的“字”(它代表数或指令)的个数。但随着字长(位数)的不同,计算机的本领和存貯器所需的设备以及制作的难易都不同。因此在说明存貯器容量时,还应将字长列入,也就是说,还要看它所能存貯的二进制码总数。

过去国内生产的晶体管计算机,存貯器的容量一般多为一或几个4096个字。如441-B计算机为 2×4096 ,字长为30位,108机及121机为 4×4096 ,字长分别为48位和42位。目前研制的固体电路通用计算机,其存貯器容量一般都扩大到一或几个32768个字,如655机和150机,存貯器容量为 4×32768 ,字长为50位,也就是说能存貯6500000个二进制码。

为了书写方便起见,存貯器容量的单位用K表之,这里,1K=

1024。即441-B机的存贮容量为 $4 \times 4 \text{ K}$ ，108机和121机的存贮容量为 $4 \times 4 \text{ K}$ ，655机和150机存贮容量为 $4 \times 32 \text{ K}$ 。

2. 存取周期——它是指存取一个数所需的全部时间，也就是存贮器在连续存取两个数时所容许的最短时间间隔。一般磁芯存贮器的存取周期，低速的为 $10-20$ 微秒（441-B机为 12 微秒，中速的为 $4-10$ 微秒（如108机为 4 微秒，121机为 6 微秒），高速的为 2 微秒以下，如655机、150机、320机的高速存贮器的存取周期均为 2 微秒。存取周期为 1 微秒的磁芯存贮器（容量为

4 K ）已于71年研制成功。现在正为研制存取周期小于 1 微秒的磁芯存贮器而努力。

在国外，磁芯存贮器水平的发展稍快些，于1966年，已把存取周期缩短到 0.7 微秒（存贮容量为 3×10^6 二进制码）。目前已见有文章发表的最快的磁芯存贮器，其存取周期为 300 毫微秒（存贮容量为 32 K ，字长9位）。另外，在计算机中已开始采用半导体存贮器。作为主存贮器用的这种存贮器的存取周期为 100 毫微秒左右（存贮容量1或几个 4 K ）。至于小型半导体存贮器系统，（存贮容量为 1 K 以下）其存取周期已达到 50 毫微秒以下，並有产品在市场上出售。

目前，存贮器的发展方向是，一方面继续提高磁芯存贮器的存取速度（即缩短存取周期），一方面积极开展半导体存贮器的研究。此外，对其他新型的存贮器，如磁泡存贮器，激光存贮器进行探索。

〔*上面关于磁芯存贮器存取速度的分档，仅根据目前国内磁芯存贮器发展情况来划分的。高、中、低速的分界线也不是绝对的。国外就整个存贮器范畴来说，按存取速度的分类是这样的：存取周期

大于1毫秒的为低速存贮器，存取周期在1微秒至1毫秒的为中速存贮器，存取周期小于1微秒的为高速存贮器，存取周期小于100毫微秒的为超高速存贮器。】

3. 读数时间——它是指读命令到来一直到数码读出来重记存到数码寄存器所需的时间。如果这个时间短，此数参加运算操作也就能较早一些。这时间除了决定于存贮单元的两个状态转换速度外，还取决于译码系统及读出线路的延迟。显然，读出时间和存取周期是相关联的。

除了以上几点外，还应考虑制造容易，成本低廉，同时还要求维护、检验简易，消耗功率少。此外，可靠性和灵活性也是一个重要的问题。这里包括所用器件的寿命，对周围工作环境的要求，譬如环境温度、湿度以及振动对机器的影响等等。这些因素对某些专用计算机中的存贮器特别要加以考虑。所谓灵活性是指要求扩大存贮器时是否方便。

§ 1-5 磁芯存贮器中的几个基本问题。

1. 磁芯的物理特性，对磁芯的要求；
2. 磁芯记存二进制代码的原理，以及如何将代码写入或从其中读出；
3. 如何将若干磁芯组成存贮单元和磁芯体，以满足对存贮容量的要求；
4. 怎样从许多存贮单元中按其地址找出所需要的那个来；
5. 磁芯存贮器中的干扰问题，提高存贮器可靠性的措施。

下面各章将对以上各个问题分别进行介绍和分析。

第二章 磁芯存储代码的原理

磁芯存储器的核心是磁芯体，而磁芯体是由许许多多很小的磁芯以一定的方式排列组成的。毛主席教导我们：“不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事”。如果了解磁芯的基本性质以及外加磁场和它的关联，就不能理解磁芯存储器的的工作原理。因此必须先了解一下磁芯的基本物理特性，进而说明这种磁芯为什么能存储二进制代码。

§ 2-1 磁芯的磁滞回线。

磁芯是环状的磁性元件，它由铁氧体磁性材料构成。其形状如图 2-1 a 所示。

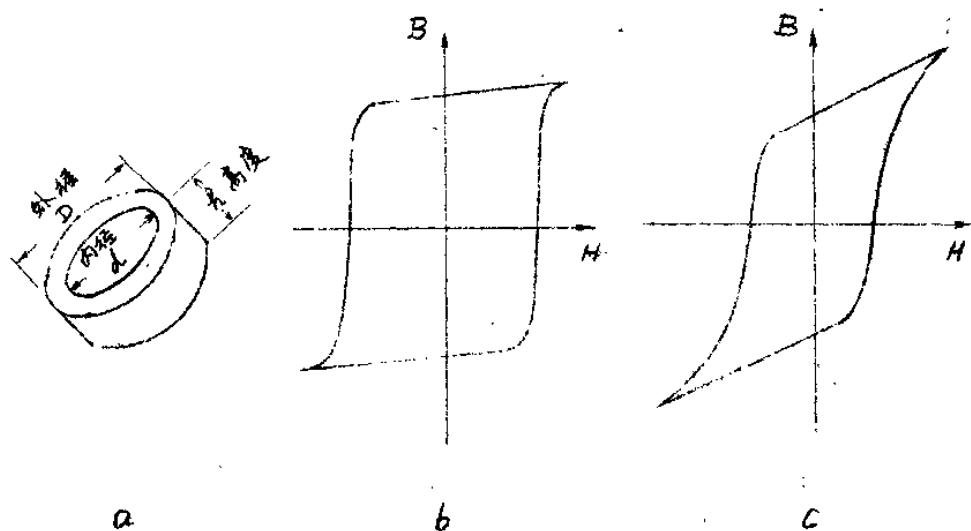


图 2-1

根据磁性材料的磁滞迴线形状，磁芯可以分为两大类：一类的磁滞迴线形状近似于矩形，如图 2-1 b 所示。这种磁芯被称为矩磁性磁芯。矩磁性磁芯在计算机中有两种用途：(一)是用“记忆”二进制代码，所以它又叫做记忆磁芯。存储器中磁芯体就是由这种记忆磁芯组成的。(二)是用来作逻辑元件或磁译码器，而这种磁芯又称为开关磁芯。

另一类磁芯的磁滞迴线是非矩形性的，如图 2-1 c 所示，因而称为非矩磁性磁芯。这种磁芯在计算机中用来制作脉冲变压器，所以它亦称为变压器磁芯。

目前国内生产的电子计算机，所用磁芯的尺寸规格一般如下：（外径×内径×高度）

记忆磁芯： $1.2 \times 0.8 \times 0.55$ 毫米、 $0.8 \times 0.5 \times 0.30$ 毫米及 $0.6 \times 0.4 \times 0.20$ 毫米。

开关磁芯： 3×2 毫米及 2×3 毫米。

变压器磁芯： $7 \times 4 \times 3$ 毫米。

下面我们着重讨论记忆磁芯的特性和对它的要求。

磁芯的磁滞迴线，是说明磁芯在外加磁场作用下，磁芯中（即磁环内）磁感应强度 B 与磁场强度 H 的关系。记忆磁芯具有矩形磁滞迴线，这是它的重要特性之一。现在我们把它重新画于图 2-2。所谓矩形磁滞迴线应当这样来理解，即剩磁感应 B_r 与饱和磁感应 B_m 之比（称为矩形系数）接近于 1。实际上，一般这比值在 0.9 以上。按我们使用要求来讲，希望磁芯的磁滞迴线是理想的矩形，即 $B_r = B_m$ ，但是，完全理想的事是没有的。人们通常用这一矩形系数来衡量磁滞迴线的矩形程度。

由于磁芯应用的场合不同，因而其工作条件也不同，所以矩形系

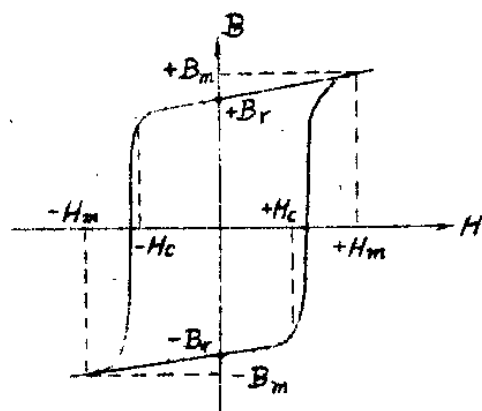


图 2-2

数也具有两个不同的概念。对于开关磁芯来说，它所受的磁场总是一个方向的，因此，矩形系数是以剩磁感应 B_r 与饱和磁感 B_m 之比 (B_r/B_m) 来描述。应用这个比值可以求出有效讯号与干扰讯号的比值，其关系式为

$$\frac{B_m - (-B_r)}{B_m - B_r} = \frac{B_m + B_r}{B_m - B_r} = \frac{1 + \frac{B_r}{B_m}}{1 - \frac{B_r}{B_m}} \quad (2-1)$$

对于记忆磁芯来说，它经常受到两个方向（但不同时）磁场的作用，矩形系数则是对应于磁场强度 $-\frac{H_m}{2}$ 处的磁感应与对应于 $+H_m$ 处的磁感应之比（或者是 $+\frac{H_m}{2}$ 处的磁感应与 $-H_m$ 处的磁感应之比）。我们以 β 来表示这个比值，则

$$\beta = \frac{B(-H_m/2)}{B(H_m)} \quad (2-2)$$

要求 β 愈接近于1愈好,即希望滞回线上下两段整个部分要平坦。 β 值一般在0.85以上,但性能好的磁芯其 β 值可达0.95。

由图2-2可见,在没有外加磁场($H=0$)时,磁芯中仍有剩磁感应存在,或为 $+B_r$,或为 $-B_r$ (这由历史条件决定)。而且,磁芯处于某一剩磁感应状态后,若没有足够大的外加磁场作用,磁芯能稳定地处于这一状态。也就是说,这种矩磁性磁芯具有着两种稳定状态,即 $+B_r$ 状态和 $-B_r$ 状态。现在不难理解,可以利用这种磁芯的两种稳定状态来“记忆”二进制代码“1”和“0”。究竟用那个状态代表“1”,那个状态代表“0”,这完全是人为规定的,是无关紧要的。但为了下面讨论方便起见,这里我们规定一下,认为磁芯处于 $+B_r$ 状态时,它寄存代码“0”,反之,磁芯处于 $-B_r$ 状态,它寄存代码“1”。

§2-2 磁芯存储代码的原理。

我们了解和掌握一事物的特性,完全是为了使用它,改造它。通过对矩磁性磁芯特性的了解,发现它有两种稳定的剩磁感应状态,分别用来表示“1”和“0”的可能性。但是为了使磁芯能真正起一个存储元件的作用,还应该找到适当的方法,把二进制代码“写入”磁芯或从其中“读”出来。

我们知道,电流可以产生磁场;而磁感应强度的变化又能产生电动势。利用这种电与磁的关系,我们就能使二进制代码“写入”磁芯或从磁芯中“读出”代码来。

(一) 先来介绍怎样写入。

所谓写入问题,就是要设法在磁芯中产生一定的(大小和方向)磁场,使这磁芯在这磁场作用后,磁芯的剩磁感应处于我们所要求的