

科學圖書大庫

數字計算機的  
基本原理

(圖解電腦基本原理)

譯者 許 照

徐氏基金會出版

## 第三冊

# 數字計算機的基本原理

# 目 錄

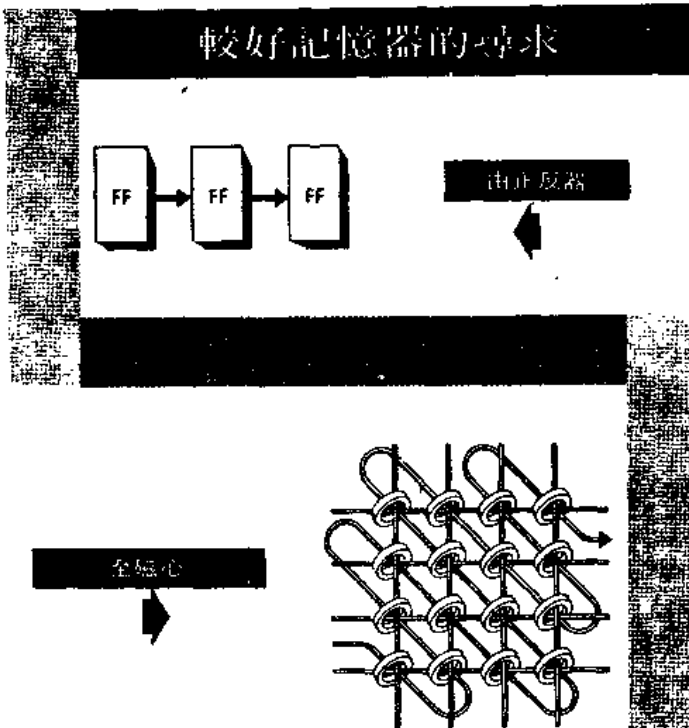
## 第三冊 數字計算機的基本原理

計算機的記憶器	3-1
磁記錄	3-12
讀出與寫入	3-18
複習	3-37
定時脈衝	3-38
儲蓄記錄器	3-55
複習	3-58
計算機時間	3-59
時間標準	3-73
複習	3-80
控制單位	3-81
指令	3-83
再分	3-90
控制電路	3-100
複習	3-106
輸入輸出	3-107
印出機	3-115
輸入輸出單位	3-122
複習	3-128
索引	3-129

## 記憶器

在早期電子計算方面，會面臨兩件主要的工作，其中之一為如何能發展較好的輸入輸出設備。

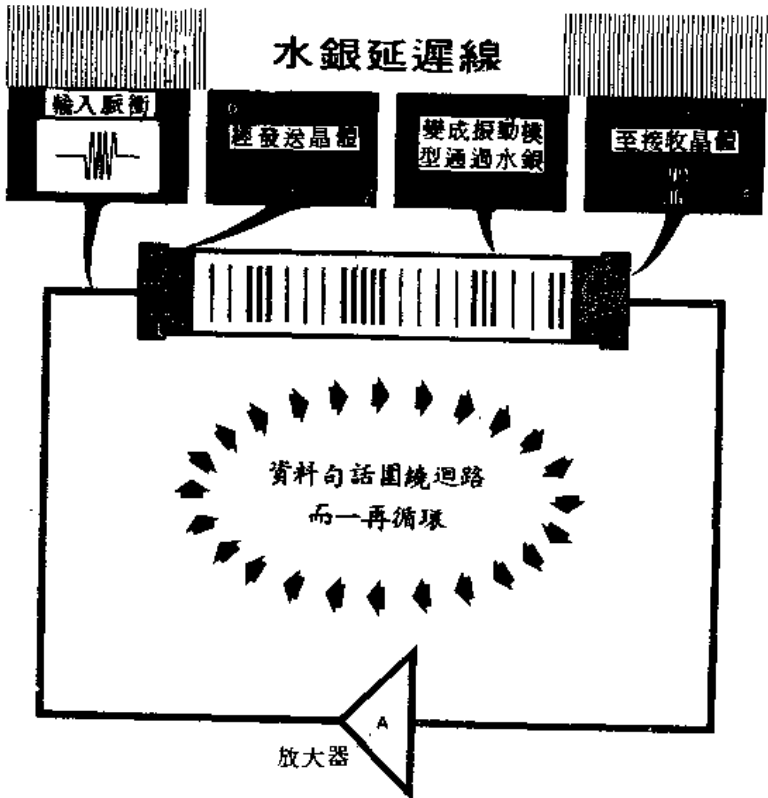
另一問題為我們即將討論的記憶器問題，它的重要性在最早的艾尼克計算機中已經得到證明，在艾尼克機器中要使用 100 個正反器才能儲蓄一 10 個十進數字的話（10-decimal-digit word）。很明顯的，如想把計算機變成很實用的話，則必需有一種比較經濟的記憶器。



研究較好儲蓄方法的結果，使我們發現幾種利用不同原理的記憶器。四種最重要型式的記憶器將在下面予以討論。

### 水銀延遲線

水銀延遲線 ( Mercury delay line ) 最早用在雷達上，這種線是由一水銀槽 ( Channel ) 所組成，在槽的兩端各有一壓電晶體 ( Piezoelectric crystal )，代表資料的脈衝系作用在一晶體上，此晶體的作用好似一揚聲器，可將脈衝變換成機械振動，此振動便通過水銀而至另一端的接收晶體 ( receiving crystal )。此接收晶體，好似一收音器 ( microphone )，可將振動變回成電的脈衝。



延遲線的輸出經放大器放大後，再使此電路的放大輸出回到輸入晶體，這樣便形成一迴路，如需要時可使同一資料在水銀線上循環。

## 陰極射線管

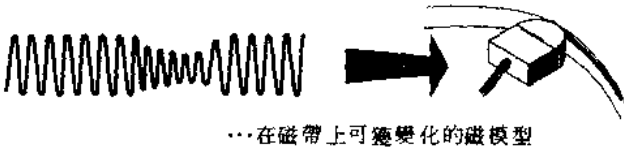
利用塗在陰極射線管螢光幕上磷元素的持續性可得一短期記憶器 ( Short-term memory )。假如將一電荷置于螢光幕上某一位置時，在它消失以後，該電荷可在那裡記憶 ( remembered ) 一短時間：使用陰極管記憶器的計算機可將代表資料的二進制電荷的模型寫在銀幕上。要使此電荷模型不會消失，它必須經常重寫。



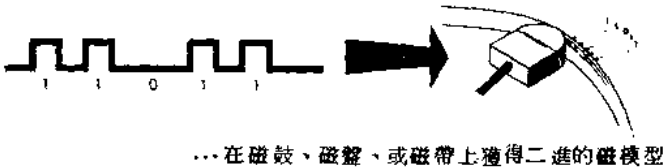
陰極射線管記憶器中資料讀出的技術與磁心的相同。讀出一位，就需在該位的位置 ( bit position ) 寫入一個“0”。假如銀幕上的總電荷沒有變化，該位為“0”，假如總電荷有變化，則該位為“1”。

## 磁 鼓

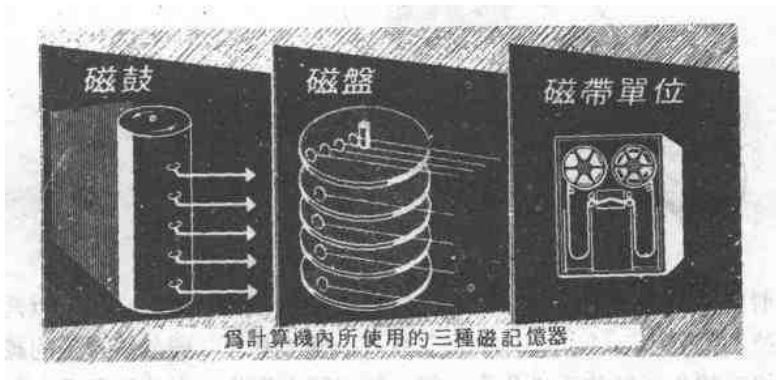
摩 頻 (audio) 磁帶錄音機...



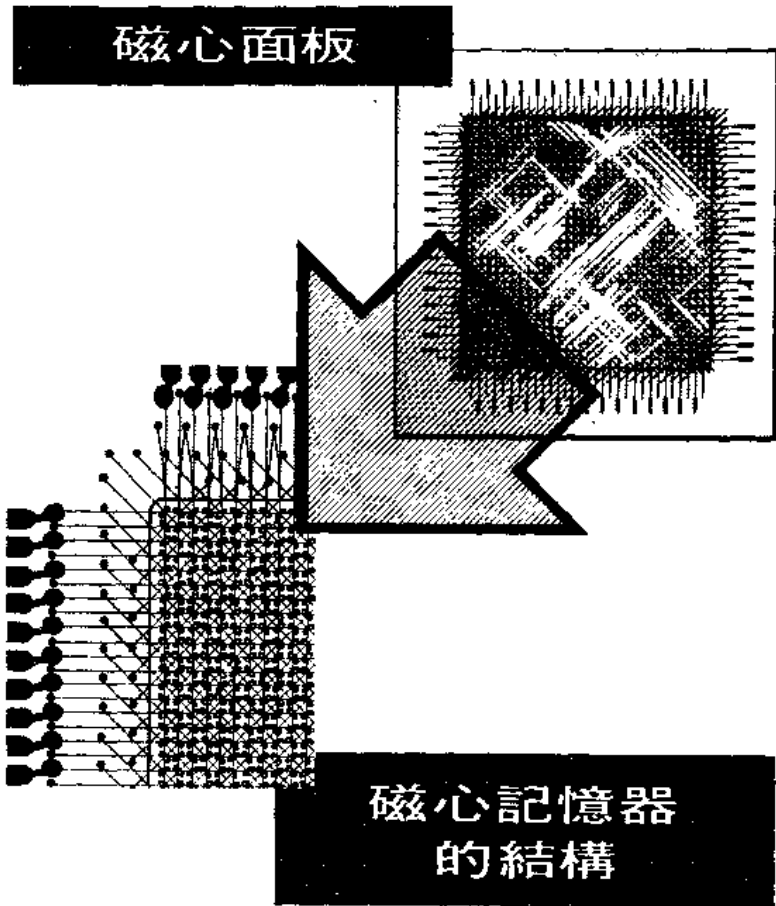
計算機記憶器...



磁記錄的原理被應用於計算機中來儲蓄資料。這種儲蓄器有磁帶單位、磁鼓、和磁盤。所有這些儲蓄方式均使用像用於磁帶錄音機裡的讀寫頭 (read-write head)。不過，這裡的記錄資料是二進的。讀寫頭可將資料寫入和讀出。資料一旦被寫入後，它可在任何時間內，一次又一次的被讀出。



## 磁 心

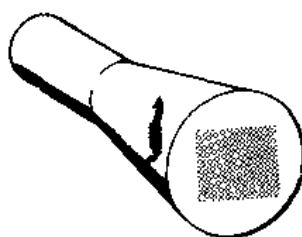
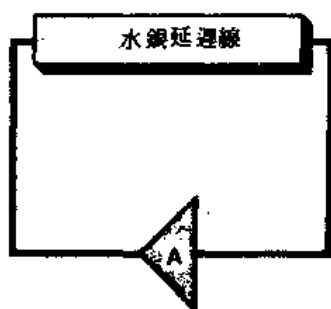


在近代的計算機中，磁心矩陣常常用來當作記憶器用。這種記憶器包含許多極小的磁心。每一磁心都能在 1 或 0 的極性 (polarity) 飽和。因此，在某一時刻，磁心祇能保持一位資料。磁心被穿在三條線上而由面板支持着如上圖所示。

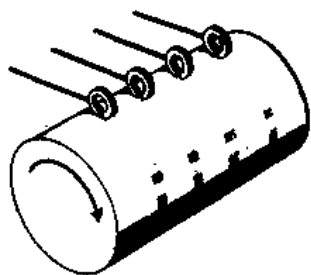


各種型式記錄器的比較

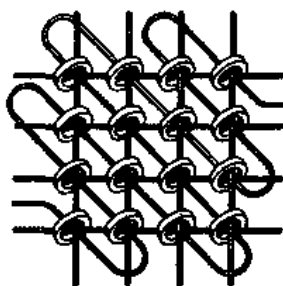
計算機記錄器的四種型式



陰極射線管



磁鼓

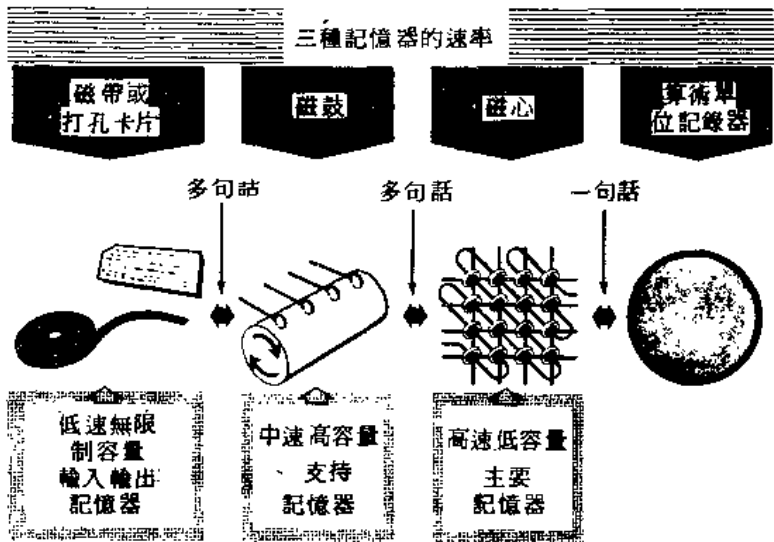


磁心

在以上的四種記錄器中，兩種磁型式的磁鼓和磁心最為實用，在目前的計算機中，磁鼓和磁心是最常用的記憶器。磁心適用於高速的主要記憶器，它們被廣泛地用在大型的計算系統中。磁鼓記憶器速率雖不如磁心那樣快，但可儲蓄大量的資料。磁鼓記憶器最適宜用于中、小型的計算機中。

### 三種記憶器的速率

有時候大的計算系統可同時使用磁心和磁鼓記憶器。在此情形下，磁心用作高速低容量的主要記憶器，而以低速高容量的磁鼓記憶器為輔。當使用這種安排時，資料在被計算之前，先送到主要記憶器中。這種做法是因為在計算時，在主要記憶器和算術單位之間常有許多句話資料的輸送。為獲致快速，則主要記憶器必須有快的取材速率。

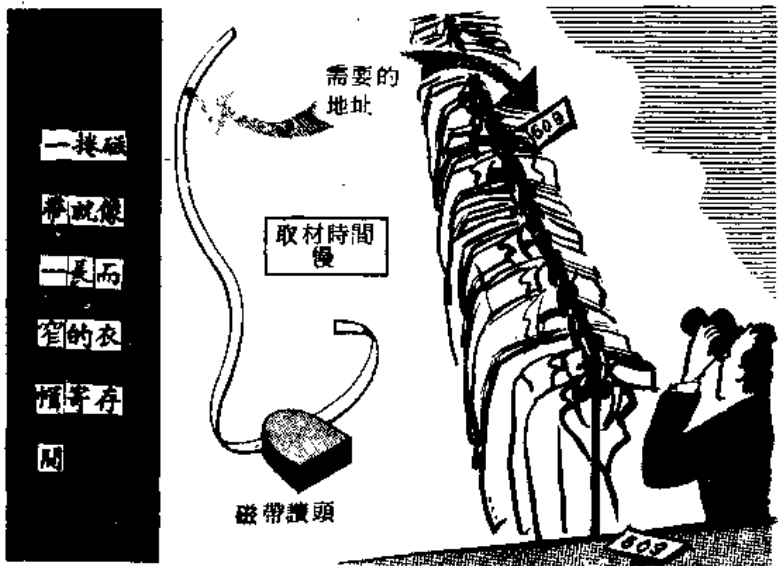


中速磁鼓記憶器較高速記憶器輸送資料時需較長的時間，但所需記憶器的數量則較少。因為資料在主要記憶器與中速的支持記憶器間能分批大量輸送。支持記錄器很像位于後方的備用單位。

輸入輸出單位 (input-output unit) 亦為一種資料記憶器。因為它包含複雜的機械動作，例如使磁帶加速或使打孔卡片移動通過讀出站 (reading station)，所以，它的速率要比其他種的記憶器為慢。不過，它的容量不受限制，能增加較多的打孔卡片，或容易更換與儲存較多捲的磁帶。但是，輸入輸出設備包含很多特別考慮之點。

## 磁帶取材

在典型的用途上，一部計算機經常的將資料儲蓄在記憶器內，或是從記憶器內讀出資料或指令。因此，不論句話被儲蓄在何處，記憶器應在費時最少的情形下供給句話取材。尋找所需資料所費時間稱為取材時間 (access time)

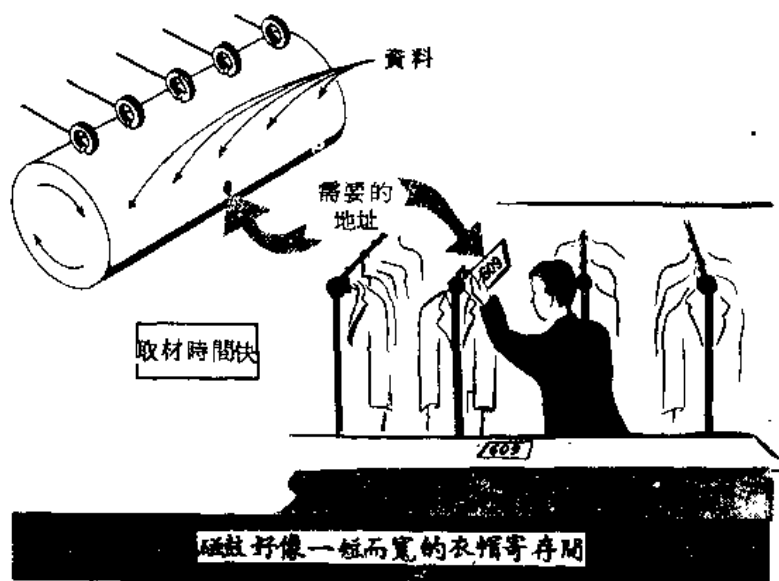


使用磁帶不可能有很快的取材時間。資料唯一可利用的部份就是接近於讀頭的那一部份。任何使用過聲頻錄音機的人都知道等待錄音帶前進或再捲，去尋找一需要的點，常是一麻煩而費時的過程。在輸入輸出記憶器中常需用這樣的過程才能找出所需的資料。但在計算機主要記憶器內，這種遲延是令人不能忍受的事。

所以說，磁帶是一種很長且細的記錄器。因為祇利用一個讀頭要在如此長的磁帶中來尋找資料的緣故，所以，取材時間很長。還有，因為磁帶在正常的情形下是靜止的，欲讀出資料時，首先必須使它轉動然後再加速，因此，也耗費不少時間。現在，假如磁帶被剪成許多很短的部份，每一部份使用一讀頭，在這種情形下，因為磁帶不長，故取材時間便可減少。

## 磁鼓取材

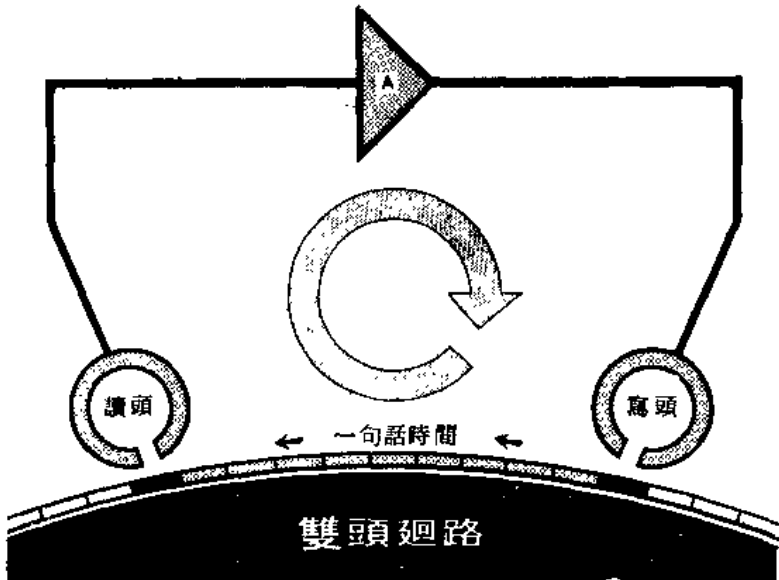
磁鼓可想像把磁帶剪成許多部份繞于圓柱體上而成。與磁帶相比，磁鼓為一種短而寬的記錄器。它使用許多磁頭，使每一磁頭控制少量的資料——恰好能儲于磁鼓的一周上。磁鼓資料的儲蓄不是成一長條的直線，而是成許多短的圓線。使用磁鼓的時候不發生加速的問題，因為磁鼓能經常保持轉動。



磁鼓旋轉愈快，取材時間就愈短，這一事實促使科學家們努力去發展超速磁鼓。不過，今日所使用的最實用磁鼓之轉速常低於每分鐘 10,000 轉（即 10,000 rpm），最常用的轉速為 3,600 rpm。現在讓我們來看看具有轉速為 3,600 rpm 磁鼓記憶器的取材時間。資料一旦被寫入後，則資料每分鐘內可在讀頭內出現 3,600 次，或每秒 60 次。所以，取材時間絕不會超過磁鼓轉動一週的時間，即約為 17 毫秒（0.017 秒）。平均的取材時間（相當於磁鼓轉二分之一轉的時間）約為 8.5 毫秒（0.0085 秒）。這與使用電子電路的快速記憶器相比時雖屬很慢，但是，在小型的計算機內，則經常採用磁鼓來作主要的記憶器，這正與大型計算機內採用預備記憶器一樣。

### 雙頭迴路

一旦當一資料位 ( bit of data ) 經寫頭寫在磁鼓面上後，此資料須待磁鼓完成一轉後，再能被利用。因此，等待的時間常覺過久。

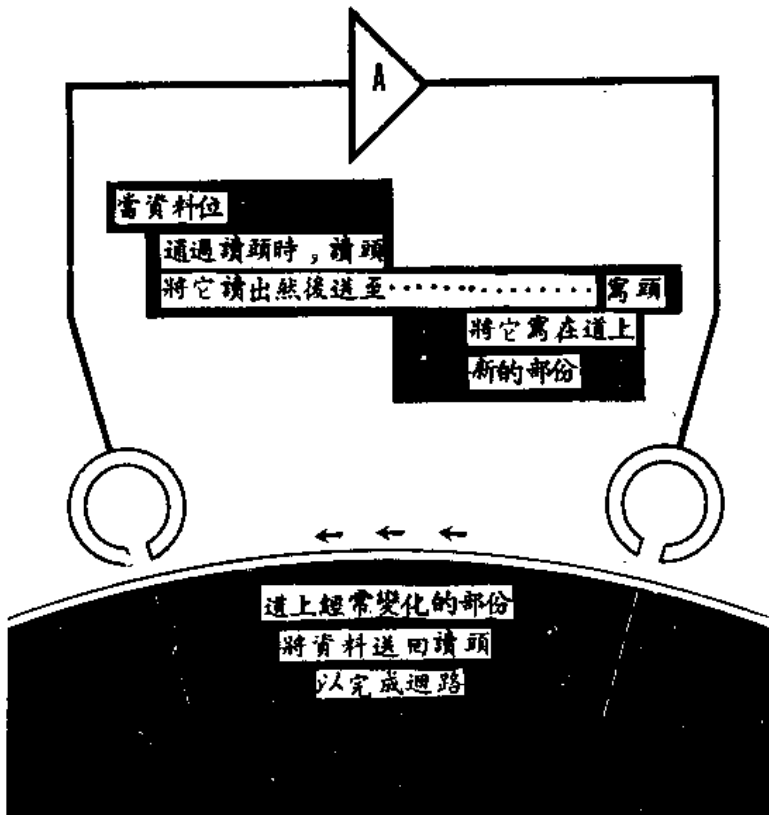


在大部份的系統中，在一磁鼓道上可儲蓄數個句話，完成一轉時要化許多句話時間 ( word-times )。因此，每一道是一多句話記錄器。這種儲蓄的方法能用于主要記憶器中以儲蓄資料，但是，它不能用于工作記錄器中，工作記錄器的長度常為一句話。

然而，在磁鼓上也可使用道的一部份來作一較短的記錄器。這需要用二個磁頭，茲舉在磁鼓的一道上能儲蓄 10 句話的例子，每句話祇用到十分之一的道，如兩個磁頭之間的間隔為十分之一轉 (  $36^\circ$  ) 時，這樣的道就可以用來當作一句話記錄器用了，一個磁頭祇當作寫入用，另一個則當作讀出用，讀頭的輸出可直接饋至寫頭，因此，整個單位形成一迴路。

### 雙頭迴路 (續)

第一個磁頭將資料句話一位一位地寫入道中，資料句話被寫入一句話時間後，再由讀頭將它讀出來。當每一資料位被讀出後，它又被送回到寫頭，再寫在道中新的部份。

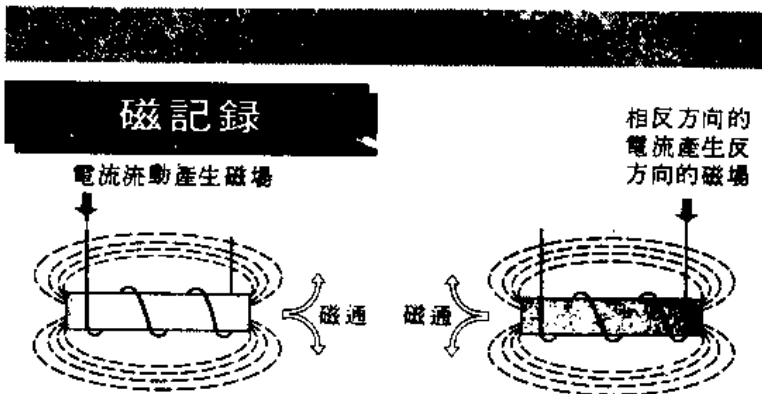


用這種系統時，道的十分之一用作迴路的一部份，資料句話能夠無休止地在道上循環。像這種雙頭的道，用不同的磁頭來讀與寫，常稱之為迴路，或循環器 (revolver)。

## 磁記錄

### 磁記錄的基本原理

磁讀和磁寫雖然牽連很多電子工程上的問題，但其基本原理則非常的簡單。它們可用一些電磁學上的基本原理來解釋。



磁致記錄頭是一塊小型強力的磁鐵

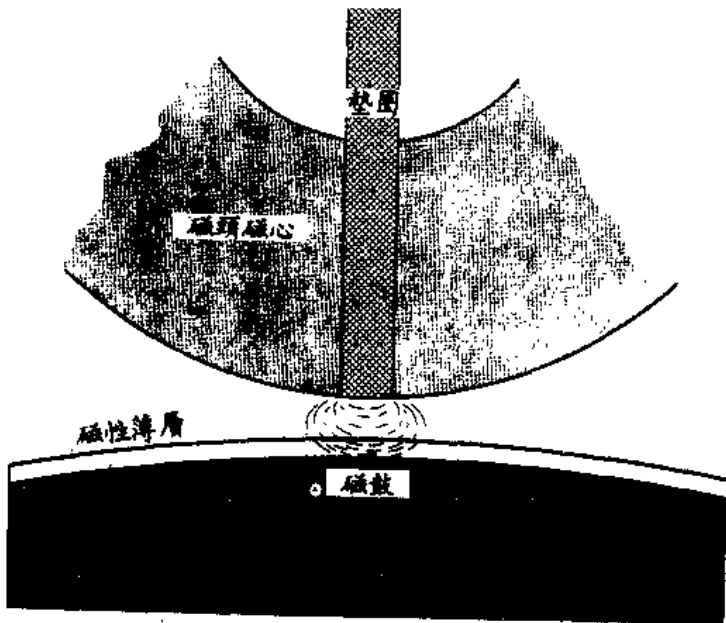


當繞組中有電流通過時，在繞組的周圍有磁場產生。磁場的強度隨電流和繞組之匝數而變。電流的方向可決定磁場極性的方向。如繞組中電流的方向相反，則磁場的極性也隨之而反轉。

在計算機中磁寫電路是用脈衝來工作的。當脈衝在一方向通入時，可寫 1，如在另方向通入時，則寫 0。

## 磁頭

磁記錄頭是磁原理的另一應用。在讀寫頭中，繞組繞在用磁性材料所製成的磁心上。此磁心供給磁通一磁路，因此，繞組所產生的全部磁通都通過磁心，這種磁心的形狀成一迴路，因而形成一有效的磁路。



磁心所形成的迴路並不完整。在某一點上有一小缺口，其寬約千分之一吋（0.001吋）。在此點上，磁通須經空氣而通過缺口。此缺口與旋轉的磁鼓面非常接近。有些通過缺口的磁通亦與磁鼓相交鏈，而通過磁鼓面上的磁性薄層。在磁心上的缺口中常用一種磁通不能通過的墊圈（shim）填起來。在這種情形下，因磁通不能通過墊圈，故使大部份在缺口附近的磁通強迫通過鼓面的磁性薄層。

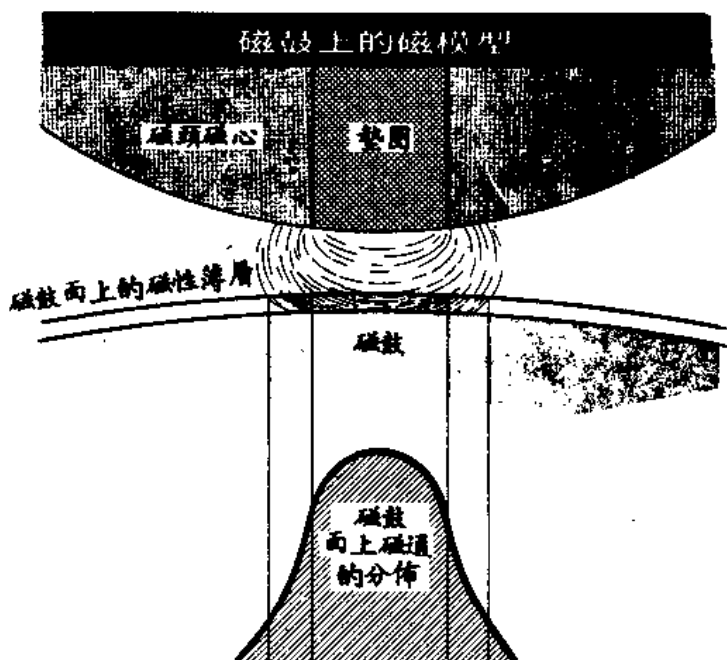


## 磁記錄

### 磁鼓上的磁模型

在磁鼓面上的磁性薄層為一種保磁性很高的材料，當產生磁場的電流停止後，仍可有大部份的磁性存在。因此，在磁鼓面上可形成一小磁鐵。

我們希望在缺口下的鼓面能有一小塊磁性飽和面，雖然磁通在缺口下方最強，但在實際上，磁鼓面上的磁通常向缺口二側擴散。磁鼓面上磁通的典型分佈成鐘形 ( bell-shaped ) 曲線，如下圖所示。



擴散磁通的數量隨磁鼓的磁性材料、材料的厚度、磁頭與磁鼓間缺口的寬度，以及磁頭本身的形狀而變。此擴散量限制磁鼓或磁帶內脈衝的密度。在現在的計算系統中，最常採用的脈衝密度約為每吋內有80個脈衝。有些磁帶系統採用較高的脈衝密度。