

数字计算机的磁元件

苏联З. И. 札沃罗金娜著

水利电力出版社

72

37

数字计算机的磁元件

苏联 З.И. 札沃罗金娜著

吳家鉦 刘洪銘译

內 容 提 要

本书敘述了由具有矩形磁滯回綫的磁元件所构成的許多电路及其在数字计算机中的用途，扼要地分析了各个电路和环节的工作性能，并給出它們的計算基础。书中綜合了从1950年以来的定期刊物上所登載的有关資料。

本书可供从事数字計算技术的工程技术人员以及从事远动化工作的技术人员参考。

JS440/16

З. И. ЗАВЛОКИНА
МАГНИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ЦИФРОВЫХ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1958

数字计算机的磁元件

根据苏联国立动力出版社1958年莫斯科版翻譯

吳家鈺 刘洪銘譯

2815 D675

水利电力出版社出版（北京西郊科學路二里海）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

850×1168毫米开本 * 3¼印張 * 79千字 * 定价(第10类)0.57元

1960年6月北京第1版

1960年6月北京第1次印刷(0001—5,170册)

序、言

在計算技术目前发展阶段中所发生的问题乃是尽量縮減数字计算机的电子管数量。今后不广泛采用电子管是由于它具有一系列的缺点所引起的，这些缺点在装有成千上万电子管的计算机中特別明显。

电子管的較短的耐久性致使經常有一定百分数的电子管失去工作能力。由于这个原因，必須时常預檢计算机，这就使得它的工作中断而減少了总的有效工作时间。在个别情况下，例如，对某些特殊的计算机來說，每天預檢一般是不容許的。

由于电子管发散很多的热量，因而必須設置特殊的通风系統，結果大大增加了整个裝置的尺寸并使整个裝置复杂化了。

除了上述缺点以外，电子管的机械强度也不够高，这就常常使得人們在数字计算机中不能采用电子管而去寻求能够代替它的其他元件。

由具有矩形磁滯回綫的鉄磁磁芯所构成的磁元件，在代替电子管的元件中占有特殊的地位。具有矩形磁滯回綫的磁芯能很容易地达到磁飽和状态，并且用加入一定方向和大小的磁化力，可以将其从一个磁飽和状态轉換到另一个磁飽和状态。在磁化磁場取消后，这种磁芯的磁状态特点是具有与飽和磁感应相接近的正剩磁或者負剩磁。这种能得到两个穩定状态的可能性，使得可以将这种磁芯用于数字计算机的各个元件和环节的电路中，这就提高了它的可靠性、耐久性和經濟性。然而，由于在苏联还没有闡述磁元件应用远景和設計問題的專門文獻，所以阻礙了它的实际应用和发展。本书便是試圖在某种程度上来弥补这一缺陷。

本书敘述了推进式磁記发器的几个方案，磁元件的邏輯裝置：重合裝置、非重合裝置；划分和閉鎖裝置；各种不同数碼的

形成裝置，以及磁記憶裝置和計算機。此外，還敘述了從磁元件讀出信息的現有方法和製造磁芯所用的材料特性。

在敘述上所採用的順序是力求達到以下目的：首先使讀者知道應用磁元件的基本觀念，然後知道實現所述各種裝置的某些建議。

許多新的問題不可能完全包括在本書內。屬於這些問題的有：無二極管和無三極管電路的構成；所謂磁積分器（即在一个磁芯中具有數個穩定狀態的裝置）的應用；利用材料的磁粘性來實現不破壞信息的讀數方法。

由於目前磁元件的電路略圖還沒有統一的規定，所以在本書中所採用的是作者認為最清楚的方法。為了便於了解，假定（這已反映在圖上）接在電路中的所有磁芯繞圈都是向同一個方向纏繞的。此外，還採用了具有相應說明的邏輯裝置電路圖的符號法。

本書是對各種磁元件電路的工作作出扼要分析的初步嘗試，並根據這個問題綜合了許多零星的材料，其目的是為了對設計無電子管的計算解題裝置的技術工作人員有所幫助和擴大磁元件的應用範圍（這在將來是毫無疑問的）。

技術科學博士B.B. 亞興斯基教授仔細地校對過原稿並提出許多寶貴的意見，作者表示衷心的感謝。

作者也衷心地感謝技術科學副博士B.B. 巴爾吉日和Ю.И. 維宗對原稿細心的校對和提出許多的意見。

作 者

目 录

第一章 一般問題.....	4
第二章 計算基础.....	22
第三章 邏輯裝置的磁元件.....	32
第四章 磁計算机.....	45
第五章 磁記憶裝置.....	62
第六章 磁开关.....	68
第七章 从磁元件讀出信息的方法.....	80
第八章 轉移磁芯及其用途.....	84
第九章 鉄磁材料的特性.....	91
参考文献.....	99

第一章 一般問題

大家知道，在具有一定稳定状态数的元件基础上，构成了按断续原理工作的计算机。其中按二进位制工作的计算机就是采用具有两个稳定状态的元件。由有矩形磁滞回线的磁芯所构成的磁元件，就是属于这一类。我们假定磁芯具有正剩磁为“1”状态，而具有负剩磁为“0”状态。

如果我们以一定方向的磁场使磁芯磁化，则在磁场取消以后，磁芯将永远保持着相应的剩磁状态。这就是说，磁元件能“记忆”两个数字（根据所加磁场的极性而决定是1或是0）。

当磁化磁场的极性改变时，磁芯剩磁的符号也随着改变，磁芯也就被反复磁化了。由于反复磁化的结果，在磁元件的线圈中将感应出脉冲电势，此电势可控制类似的磁元件。在这种情况下，需要一个元件的输出线圈与另一个元件的输入线圈相联系。但是这种联系不能直接实现，因为一个元件中磁通的任何改变将影响另一个元件的状态，所以必须接入选择性联系回路。在这种回路中，信息只能按选定的方向传递，例如，只能由元件№1传送到元件№2，而不能反向传递；并且还只有当发信元件的磁状态作一定的变化时，才有信息的传递。在下面研究的大多数装置中，我们假定信息的传递是在剩磁状态由正值向负值改变时进行的。

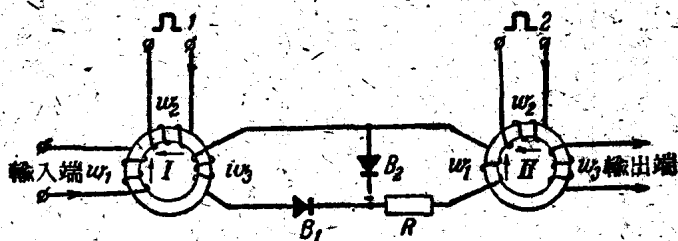


图1 双相推进式触发器环节

图 1 表示具有两个磁元件的简单环节，其工作情形如下：假设在第一个元件的输入线圈 w_1 中以一定的时间间隔送入电流脉冲，能建立起顺时针方向的磁化磁场（以后我们认为作用在相应磁芯上的所有输入脉冲都是这样的，不再用箭头来表示磁化磁场的方向）。如果磁芯曾在反方向被磁化过，而输入脉冲所产生的磁化磁场的大小又超过了磁芯材料的矫顽磁力时，则磁芯便反复磁化。今后我们把这种磁化叫做输入脉冲在磁元件中实现“写 1”。当写 1 时，因在连系回路中有隔离整流器 B_1 ，所以磁芯 I 的输出回路（线圈 w_2 ）是断开的。现在，若在该磁芯的线圈 w_1 中送入足够大的电流脉冲，而其所产生的磁化磁场又是反时针方向的，则磁芯 I 的剩磁符号便改变，我们把这种情况叫做“写 0”。于是通过连系回路，在磁芯 II 中便写上 1。当此磁芯返回 0 状态时，在其线圈 w_1 中将产生与输入信号同极性的脉冲电势。如果连系回路没有分路整流器 B_2 ，则回路对于所感应的脉冲电势来说，便是开路的。在这种情况下，磁芯 II 的状态的改变，便会影响磁芯 I 的状态。接入分路整流器 B_2 ，就能避免这种不希望有的影响，并保证信息沿单方向传送。

如果磁芯能周期地返回到 0 状态，则磁芯便能记发每一个输入脉冲。为了这个目的，在每一个输入脉冲后，均应给线圈 w_1 送入使磁芯返回到 0 状态的电流脉冲。这种脉冲叫做推动脉冲。在推动脉冲作用下，输出信号即沿连系回路由磁芯 I 传送到磁芯 II。

显然，作用于磁芯 I 和 II 的推动脉冲不应同相^①。但磁芯 I 的输入脉冲和磁芯 II 的推动脉冲是可以同相的。这样，为了要使按上图连接的两个磁芯能正常工作，就需要实行双相控制。图 1 所表示的电路就是一个双相磁路的环节，它的输出脉冲对输入脉冲移动一个周期，这种线路叫做推进式记发器。

^① 在图 1 和以后的图中，正弦脉冲和数字 1、2、3 等表示相应相位的推动脉冲。

推进式记发器具有各种不同的用途，它是许多主要用来实现脉冲延时的磁元件装置的组成部分。就这个意义上讲，推进式记发器可以叫做特殊的延时线。

大家熟知的推进式记发器的接线图有三种。其中之一如图2a所示，它是借助于连系线圈 w_1 和 w_2 经整流器而把几个磁芯串联起来的。最初，所有的磁芯都处于 0 状态(图2, 6, 1)，因此产生负磁化力的推动脉冲，实际上，不会使磁芯的状态有任何改变。如果在磁芯 I 的输入端上(图2, a)送入能使磁芯反复磁化的信号，则磁芯将改变到 1 状态(图2, 6, 2)。这种状态将一直保持到向其线圈 w_1 送入推动脉冲时为止。推动脉冲使磁芯 I 再反复磁化为最初的状态。在这种情况下，在线圈 w_2 中将感应脉冲电

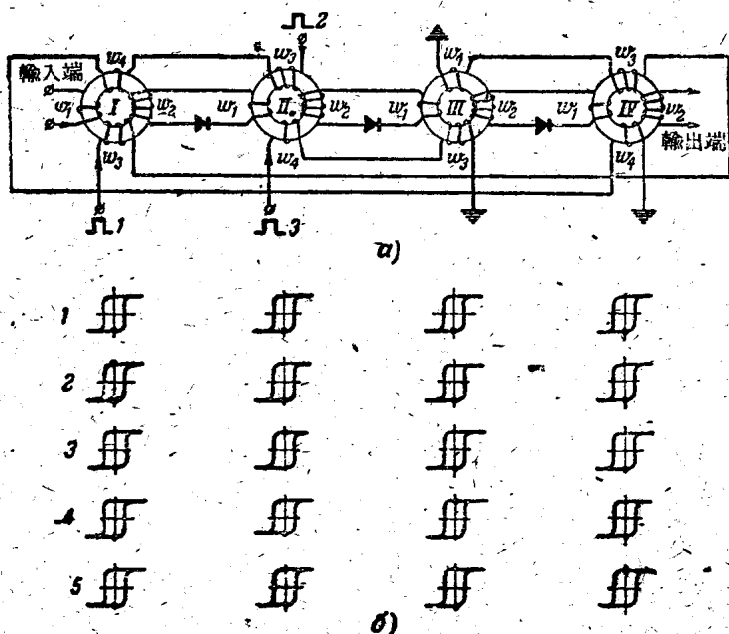


图 2 三相推进式记发器

a—原理图；6—工作图；1—磁芯的最初状态；2—1 写入磁芯 I；
3—1 传送到磁芯 II；4—1 传送到磁芯 III；5—1 传送到磁芯 IV。

势，其方向是使电流沿連系回路 $w_{1, I} \sim w_{1, II}$ ① 通过而使磁芯 II 反复磁化。因此，信息的傳送就是这样的，开始时在記发器磁芯 I 中所写上的 1 便轉发到了磁芯 II。

在第一个磁芯写 1 的过程中，它的磁通只能由負变到正。这时，接在磁元件 I 和 II 之間的連系回路中的整流器使磁芯 II 不会反复磁化。同样，接在磁元件 II 和 III 之間的連系回路中的整流器，当 1 由磁芯 I 向磁芯 II 傳送时，使磁芯 III 不会反复磁化等等。因此，在这种接綫图中，整流器的作用就是将轉換到 1 状态的磁芯的輸出回路断开。

当 1 由磁芯 II 向磁芯 III 傳送时，此 1 又有沿連系回路 $w_{1, I} \sim w_{1, II}$ 向磁芯 I 反向傳送的危險性。为了防止信息的反向傳送，在这种記发器中采用了补偿綫圈 w_4 。借助于补偿綫圈，当信息由前一个磁芯傳向下一个磁芯时，前一个磁芯能保持在 0 状态。

显然，在所討論的記发器中，第二位数的写，可以与第一位数向磁芯 IV 的傳送同时进行，即是說，这种記发器要記发一位二进位数，需要用三个磁芯。为了沿綫路移位，需要三个推动脉冲电源。

在文献中和在与磁元件有关的工程技术人员之間，这种記发器有四种名称：三相記发器，三通記发器，三拍記发器和三芯記发器。在这些名称中，以三相記发器比較合乎其工作原理。

以分路二极管代替补偿綫圈(图3, a 的 B_2)，可以把发送一位数所需要的磁芯减少到两个，并可以把三相控制改为双相控制。双相記发器一个环节的工作情况，前面已經詳細談过了(见图1)。双相記发器的工作与三相記发器的工作大致上是相同的。

图3, b 表示 1 由磁芯 I (图3, b, 1) 依次向磁芯 IV (图3, b, 5) 傳送时，記发器各个磁芯的磁状态。在这里，为了傳送一位二进位数，只需要两个推动脉冲电源。但是，在这种情况下，推动脉冲电源的能量要足以补偿連系回路中电阻所引起的損耗。

① 羅馬字母表示相应图中磁芯的号碼，以后的图中也将这样表示。

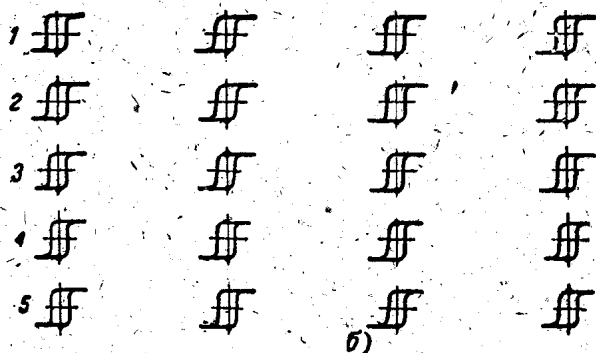
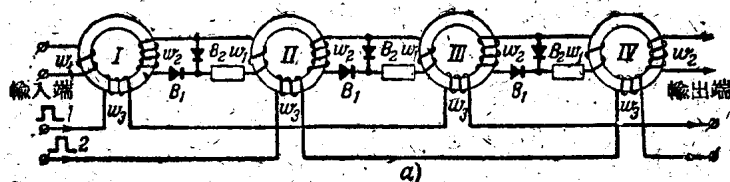


图3 双相推进式记发器

a—原理图；b—工作图；1—磁芯的最初状态；2—在磁芯I中写上1；3~5—相当于1传送到磁芯II，磁芯III和磁芯IV。

如果不希望增多连系回路中的整流器，则可以采用文献2中所提出的变型双相记发器，其线路如图4所示。为了防止信息的反向传送，这里在连系回路中没有采用分路整流器，而是利用整流器阴极上有正电位时，整流器即行闭锁的效应。整流器阴极上的正电位是由相应的推动脉冲通过电阻 R 而产生的。

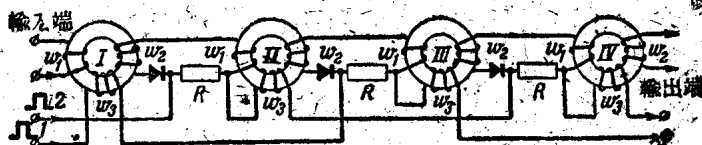


图4 无分路整流器的双相推进式记发器

如上所述，三相記发器需要三个彼此不同相的推动脉冲电源，而双相記发器只要两个。为了尽量简化电源的接线图，便作成了只用一个推动脉冲电源的单相記发器(图5和文献3)。推动脉冲同时加在所有的磁芯上，并在同一个方向达到饱和。这样，在已经写上1的磁芯的输出端上，便产生出脉冲电压。

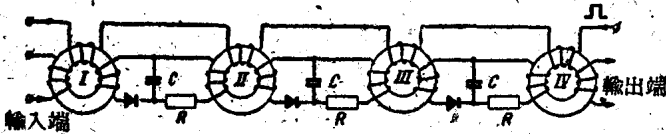


图5 单相推进式记发器

假设在开始时，磁芯I已经写上1。当加入推动脉冲后，这个磁芯反复磁化，在其输出线圈上便产生出脉冲电压。此脉冲使磁芯I和磁芯II之间这段连系回路中的电容器充电。磁芯II的输入线圈的电感和连系回路中的电阻使电容器的放电过程延长，即使推动脉冲作用结束之后，还将继续放电。电容器是经磁芯II的输入线圈放电的，因而使该磁芯反复磁化，这样，1便写入磁芯II中。连系回路中的电容器暂时地存储了每位二进位数，从而起了缓冲元件的作用。这种作用，在上述的双相和三相记发器中，是由中间磁芯来完成的。

从原则上说，任何一种能使磁芯的输出信号延后一个推动脉冲作用时间的装置，都可以用来作为缓冲元件。 RC 回路用于这种情况下最不经济，因为在电阻 R 上要消耗很大一部分能量。比较适当的办法，是采用如文献4中所提出的 LC 回路，即一般的电磁延时电路。但是，为了画图简单，在以后的单相记发器接线图中，仍用 RC 回路作为缓冲元件。

在单相记发器中，记发一位二进位数需要一个磁芯。使信息沿线路传送，也只要一个推动脉冲电源。

在所讨论的这些记发器中，对磁芯的要求是：它能从取自推动脉冲的能量中，送出这样一部分能量，此能量除去在连系回路中的损失以外，足以使线路中的下一个磁芯反复磁化。

对能量比较合理利用的，是采用按另一种原理联系磁芯的磁线路〔文献5〕。由两个磁元件所构成的这种线路的接线图如图6所示。在这种线路中，应用了线圈阻抗变化的原理：即当磁芯反复磁化时，线圈中有反电势产生，其阻抗亦从而发生变化。

这种连系回路，以前叫做“具有分接头线圈的连系回路”。在

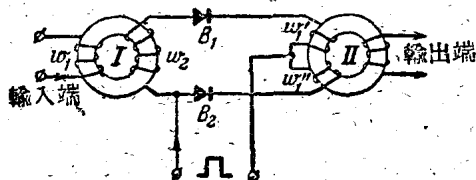


图6 具有分接头线圈的连系回路图

回路中，对于推动脉冲有两个并联支路。在没有脉冲时，两个支路的阻抗大致是相等的。如果加上推动脉冲后，磁芯I不发生反复磁化，则连系

回路的两个并联支路的阻抗仍然相等。因为，在这种情况下，线圈 w_2 的感抗差不多等于零。由脉冲电源送来的电流，平均分配在连系回路的两个并联支路内。由于线圈 w_1 和 w_1' 是反接的，所以此电流对磁芯II不起任何作用。这种情况相当于沿线路传送0状态。

如果磁芯I已由输入信号磁化为与推动脉冲相反的方向，即象在计算机中常说的，在磁芯I中已写上1，则当向线圈 w_2 送入推动脉冲时，此磁芯I便重新开始反复磁化，并在线圈 w_2 中感应出反电势。因此，连系回路上面一个支路的阻抗将超过下面一个支路的阻抗；大部分推动脉冲电流通过线圈 w_1' ，其所产生的磁化力能够抵消通过线圈 w_1 的电流的去磁作用。在这种情况下，如果磁芯II以前是处于相反的状态，则这时它就被反复磁化。于是在推动脉冲作用结束以后，磁芯I便返回到0状态，而磁芯II则转入相当于已经写上1的状态。

与前面所说的那些磁记发器不同之处是：在这种线路中，对磁芯不要求产生这样的电势，即在此电势作用下，连系回路中的电流足以使另一磁芯反复磁化。因此，沿线路传送信息时所消耗的能量就比较少些。

这种线路的第二个优点，是当没有推动脉冲时，一个磁芯与另一个磁芯是完全隔绝关系的，因而在这段时间内，可以任意改变线路中一个或数个磁芯的状态，而不会破坏其余磁芯已经确定的状态。由于这个原因，在这种线路中不可能产生所谓信息的反向传送。而这种反向传送，在单相，双相和三相记发器中是必须设法防止的。因为不会发生反向传送，故能将信息从一个“发送”磁芯同时传送给数个“接收”磁芯，这样就为建立分支线路创造了条件。

另一方面，由于磁芯处于互相隔绝的状态，便有可能在线路中同时向两个方向传送信息。这种可逆推进式记发器的线路图如图7所示。

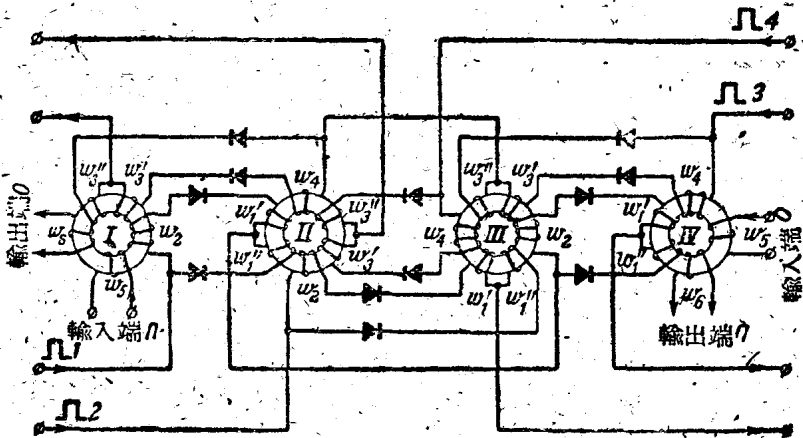


图7 可逆推进式记发器

实现正向信息传送的连系回路由分接头线圈 w_1 和输出线圈 w_2 组成。信息的正向传送由 1 和 2 两个推动脉冲电源进行控制。需要进行正向传送的信息加到线路的输入端 II，而从输出端 I 输出。信息的反向传送是由线圈 w_3 和 w_4 所组成的连系回路来完成，并由两个推动脉冲电源 3 和 4 进行控制。反向传送的信息分别利用输入端 0 和输出端 0 进行收发。

应当指出，前面所討論过的各种推进式記发器，按其工作特点來說，都是属于串联装置。即是說，輸入数据是一位接一位地依次加入記发器，并經過一定時間后，又一位接一位地依次从記发器傳送出去。采用分接头綫圈的連系回路，可以使数据从記发器的各个工作磁芯并行地送出。具有并行輸出的三位記发器的綫路图如图8所示。数据沿綫路的依次傳送，是借助于推动脉冲1和2而实现的。

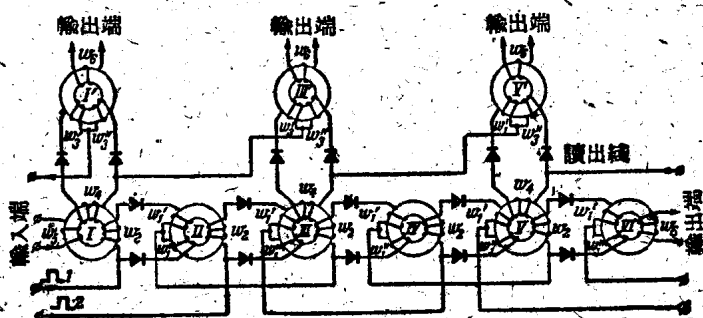


图8 并行讀数的推进式記发器

为了实现并行讀数，采用了輸出磁芯 I'、II' 和 V'。当綫路的工作磁芯(I、II、V)和輸出磁芯(I'、II'、V')之間的連系回路中有讀数脉冲作用时，并行讀数能进行任何多次。

下面将指出，在連系回路中具有分接头綫圈的磁綫路基础上，可以构成各种不同的邏輯装置。这种装置在苏联很多部門和一些別的国家均得到了广泛的应用。根据文献5，采用这种装置已經构成两种数字計算机的模型，每种模型包括800个磁芯和50个电子管，这些电子管仅仅是用来作为磁芯的能源。計算机的工作频率为100千赫芝，总共消耗功率500瓦。完全用电子管构成的这种計算机，其体积比上述每种模型大4倍，有530个电子管，消耗功率約为3千瓦。

在文献6和7中，示有另一种型式的推进式記发器的电路图。該記发器的主要元件是如图9所示的半波磁放大器。在矩形

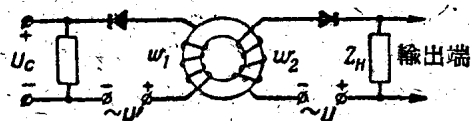


图9 由磁放大器所构成的推进式记发器环节的电路图

磁滞回线的磁芯上有两个线圈：输入线圈 w_1 和输出线圈 w_2 。在输入线圈回路中接有交流电源电压 U' ，整流器和输入信号 U_c ；在输出线圈回路中接有负荷 Z_H ，交流电源电压 U 和整流器。电压 U 和 U' 具有相同的频率，它们的幅值与输入线圈和输出线圈的匝数比成正比。当 $w_1 = w_2$ 时，电压 U 和 U' 可以由同一个电源供电。图9表示该电压的瞬时极性。

较方便的是在交流电压 U (或 U') 的两个半波内来研究磁放大器的工作原理。在第一个半波内(这相当于图9所示的电压瞬时极性)，当无输入信号 U_c 时，电流仅仅通过输入回路而使磁芯处于一定极性的磁饱和状态中。在下一个半波内，由于输入线圈和输出线圈是反接的，磁芯便反复磁化。在反复磁化的过程中，磁芯的输出线圈具有很大的感抗，因此电压 U 的大部分降落在线圈本身上，而在负荷上的电压降非常小。所以，当无输入信号时，磁芯是随控制电压的频率而反复磁化的。如果输入脉冲是在第二个半波内加入，则它对电路的工作不起任何影响。如果输入脉冲的幅度及宽度均大到足以补偿电压 U' 的作用，则此脉冲在第一个半波内加入，就能阻止电流沿输入线圈回路通过。磁芯内的磁通将保持它在上一个半波内所具有的方向。在下一个半波内，由于输出线圈的电感很小，所以在输出回路中有很大的电流通过，于是在负荷上便产生很大的电压降。

按这种原理所构成的推进式记发器如图10所示。它的每一级

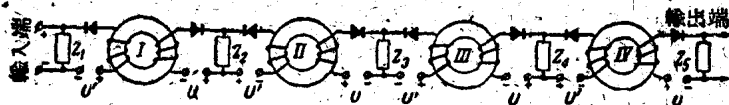


图10 由磁放大器构成的推进式记发器

都能将输入脉冲延时控制频率半周的时间。

如果将前面所讨论过的这些记发器的输出端与输入端相连接，则可以得到闭式循环线路。同时应当注意到，在至少具有三个磁芯的情况下，三磁芯为一位的记发器可以变换为循环线路。按这种记发器所构成的循环线路应当具有三的倍数个磁芯，而由二磁芯为一位的记发器所构成的循环线路应当具有偶数个磁芯。

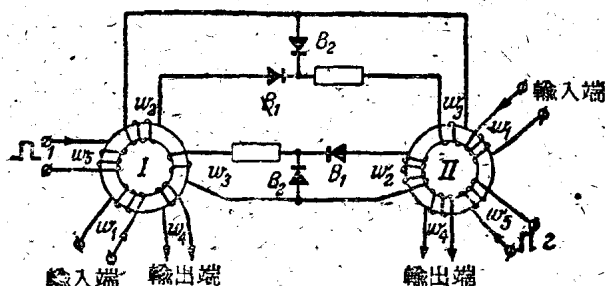


图 11 具有单独输入的磁触发器

图11表示最简单的双相循环线路的电路图。这种线路的每一个磁芯都具有五个线圈：输入线圈 w_1 、传送线圈 w_2 、接收线圈 w_3 、输出线圈 w_4 和推动线圈 w_5 。如果在输入信号作用下，磁芯的磁化是这样的，即第一个磁芯的剩磁具有一种符号，而第二个磁芯具有相反的符号，则送入第一个磁芯线圈 w_5 中的推动脉冲 1 便能使这个磁芯磁化到 0 状态，同时它在所有的线圈中都感应一个与磁通变化速度和线圈匝数成正比的脉冲电势。在线圈 $w_{2,1}$ 和 $w_{3,1}$ 中所感应的脉冲电势，便在磁芯的连系回路中产生电流脉冲。在连系回路 $w_{2,1} \sim w_{3,1}$ 中作用的电流脉冲，使第二个磁芯改变到正磁饱和状态；同时在这个磁芯的线圈中也感应出脉冲电势。但由于有整流器 B_1 和 B_2 ，它不会对第一个磁芯产生相反的影响。然后，下一个推动脉冲又将磁芯 II 返回到负磁化状态，并在连系回路 $w_{2,1} \sim w_{3,1}$ 中产生一个使磁芯 I 磁化到 1 状态的电流脉冲。这种过程将随着推动脉冲的依次加入而重复着。