

第三次全国电子计算机 专业学术会议论文选集



第三部分 內 存 儲 器

中国电子学会电子计算机专业委员会編

(內 部 資 料 注 意 保 存)



國防工業出版社

87083
3

內 容 簡 介

本論文选集共收入論文72篇，內容分七部分，第一部分为体系設計与邏輯設計，第二部分为整机与邏輯綫路，第三部分为內存儲器，第四部分为外部设备，第五部分为电源与通風散热問題，第六部分为元件与綫路的研究，第七部分为工艺、測試与測試设备。这些論文总结了我国近年来的研究成果。

本論文选集以合訂本与分册（每部分为一分册）两种形式出版。

本論文选集可供从事数字电子计算机专业的研究、生产的工程技术人员及高等院校师生参考。

第三次全国电子计算机专业学术会論文选集

第 三 部 分

中国电子学会电子计算机专业委员会編

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第074号

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

787×1092¹/₁₆ 印张4 96千字

1964年12月第一版 1964年12月第一次印刷 印数：001—800册

统一书号：N15034·913 定价：（科八-2）0.85元

目 录

第三部分 内存器件

一台中速中容量磁心存储器的研制.....	郑 筠 張务健(283)
磁心存储器的可靠工作范围——对一台容量为4096的磁心存储器可靠范围的讨论.....	陈經东(292)
“二极管变压器电流译码”变压器磁心工作特性的分析.....	伍福宁(301)
无噪音均分负载矩阵开关的逻辑设计与电路实验.....	朱子浩 王贵阳(312)
电容存储器的一些初步探讨(摘要).....	黃玉珩(324)
8×8磁膜存储矩阵及其特性的研究.....	陈一詢 王仁智 陈树楷 袁懋森 毛韵璦(326)
簡便而可靠的插杆式半固定记忆装置.....	柳克俊(341)

一台中速中容量磁心存储器的研制

郑 筠 張务健

摘 要

本文所述之中速中容量磁心存储器的技术指标为：容量 4096 个数，存取周期 10 微秒，并行工作。存储器的主要特点是加有写后干扰电流脉冲，并用国产 GE104 型开关二极管代替 6LI4II 型真空二极管，以提高存储器的稳定性，文内着重对其特点作了分析。这台存储器投入工作以来一直较为稳定。

一、存储器概况

存储器容量为 4096 个数，存取周期 10 微秒，采用禁止脉冲电流重合法，加有写后干扰电流脉冲，磁心尺寸为 $2 \times 1.4 \times 0.8$ 毫米（外径 $\times$ 内径 $\times$ 高度）。在磁心检验的同时，观察读“1”，读破坏“1”及读破坏“0”讯号，按“1”讯号的大小进行分类。译码采用通用的二极管变压器引导法，二极管原来采用 6LI4II 型电子管，后改用国产 GE104 型晶体二极管。

设计中为了保证存储器在不同的湿度地区能稳定可靠的工作，加强了防潮措施，进行了胶木板的表面绝缘处理、晶体管的密封试验、磁心板在高温高湿条件下的考验等工作。

存储器投入工作后，已经过较长时期的考验，平均每日稳定工作时间在二十小时以上。

二、写后干扰的作用及其对存储器最佳工作电流范围的影响

1. 写后干扰

存储器中加有写后干扰电流脉冲，即在写“1”动作后，有一与禁止电流 I_z 的幅度、极性相同之干扰电流脉冲作用于禁止线上，以补偿磁心的工作状态，并减少感应电势。兹将其原理分述如下：

在磁心板被选磁心读出线上的感应电势可用下式表示^[1]：

$$e = \pm \left[e_1 - 2e_2 \pm \left(\frac{n}{2} - 2 \right) e_3 \right]$$

式中 e_1 ——被选磁心感应电势；

e_2 ——未被抵消的半选磁心感应电势；

e_3 ——对互相抵消的半选磁心感应电势差值；

n ——磁心板矩阵中一边的选择线数。

式中第三项的 $\frac{n}{2} - 2$ 为读出线分组数，第三项数值取决于存储器容量读出线分组数及 e_3 ，而 e_3 数值的大小与存储器所存代码状况及磁心受干扰的情况有关。最恶劣的情况为一对互相抵消的半选磁心分别处于“1”和“0”状态，因为在此情况下，加上幅度为 $\frac{I_m}{2}$ 的半读电流以后，“1”状态沿 $1AB$ 至 1_0 工作点，而“0”状态则沿 OD 线往返一次（如图

1 所示), 由于前者有磁畴不可逆位移成分, 因此感应电势较大, 而后者为磁畴可逆转动, 感应电势较小, 两者不能很好抵消, 所以 e_2 数值最大。有写后干扰情况下, 每次写“1”动作完毕后, 有一半讀电流加于磁心板, 而使磁心置于 1₀ 状态, 减少輸出干扰值。茲将其作用进一步分析如下:

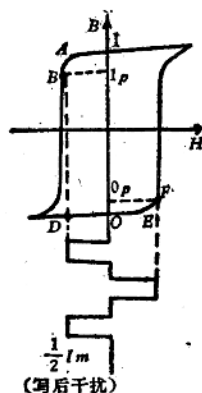


图 1 磁心工作状态图

(1) 有写后干扰时, e_3 最大数值出现机率减少

为了简化分析,假设半读电流一次打扰后即可使磁心由“1”移至“1_p”(破坏“1”状态),或由“0_p”移至“0”状态(实际上近似于“0”状态);“0”状态受半读写双向干扰后,移至“0_p”状态,“1_p”受双向干扰后,由“1_p”移至“1”状态(实际上近似于“1”状态)。又假设磁心板各行选择机率相等。

以下分析电流重合法中磁心板磁心各种状态出现的机率，并比较有无写后干扰两者的区别。

假設： P_1 ——“1”状态出現机率：

P_{1p} ——“破坏1”状态出现机率;

P_0 ——“0”状态出现机率;

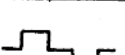
P_{op} ——“破坏 0”状态出现机率;

$P_{\delta 1}$ ——无写后干扰时, c_3 最大数值出现机率;

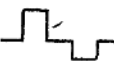
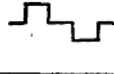
$P_{\delta 2}$ ——有写后干扰时, e_3 最大数值出现机率。

无写后干扰时,磁心各状态出现机率如表1所示:

表 1

顺序	磁心原始状态	原始状态出现率	通过磁心电流波形	电流波形出现率 $\{2\}$	磁心受激励后之新状态	总机率
1	任意	1		$\frac{1}{2n^2}$	1	$P_1 = 1 \times \frac{1}{2n^2} + \frac{1}{2} \times \frac{n-1}{n^2} + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2} \right)$ $= \frac{n^2 + 2n + 1}{8n^2}$
2	1 或 1_p	$\frac{1}{2}$		$\frac{n-1}{n^2}$	1	
3	1	$\frac{1}{4}$	无	$\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2}$	1	

(續)

順序	磁心原始状态	原始状态出現率	通过磁心电流波形	电流波形出現机率	磁心受激励后之新状态	总机率
4	1或1 _p	$\frac{1}{2}$		$\frac{n-1}{n^2}$	1 _p	$P_{1p} = \frac{1}{2} \left(\frac{n-1}{n^2} + \frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2} \right) + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2} \right) = \frac{3n^2 - 2n - 1}{8n^2}$
5	1或1 _p	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2}$	1 _p	
6	1 _p	$\frac{1}{4}$	无	$\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2}$	1 _p	
7	任意	1		$\frac{1}{2n^2}$	0 _p	$P_{0p} = 1 \times \frac{1}{2n^2} + \frac{1}{2} \times \frac{n-1}{n^2} + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2} \right) = \frac{n^2 + 2n + 1}{8n^2}$
8	0或0 _p	$\frac{1}{2}$		$\frac{n-1}{n^2}$	0 _p	
9	0 _p	$\frac{1}{4}$	无	$\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2}$	0 _p	
10	0或0 _p	$\frac{1}{2}$		$\frac{n-1}{n^2}$	0	$P_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{n-1}{n^2} + \frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2} \right) + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2} \right) = \frac{3n^2 - 2n - 1}{8n^2}$
11	0或0 _p	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2}$	0	
12	0	$\frac{1}{4}$	无	$\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2}$	0	

由表得:

$$P_1 : P_{0p} : P_0 : P_{1p} = \frac{n+2}{8n} : \frac{n+2}{8n} : \frac{3n-2}{8n} : \frac{3n-2}{8n} \\ \approx \frac{1}{8} : \frac{1}{8} : \frac{3}{8} : \frac{3}{8} \text{ (設 } n \gg 2 \text{)}$$

 令 n 为不同数值, 代入上式可得表 2:

表 2

n	P_1	P_{0p}	P_0	P_{1p}
4	1	1	1.6	1.6
8	1	1	2.2	2.2
16	1	1	2.5	2.5
32	1	1	2.8	2.8
64	1	1	2.9	2.9
128	1	1	2.95	2.95

QJS319/09

有写后干扰时, 磁心各状态出现机率如表 3 所示:

表 3

顺序	磁心原始状态	原始状态出现机率	通过磁心电流波形	电流波形出现机率	磁心受激励后之新状态	总 机 率
1	任意	1		$\frac{1}{2n^2}$	1_p	$P_{1p} = 1 \times \frac{1}{2n^2} + \frac{1}{2} \times \left(\frac{n-1}{n^2} + \frac{n-1}{n^2} + \frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2} + \frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2} \right) = \frac{1}{2}$
2	1 或 1_p	$\frac{1}{2}$		$\frac{n-1}{n^2}$	1_p	
3	1 或 1_p	$\frac{1}{2}$		$\frac{n-1}{n^2}$	1_p	
4	1 或 1_p	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2}$	1_p	
5	1 或 1_p	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2}$	1_p	
6	任意	1		$\frac{1}{2n^2}$	0_p	$P_{0p} = 1 \times \frac{1}{2n^2} + \frac{1}{2} \times \frac{n-1}{n^2} = \frac{1}{2n}$
7	0 或 0_p	$\frac{1}{2}$		$\frac{n-1}{n^2}$	0_p	
8	0 或 0_p	$\frac{1}{2}$		$\frac{n-1}{n^2}$	0	$P_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{n-1}{n^2} + \frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2} + \frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2} \right) = \frac{n-1}{2n}$
9	0 或 0_p	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2}$	0	
10	0 或 0_p	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2} - \frac{1}{n} + \frac{1}{2n^2}$	0	

由表得:

$$P_{0p} : P_{1p} : P_0 = \frac{1}{2n} : \frac{1}{2} : \frac{n-1}{2n} \approx \frac{1}{2n} : \frac{1}{2} : \frac{1}{2} \text{ (设 } n \gg 1 \text{)}.$$

令 n 为不同数值, 代入上式可得表 4:

表 4

n	P_{0p}	P_{1p}	P_0
4	1	4	4
8	1	8	8
16	1	16	16
32	1	32	32
64	1	64	64
128	1	128	128

下面再进一步考虑有无写后干扰 e_3 最大值出现机率。无写后干扰时，在上述几种情况下 e_3 干扰较大：即一对磁心中，一为“1”状态，另一为“0”或“1_p”状态；或一为“0_p”状态，另一为“1_p”或“0”状态；而有写后干扰时， e_3 最大值仅存在于一为“0_p”状态，另一为“1_p”或“0”状态。

$$\text{故 } P_{s1} \approx 2(P_1P_0 + P_1P_{1p} + P_{0p}P_0 + P_{0p}P_{1p}) = \frac{(n+2)(3n-2)}{8n^2};$$

$$P_{s2} \approx 2(P_{1p}P_{0p} + P_{0p}P_0) = \frac{1}{n},$$

(式中乘以 2 是因为一对磁心中状态互易后 e_3 最大值不变)。根据这两个公式，

$$\frac{P_{s1}}{P_{s2}} \approx \frac{(n+2)(3n-2)}{8n} \approx \frac{3}{8}n \quad (\text{设 } n \gg 2),$$

其各值与 n 的关系可列如表 5：

表 5

n	P_{s1}	P_{s2}	P_{s1}/P_{s2}
4	0.47	0.25	1.5
16	0.40	0.06	6.0
64	0.38	0.02	24.0

由表 5 可说明：第一，无写后干扰比有写后干扰 e_3 最大值出现机率大，其比值 $\frac{P_{s1}}{P_{s2}}$ 随容量 n 的增大而线性上升；第二，不论有无写后干扰，容量 n 愈小， e_3 最大值出现机率愈大；但无写后干扰时，其最大干扰出现机率随 n 之变化，不如写后干扰时快。

(2) 有写后干扰时，可提高磁心板输出讯号杂音比：

(2.1) 使最大 e_3 幅度降低：前面假设磁心状态受电流波一次干扰后即稳定，但在一般情况下，往往要受若干次干扰方能稳定。电流重合法存储器的实际工作状态表明，“1”状态有可能受多次干扰，但“0_p”状态的产生仅由于“0”状态受到一次单极向干扰（如写“0”），或受双极向读、写波干扰（当干扰波宽度小于部分磁通翻转时间，则第二次波可起补偿作用），因此“0_p”状态的偏移小于“1_p”的偏移。当半读电流作用于磁心“1”、“1_p”、“0”及“0_p”状态时，“1”状态输出感应电势最大，而且脉冲较宽；“0”状态为可逆输出，感应电势最小；“0_p”状态受半读电流作用后，并不回至“0”而沿小迴线移至高于“0”之状态，因此其感应电势较半读“0”为大⁽³⁾；“1_p”状态有以下情况：如为“1”状态受多次干扰完全稳定后之“1_p”，此时半读电流作用，其输出为可逆状态，感应电势最小，如“1”状态受一次干扰，实验中曾用 2 微秒宽脉冲波干扰一次，此时半读“1_p”幅值约为半读“1”的一半。图 2 及 3 中 E_1 、 E_2 、 E_3 分别表示半读“0”，“1”及“1_p”的幅值， E 表示读“1”讯号， E'_1 、 E'_3 表示在读“1”讯号峰值时间的 E_1 、 E_3 值， τ 为讯号开关时间。

(2.2) 提高读“1”讯号峰值时间的讯号干扰比：图 3 表明，半读“1_p”的开关时间

在 720 毫安~880 毫安之間, 約为半讀“1”的一半, $\frac{E}{E_1'}$ 比值随着电流的减小而增大。

由試驗得到, 在 720 毫安时, 讀“1”峰值時間为 0.5 微秒, $\frac{E}{E_1'}$ 比值为 31, 而 E_3 的开关時間仅为 0.3 微秒, 因此讀“1”峰值時間 $\frac{E}{E_3}$ 比值接近无穷大。

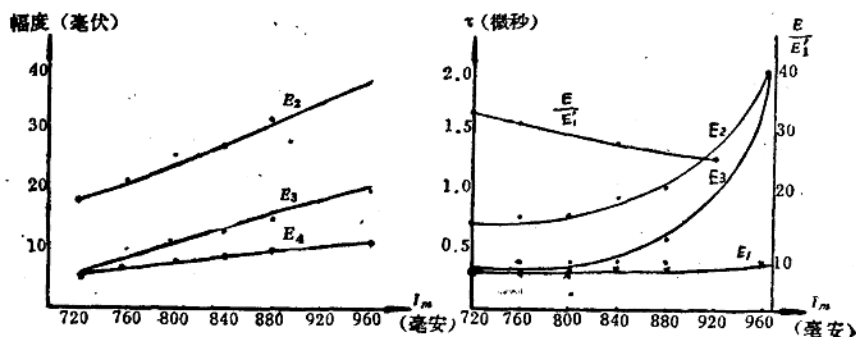


图2 2×1.4 磁心在不同工作电流情况下半选干扰幅度曲线。

图3 2×1.4 磁心在不同工作电流情况下, 半选干扰开关時間曲线及

$\frac{E}{E_1'}$ 比值曲线。

注: 半讀电流脉寬 2 微秒, 幅度为 55% I_m 。

写后干扰的作用已如上所述, 其唯一缺点是延长了工作周期, 在设计存储器时, 应特别注意到磁心板輸出訊号“1”、“0”的判別性能。随着存储器容量增大, e_3 的影响愈加不能忽视, 解决的方法除了改进讀出綫穿綫方法、錯开半讀电流時間等外, 可从以下几方面着手:

①严格磁心选择标准, 使 e_3 干扰在磁心“1”訊号峰值時間內基本結束, 而且以上条件要保証在讀、写电流及半波电流分別向最不利方向变化时仍然維持最低值。为了达到以上目的, 磁心选择时应提高电流破坏比 (目前一般采用 55~61% 的破坏电流), 保証各磁心 H_c 大于一定数值, 此外并限制半讀“1”干扰幅度。

②降低工作电流, 有利于提高磁心板訊号杂音比。

③加写后干扰以降低 e_3 数值。是否加写后干扰应根据上两条件的滿足情况、存储周期是否容許等来决定。实验証明, 写后干扰脉冲寬度只需 0.5 微秒就已足够, 因为磁心板工作稳定性由“1”、“0”状态出現机率所决定。

2. 存储器最佳工作电流的选择

在存储器各部分綫路基本調好以后, 就需要寻找存储器的最佳工作电流值。由于磁心体各位磁心板的特性不完全一致, 因此选择了三位磁心板作試驗。試驗是这样进行的: 以讀出放大器的偏压范围由 -25 伏到 -60 伏为上下限, 利用动态下雨檢查方法, 分別檢查磁心板輸出“1”、“0”的边界条件, 固定 $-I_x (=I_y)$ 数值, 調节 I_x 电流幅值, 分別对 -25 伏及 -60 伏找出 I_x 的变化范围, 得到图 4 所示曲线, 图 4(a), 4(b) 分別表示偏压为 -25 伏及 -60 伏的边界, 阴影綫面积表示不加写后干扰的工作范围。由各面积中心确定一最佳工作点, 可得出: 无写后干扰最佳电流 B 点 $I_{x,y} = 410$ 毫安, $I_x = 350$ 毫安; 有写后干扰最

佳电流 A 点 $I_{x,y} = 410$ 毫安, $I_z = 390$ 毫安, 有写后干扰时, 其电流容许变化 $I_{x,y}$ 比前者大 100 毫安左右, I_z 比前者大 60 毫安左右。

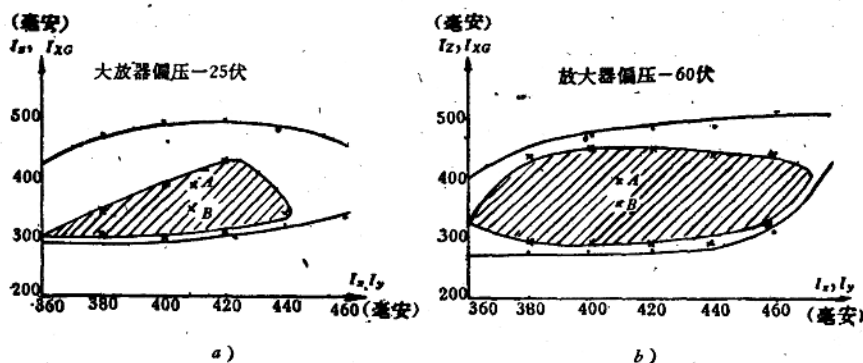


图4 最佳工作电流测试曲线。

三、晶体二极管在坐标译码器中的工作情况

用晶体二极管代替二极管变压器坐标译码器中的 6L14 型真空二极管, 它的优点很多, 例如: 缩小体积、降低交流功率、减少管子脉冲压降等等。而且, 从存储器的维护使用经验来看, 6L14 型真空二极管老化速度较高, 故障机率较大; 从提高存储器运行稳定性来讲, 应尽可能用晶体二极管代替真空二极管。

现已初步试制成功一种硅二极管, 型号为 GE104, 其额定数据如下 (温度为 75°C):

正向电流 = 100 毫安时, 正向压降 ≤ 1.2 伏;

反向电压 = 200 伏时, 反向电流 ≤ 25 微安;

反向恢复时间 < 2 微秒 (指正向电流 10 毫安, 转换到反向电压 10 伏, 恢复到反向电流峰值的 10% 的时间)。

为了了解 GE104 型二极管对于存储器的适用情况, 曾对它进行了一些测试:

1. 将二极管通以 400 毫安脉冲电流, 脉冲宽度 1 微秒, 重复频率 100 仟周。测试证明管子性能能够经受这种工作条件, 发热不严重。

2. 根据实际工作电流脉冲测试。

线路见图 5a。正向脉冲电流 400 毫安, 脉冲宽度 1 微秒, 反向电压 25 伏。在 A 点测出的波形见图 5b。

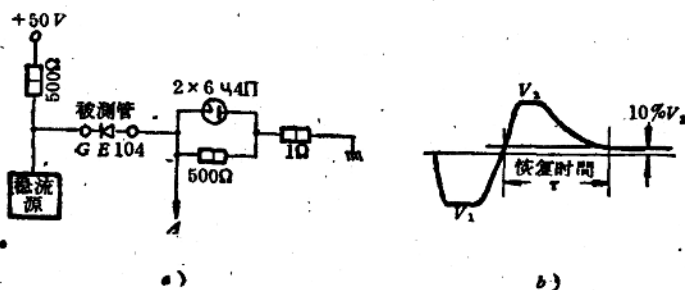


图5 根据实际工作电流脉冲进行测试:

a—晶体二极管脉冲测试线路; b—测试波形。

线路中采用两个 6LI4 型二极管与 500 欧电阻并联, 以便于在示波器上同时观察正向电流与反向电流的恢复时间。正向电流为 400 毫安时, 二极管导电, 反向时, 反向电流由 +50 伏电源经过 GE104 型晶体管与 500 欧电阻到地, 反向电流仅 50 毫安。电压波是在 A 点观察的, 因此两者数量级一致。

对 100 个管子进行测试的结果, τ 的数值在 2~3.5 微秒之间。

用 GE104 型晶体二极管代替 6LI4 型二极管, 并在存储器模型机上进行试验, 发现在地址代码变换的瞬间, 出现“漏电流现象”(见图 6)。图 6 a 为线路原理图, 图 6 b 为各点电位波形, 图 6 c 为变压器次级观察到的漏电流。

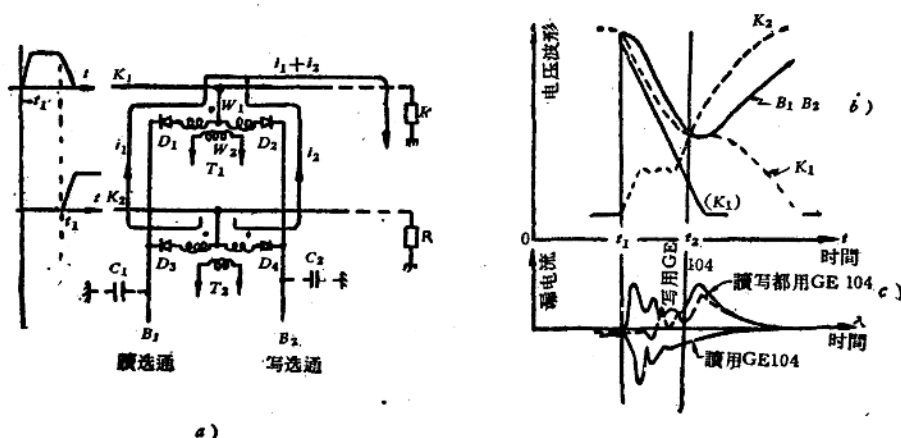


图 6 漏电流分析。

其原因分析如下:

在 $t < t_1$ 时间内, K_1 处于高电位, 当读写选通时, 二极管 D_1 、 D_2 分别导通, 变压器 T_1 输出选择电流。当 $t = t_1$ 时, 地址译码电位开始转换, K_1 电位下降, K_2 电位升高; $t = t_2$ 时, $U_{K1} = U_{K2}$, 从 $t > t_2$ 开始, $U_{K2} > U_{K1}$, 二极管开始承受反向电压。现在, 首先来分析只有 D_2 采用 GE104 型晶体管的情况。漏电流由两部分组成。当 $t_1 < t < t_2$ 时, U_{K1} 下降, 而由于 B_2 线上存在有寄生电容 C_2 , 因此 U_{B2} 下降将落后于 U_{K1} (如图 6 b), 因此就出现 $U_{B2} > U_{K1}$ 的情况。而由于晶体二极管存在反向恢复时间, 在少数载流子没有复合完以前, 它的反向电阻很小, 就有一部分 C_2 放电电流通过 D_2 二极管反向电阻流经 R 到地, 这部分电流反映在次级就构成 $t_1 < t < t_2$ 时的一部分漏电流。由寄生电容 C_2 、变压器电感 L 、二极管反向电阻及电阻 R 构成一个 LRC 回路, 因此波形有振荡。当 $t > t_2$ 时, $U_{K2} > U_{K1}$, 这时 U_{B2} 将跟随 U_{K2} 上升, 晶体二极管承受反向电压, 产生如图 6 a 中所示的电流 i_2 , 其峰值取决于回路电阻值, 宽度与晶体管反向恢复时间有关。当只有 D_2 采用 GE104 型二极管时, 在 T_1 中漏电流的方向与读电流方向相同; 反之, 若只有 D_1 采用 GE104 型二极管时, 漏电流方向与写电流方向相同; D_1 、 D_2 都采用晶体二极管时, 合成漏电流为两者之差值。由于 D_1 通正向脉冲电流 (即读选通时), 时间距离地址转换时间间隔较长, 在此时间间隔内, 已有一部分少数载流子复合, 因此通常合成漏电流方向与读电流方向相同。而在同一瞬间, 在变压器 T_2 中的漏电流方向与写电流方向相同。

当地址寄存器处于自激计数工作状态时, 电流波形如图 7 所示。图中读、写电流前的负尖脉冲是恢复邻近一组二极管所引起的恢复电流; 读写电流后的正尖脉冲是本身二极管所引起的恢复电流。

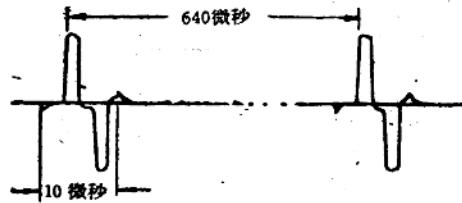


图 7 采用 GE104 型晶体二极管后的选择电流波形图。

合成漏电流的峰值与二极管反向恢复时间有关。当根据图 5 所示线路测出 $\tau = 3$ 微秒时, 漏电流峰值约为 70 毫安。如果使“读”二极管的 τ 值比“写”二极管的 τ 值大, 可使合成漏电流峰值下降。

由于漏电流出现在地址码转换的瞬间, 因此它不致与选择电流或禁止电流叠加, 但有可能与写后干扰电流叠加, 因此必须相应调整时间关系。

在存储器模型机上进行试验后, 即在完整的存储器上用 GE104 型二极管代替全部 6LI4Π 型二极管, 观察了电流波形, 进行了存储器稳定性的考验, 各项指标均能满足原定的要求。GE104 型二极管尚未发现损坏的情况, 存储器运行正常。

关于二极管变压器座标译码器上的晶体二极管恢复特性的分析及计算, 尚待今后进一步研究试验。为了提高存储器的工作频率, 希望晶体管研制单位能从生产工艺上改进二极管频率特性, 缩短其恢复时间。

四、结 束 语

1. 电流重合法存储器采用二极管引导译码方法, 元件全部使用国产材料, 可以在较长时期内稳定可靠地工作。

2. 写后干扰电流脉冲的主要作用是可以降低 e_3 干扰幅值, 显著减小磁心最恶劣状态出现的机率, 提高磁心板输出信号杂音比, 最后扩大了存储器有效工作电流范围, 因而提高了存储器的可靠性。

3. 存储器中是否采用写后干扰脉冲, 应根据磁心选择条件, 线路稳定性及存取周期等多方面条件衡量之。

4. 二极管变压器引导法译码器, 已初步证实可采用国产 GE104 型二极管来代替 6LI4Π 型二极管, 其优点是减少二极管压降, 晶体管不易损坏与老化, 因而提高了存储器的可靠性。

参 考 文 献

- [1] J. A. Rajachman, Static Magnetic Matrix Memory and Switching Circuits, RCA Review, June 1952.
- [2] 范新蜀, 记忆磁心的矩磁性及其工作电流范围。
- [3] Proc. of the Wescon Computer Sessions, 1954, 8.

磁心存储器的可靠工作范围——对一台容量为 4096 的 磁心存储器可靠范围的讨论

陈经东

摘 要

本文从存储器的物理量的转换过程,找出磁心存储器的主要参数 B_i , c_i , I 的定量,以及对存储器可靠性优越度 Q 的定量。另外本文还介绍了一台容量为 4096 的磁心存储器的可靠工作范围。

一、引 言

随机取数存储器是计算机重要组成部分之一,它的工作能否稳定可靠,将影响计算机的正常运行,近年来随机取数存储器虽然采用了可靠性较高的元件(如铁淦氧磁心等),但人们对它的掌握和运用,以及与这些元件相应的电子线路技术还缺少经验,这就给存储器的可靠稳定带来了一定的影响。本文就作者过去参加研制几台磁心存储器的一些体会,并就最近研制的一台容量为 4096,存储周期 6 微秒,字长 45 位的电流重合法型磁心存储器,来讨论它们的可靠范围。

二、磁心存储器的可靠工作范围及其定量

众所周知,一台存储器在设计中首先考虑的是采用何种元件及其性能,及采用什么存取方法,这二个条件一旦肯定后,影响它可靠稳定的将主要由下列因素决定:

1. 元件的可靠工作范围;
2. 驱动电流的稳定度;
3. 读出放大器的鉴别力。

除上述三种以外,还有工艺结构的质量,环境温度的控制等,这都是重要的问题,必须在设计制造中给予足够的重视。

1. 存取过程的物理量的转换

磁心存储器是利用磁心的二个相对稳定的剩磁状态 (B_r , $-B_r$) 来存储一值信息的。为了存储及取出信息,还必须有控制部件,选择驱动部件,读出鉴别部件等。如果我们从信息传递转换过程的物理现象来描述,则可得到一简单的物理量转换过程。

假设: c_1 , c_0 分别为外加的输入信息 (“1” 或 “0”);

I_{r1} , I_{r0} 分别为 “1” 和 “0” 的驱动电流;

H_{r1} , H_{r0} 分别为磁心表示 “1” 和 “0” 的磁场;

B_{r1} , B_{r0} 分别为磁心表示 “1” 和 “0” 的剩余磁感应;

c_{r1} , c_{r0} 分别为经读放大器鉴别后的 “1”, “0” 信息。

这样，我們可把傳遞轉換的二值信息描述为：

写入“1”， $e_1 \rightarrow I_{s1}$ （或 H_{s1} ） $\rightarrow B_{r1} \rightarrow B_{i1}$ ，讀出“1”；

写入“0”， $e_0 \rightarrow I_{s0}$ （或 H_{s0} ） $\rightarrow B_{r0} \rightarrow e_{r0}$ ，讀出“0”。

这些物理量之間有下列关系：

$$B_r = F(I_s, d);$$

$$e_r = F(B_r, d),$$

式中 d 为随机干扰量，因轉換过程最終是以 e_r 来体现的，故又可用下列函数表示这些物理量的关系：

$$e_r = F(B_r, I_s, d).$$

但上式的关系非常复杂，它們之間不仅有非綫性的关系，而且每一个变量也有着相互影响。这里我們仅用上式說明最后讀出信号考虑了前面一些物理量的变化，而且我們感兴趣的是 e_1, e_0 的可靠性。我們可以采用 $e_r = F(e_1, e_0)$ ，將讀放大器信息看作是 e_1, e_0 的函数，这样，我們就可以从物理量轉換过程得到下面的定量。

2. 存储器可靠范围的定量

(1) 关于 B_r 变化过程中的可靠工作范围及其定量

在二度电流重合法中，磁心及电流的关系应满足下列不等式：

$$I_m > I_c > \frac{1}{2} I_m \quad \text{或} \quad H_m > H_c > \frac{1}{2} H_m \quad (1)$$

也就是說磁心的工作是与驱动电流密切相关的，在一定的 I_s 驱动下，磁心的物理量 B_r 的变化与它的矩磁性， $\alpha = \frac{B_r}{B_m}$ 或 $\beta = \frac{H_m}{1/\alpha - 1}$ ， $K = \frac{H_1}{H_2} = \frac{i_1}{i_2}$ （ H_1, H_2, i_1, i_2 分別如图1所示为磁心矩磁綫上的二个临界点）有关。除此以外，磁心的反轉時間 t ，居里点 $T^\circ\text{C}$ 等也有关系。虽然有許多因素影响 B_r ，但我們可以綜合地用 B_i 来表示。 B_i 定义为在达到一定的 B_r 变化量的情况下，驱动电流 I_s 所允許的变化余量，我們从图1中找出它們的关系式：

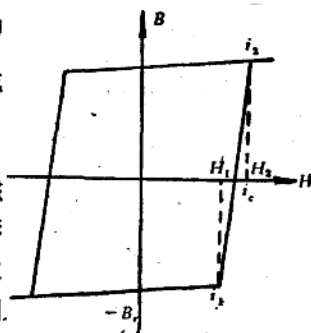


图1 磁滞迴綫。

$$B_i = \frac{1}{2} \left(\frac{i_1}{i_2} - \frac{1}{2} \right) = \frac{2i_1 - i_2}{4i_2} \quad (2)$$

（这里的 i_1, i_2 是指磁心在有脉冲干扰时的电流）

上式是根据满足二度重合法的不等式（1）而建立的，其中 $K = \frac{i_1}{i_2}$ 必須大于 $\frac{1}{2}$ ，而 $1 > B_i > 0$ 。 $K = \frac{1}{2}$ 可认为是这种方法的极限。 $K < \frac{1}{2}$ 則 B_i 为負数，这是不可能成立的。

我們曾用測出 pq 曲綫的方法●，找出元件允許的变化量，結果上面的方法与它非常接近。

(2) I_s 的定量

为了定量 I_s ，我們用 I_n 表示驱动电流的实际变化率，它的定义为：当外界电压及元件

● 范新到著，記憶磁心的矩磁性及其工作电流范围。

参量变化到设计极限时, 驱动电流的变化量, 用百分比来表示 (允许参量的变化值, 由各机器的指标而定)。

(3) e_i 的定量

e_i 的物理量是最终反映的信息, 为了方便起见, 可用放大器鉴别率 e_i 来表示。

设: $e_{0\max}$, $e_{1\min}$ 分别为该放大器所能鉴别的最大“0”信号和最小“1”信号。

$$\text{则} \quad e_i = \frac{e_{0\max}}{e_{1\min}}。$$

e_i 愈大 (即最坏条件下仍可鉴别) 则鉴别力愈高, 可靠范围愈大。这在几台存储器的研制中是有体会的。

(4) 关于 d 的定量

真正的 d 的定量比较困难, 因为它是一个随机量。在这里, 只要 $d \ll e_{1\min}$, d 可以不考虑。在实际工作中, 存储器用自动光点进行动态检查, d 视为一常数。

上述分别说明了儿种元件可靠范围的定量, 为了描述一台存储器的可靠范围, 可以用存储器可靠工作范围优越度 Q 来衡量存储器的可靠范围, 定义:

$$Q = \frac{B_i e_i}{I_n}。$$

这里可以看到, 为了提高存储器的可靠范围, Q 值愈大愈好, 为此, 应选择 B_i 值大的磁心元件, 设计出鉴别率高的放大器 and 稳定度高的驱动部件。从上式中还可看出它们之间也有相互补偿的可能。

下面以最近研制的一台 4096 存储器为例:

$$B_i = 10\%, \quad I_n = 3\%, \quad e_i = 30\%,$$

$$\text{则} \quad Q = \frac{B_i e_i}{I_n} = 1$$

三、一台容量为 4096 的磁心存储器的可靠范围

存储器用我们自己研制的 J-1 型铁淦氧磁心制成, 采用禁止电流重合法。进行过鉴定, 参加了联调和总调, 并通过了内存检查程序。在将近一年的运行中未发现大的问题。从最近统计的故障来看, 平均每日 1~2 个故障 (包括维修时发现的), 故障的性质绝大部分为电子管的衰老。下面对该机的可靠范围作一简单的介绍。

1 J-1 型磁心的可靠范围

(1) J-1 型磁心的尺寸及其参数

尺寸: $1.3 \times 0.9 \times .6$ (外径 $\times$ 内径 $\times$ 高, 毫米)。

静态参数: $B_m = 2550$ 高斯;

$$H_c = 1.87 \text{ 奥斯特};$$

$$\alpha = 0.94;$$

$$\beta = 52。$$

脉冲参数: $I_m = 770$ 毫安;

$$\tau_\phi = 0.3 \sim 0.4 \text{ 微秒};$$

$$e_{0\max} = 20 \text{ 毫伏};$$

$$e_{1\min} = 80 \text{ 毫伏}。$$

开关时间: $\tau \leq 0.9$ 微秒。

抗破坏性能: 在 $0.9H_c$ 破坏场下, 读破坏 1 与读 1 之比为 $K_p = 0.7$;

在 $\frac{1}{2}H_m$ 磁场下, 读破坏 1 与读 1 之比为 $K_p = 0.98$ 。

(2) J-1 型磁心的可靠范围

利用我们自制的多干扰测试台, 求出该磁心的抗干扰性能曲线如图 3 所示。

测试波形:

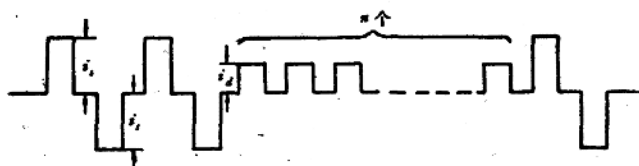


图 2 测试波形

测试条件:

$I_m = 725$ 毫安;

$n = 57$ 个。

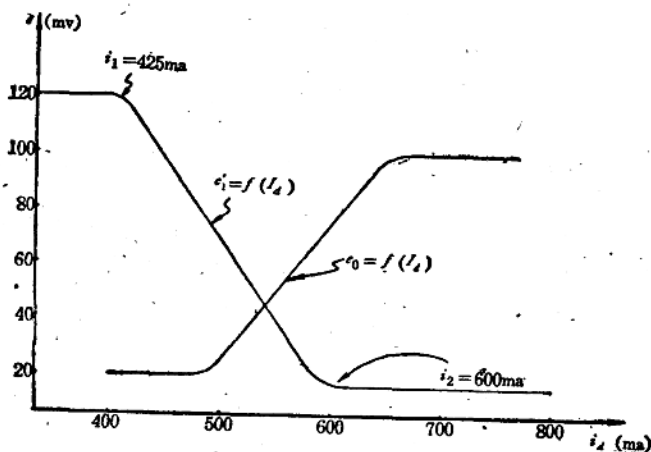


图 3 J-1型磁心抗干扰性能

从图中找到 $i_1 = 425$ 毫安, $i_2 = 600$ 毫安,

由而

$$B_i = \frac{2i_1 - i_2}{4i_2} = \frac{850 - 600}{2400} = \frac{250}{2400} = 0.104 \approx 10\%$$

另外, 参照上述范新野先生的方法, 先求出 pq 工作范围曲线, 而后找出它的 B_i 值, 如图 4 所示。

从曲线上查得:

I_m 为 675~825 毫安;

I_a 为 275~410 毫安。

最佳工作点为:

$I_m = 750$ 毫安;

$I_d = 345$ 毫安。

由此可知

I_m 允许变化 $\pm 10\%$;

I_d 允许变化 $\pm 15\%$ 。

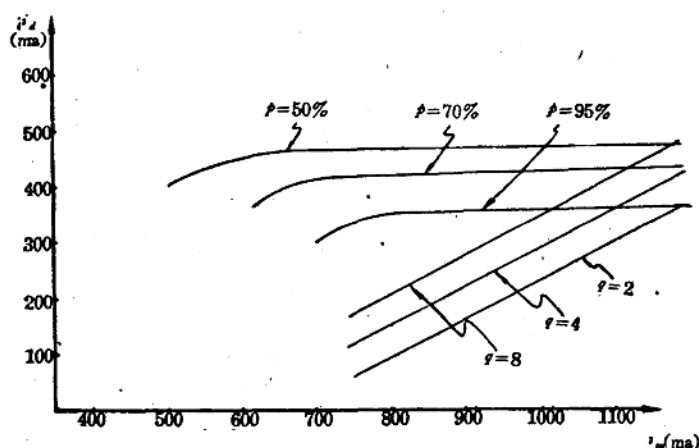


图4 PQ磁心工作范围

2 驱动线路的可靠工作范围

在前节的分析中，得到了元件的允许电流变化范围，这就给出了驱动电路的设计依据，即电流变化范围至少为 10%。除此以外，元件的非一致性和温度的变化均会影响磁心体的工作范围。为此，将驱动线路的稳定度控制在 3% 以内，实现的方法可按机器的条件而定，我们考虑了如下方法：

(1) 电流驱动部件均采用具有负反馈的稳流线路，使其输出电流不受外加电压和负载的影响。

(2) 在选择线路中，尽可能使电子管工作在饱和范围，使其动态特性能保持稳定。

(3) 脉冲部件的传递要有一定的余量，以便在各种组合时及电子管在一定衰老条件下，仍可保证工作。具体设计在此不作介绍。

3 可靠工作范围的测定

存储器是由许多元件和部件组成的，对这台容量为 4096 的存储器而言，就有近 20 万个磁心，128 个驱动电流，45 个禁止电流及 45 个读放大器，这些元件和部件都有它们自己的可靠工作区域。虽然在分别设计时，已考虑了它们的范围，控制在一个区域，但实际上由于不一致性的存在，并不能达到我们的设想。为此在调整中必须把这些分散的不一致的可靠区域统一起来，寻求对全机而言的可靠工作范围。

(1) 决定最佳工作区域的因素

一台磁心存储器的最佳工作条件，一般与下列技术特性有关：

- ① 驱动电流的幅值；
- ② 驱动电流的前沿；
- ③ 驱动电流的对称性；
- ④ 禁止电流的幅值；