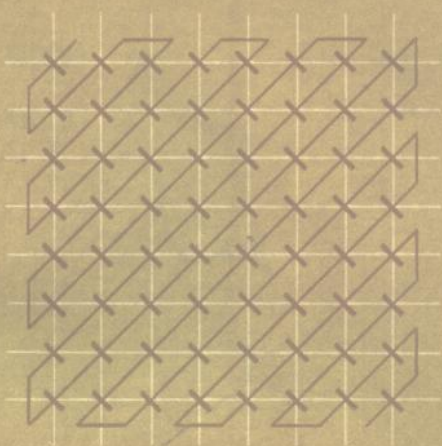




黃玉珩 編著

磁心存貯器

科學出版社

磁 心 存 貯 器

黃 玉 珩 編 著

科 学 出 版 社

1 9 6 4

內 容 簡 介

本书对磁心存储器进行系统的和較全面的介紹。全书共十章。前六章着重地介紹磁心存储器的有关原理,对磁心的物理特性、存储器的各种譯碼方法和存取方法进行了分析和探討。后四章介紹磁心存储器研制中的一些問題,提出設計和研制中的各項原則和注意事項,也提供了一些具体綫路和方案,供設計者参考。

本书可作为数字計算机設計工程师以及研究人員研制磁心存储器的参考,也可作为高等院校有关专业的教学参考。

磁 心 存 貯 器

黄 玉 珩 編 著

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝陽門大街 117 号

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

*

1964 年 7 月第 一 版 开本: 850×1163 1/32

1964 年 7 月第一次印刷 印张: 9 1/16

稿: 1—2,050 插頁: 3

平: 1—1,950 字数: 238,000

統一书号: 15031·147

本社书号: 2958·15

定价: [科七] 精装本 2.10 元
平装本 1.60 元

序 言

本书主要部分是在 1958 年到 1960 年期间根据作者的一些讲稿编写成的，而于 1962 年夏又进行了一次整理，补充了最近两年来有关磁心存贮器一些重要发展方面的资料。其中也包含了作者在这方面的一些心得和体会。

写作本书的目的原来有二：一方面希望它能供高等院校有关专业作教学参考，以解决目前教材不足的困难；另一方面又希望它能够对数字计算机的研制单位有所帮助，作为研究和设计的参考书。因此本书在取材上是理论与实际并重的，既注意到全面而有系统，也注意到设计和生产中的一些实际问题。但由于作者的学识不足，实际经验不多，因此所有这些只是作者的努力目标而已。

为了使本书具有较好的系统性，本书是按原理来分章节的，这样就给系统地对一些典型的磁心存贮器进行全面描述带来困难。但是对一些主要的机器，如 БЭСМ、M-2、IBM-738、IBM-7302、MOBIDIC、TX-2、Maniac-III 等电子计算机的磁心存贮器的特点，都分别列入有关的章节中。

本书正文计十章，大体上可分成两部分。前六章是第一部分，它是基础部分。第一章绪论，简单地给读者提供了存贮器的作用和发展过程，以及一些有关存贮器的基本概念；第二章从工程技术观点介绍有关的磁心的物理特性；第三章到第六章是存贮器的译码方法和存取方法，它着重地讨论两个中心问题，这就是信息是怎样写入和读出的，以及如何按地址来进行操作。后四章可看作本书的第二部分，它介绍磁心存贮器在设计中应注意的一些问题，内容包括方案选择、插件线路的设计、逻辑框图的设计以及磁心板中的干扰问题等等。在第七章方案探讨中，除了重点地就一般常用的禁止脉冲法和线选择法通过举例的方式进行较全面的讨论

外，还特地对顺序取数并行存貯器和随机取数串行存貯器提出一些方案，这些方案估计对于专用机是很有用途的；此外又对多组重合法进行了介绍，但这里只是为了提出一个方向而已，推广是不够成熟的。第八章线路设计实际上就是存貯器的框图设计，它介绍了存貯器中的组成部分和设计线路时应注意的问题并提出具体的例子。第九章则进一步提出各个具体线路——非标准插件——设计中应注意的一些问题。最后一章讨论磁心体中的干扰问题，以提供磁心体设计中应考虑的一些因素。第二部分介绍的实际线路较多，这里值得指出的是由于元件和工艺水平的不断发展，作者的实际经验有限，以及与读者所处的条件可能有所不同，所以如果使用本书作为研制磁心存貯器的参考时，就必须结合具体情况来加以分析。譬如某些地方提出采用某些晶体管和电子管比较合适，而实际上远比这些器件为优的正在陆续出现，显然，一定时期后再以此为优选就不合适了。

为了避免影响了本书的系统性或者是使它过于冗繁，将研制磁心存貯器应注意的一部分比较具体问题，如研制工作应当分为哪几个过程，每个过程中应注意什么问题等等以附录的形式提出，供读者们参考。

本书如作为有关高等院校的教材时，应偏重于第一部分，但对于研究和设计工作者来说，第二部分也是不应忽视的。阅读本书的第一部分一般只需要具备一定的物理和电工基础；阅读本书的第二部分时则应具有一定的电子线路和脉冲技术知识。

应当说明，本书中不仅有作者本人的心得和体会，实际上也包含着几年来一些有关同志的工作，特别是一些参加具体实验和研究的青年同志的工作。作者对这些共同工作过的同志，谨致以衷心的感谢。

本书大部分内容是作者所进行过的讲授和讨论材料，但也有些是初次提出的。考虑到作者学识有限，难免有错误和不妥之处，希望读者和专家们多提意见，以便改进。

作者 1962年10月

目 录

序言	vii
第一章 緒論	1
§ 1.1. 存貯器的功能和对存貯器的要求	1
§ 1.2. 存貯器的主要部分和它們的作用	2
§ 1.3. 用作存貯单元的一些物理状态	3
§ 1.4. 存貯器的发展过程	5
§ 1.5. 存貯器的主要参数	7
§ 1.6. 磁心存貯器的工作原理	10
参考文献	13
第二章 磁心的物理特性	14
§ 2.1. 緒言	14
§ 2.2. 静态特性	15
§ 2.3. 翻轉磁化時間	21
§ 2.4. 磁心的脉冲測試	26
§ 2.5. 磁心性能的稳定性	29
§ 2.6. 識別信息的方法	33
§ 2.7. 磁性材料	35
§ 2.8. 磁心綫路的近似分析	45
参考文献	53
第三章 譯碼方法——电压譯碼	55
§ 3.1. 緒言	55
§ 3.2. 几种最简单的譯碼方法	60
§ 3.3. 二极管譯碼器	63
§ 3.4. 五极管譯碼器	68
§ 3.5. 晶体三极管譯碼器	69
参考文献	70

第四章 譯碼方法——電流譯碼	71
§ 4.1. 緒言	71
§ 4.2. 矩磁性磁心矩陣譯碼	72
§ 4.3. 矩磁性磁心二進碼式譯碼	82
§ 4.4. 用磁心-二極管作電流引導的原理	84
§ 4.5. 磁心-二極管電流引導在譯碼器中的應用	90
§ 4.6. 用二極管作電流引導	95
§ 4.7. 雙磁心開關譯碼器	101
§ 4.8. 均分負載磁心開關	105
参考文献	109
第五章 存取方法——面選擇法	110
§ 5.1. 緒言	110
§ 5.2. 基本存取方式	111
§ 5.3. 讀“1”讀“0”信號比的分析	118
§ 5.4. 抗破壞性的分析	125
参考文献	129
第六章 存取方法——綫選擇法	132
§ 6.1. 基本存取方法	132
§ 6.2. 抗破壞性的分析	138
§ 6.3. 選數電流的產生	143
§ 6.4. 部分翻轉的應用	147
§ 6.5. 寫干擾問題	149
参考文献	151
第七章 方案探討	153
§ 7.1. 緒言	153
§ 7.2. 方案選擇的一般考慮	153
§ 7.3. 禁止脈沖法	158
§ 7.4. 綫選擇法	163
§ 7.5. 順序取數的并行存貯器	165
§ 7.6. 隨機取數串行存貯器	168
§ 7.7. 多組重合法	169

参考文献	172
第八章 綫路設計	173
§ 8.1. 緒言	173
§ 8.2. 基本組成部分	175
§ 8.3. 連接綫路	180
§ 8.4. 檢查綫路	181
§ 8.5. 框图举例	187
参考文献	191
第九章 非标准插件	192
§ 9.1. 緒言	192
§ 9.2. 讀出放大器	204
§ 9.3. 电子管电流推动器	214
§ 9.4. 晶体管电流推动器	222
参考文献	229
第十章 磁心体中的干扰問題	232
§ 10.1. 緒言	232
§ 10.2. 磁心体中信号延迟和衰减問題	233
§ 10.3. 通过半选磁心在讀出綫上所引起的干扰	236
§ 10.4. 选择綫上的信号在讀出綫上所引起的干扰	239
§ 10.5. 禁止脉冲在讀出綫上所引起的干扰	242
§ 10.6. 禁止脉冲在选择綫和禁止綫上所引起的感应电流	243
§ 10.7. 被选的选择綫上的电流对相邻选择綫的感应	246
§ 10.8. 选择綫上負載的分析	246
§ 10.9. 快速大容量磁心体的实例	248
参考文献	251
附录 磁心存貯器研制中的一些問題	252

第一章 緒 論

§ 1.1. 存貯器的功能和对存貯器的要求

电子计算机能够快速地进行运算操作，主要地是由于它能够迅速地把外部輸入的数据和指令以及計算的中間結果記存在机器的內部以供使用。存貯器就是这些数据和指令的記憶系統。

記憶系統的功能和人体中大脑的功能有某些相似之处：凭着大脑記住数据和法則（如加法表、乘法表等），人們能够完成一些演算。大脑記住的数据愈多則算得愈快，解決問題也愈容易。但是大脑的記憶是有一定限量的，如果算題时所需記憶数据的数量超过大脑的容量，这时人們可以将它記在紙上，因此紙張也可看作是一个輔助的記憶裝置，不过它的功能与前者是有所区别的。在这种情况下，我們可把大脑叫做內存貯器，紙張叫做外存貯器。

电子计算机和人体有些类似。它除了有一个与计算机直接打交道的內存貯器外，往往还有一个容量比較大的外存貯器，以部分地弥补內存貯器容量不够而带来的一些限制。显然，無論是內存貯器或外存貯器，如果它們所能記憶的数据愈多，也就是容量愈大，則计算机的本領也愈大。实际上存貯器的容量是受有一定的限制的，而且內存貯器的容量比外存貯器受到更多的限制。

存貯器不仅要求記得多，还希望它反应快，記得牢，也就是可靠。大脑記得太多，則往往回忆起来就比較慢，或者記得不牢靠。这和存貯器頗类似。我們要求存貯器的容量大（多），数据存入和取出所需的時間短（快），以及工作可靠（好）。此外，还要考慮到制造成本低和維護簡易等問題（省）。但是，它們之間是互有矛盾的。存貯器的容量大了，体积和消耗功率也将加大，干扰增加，焊点增多，出現故障的机会也随之增多，因此可靠性会下降，同时成本也

增加。但这也不是绝对的,最根本的问题是如何根据具体情况用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。因此不能一味地追求各项高指标,而应考虑到算题的实际需要以及全机各部分互相适应。

但是,无论如何,采用革命的方法——使用新的技术:新的元件、新的线路和新的工艺来不断地提高存储器的多快好省四大指标一直是科学家和设计者努力的方向。

值得指出的是:存储器不仅用于计算技术中,且也用在一些仪器设备中,譬如数据的记录统计和分析,此外也可在一些通讯设备中,作信息和缓冲寄存器或者信息转换部件。

本书虽是针对计算机的内存存储器进行阐述,但对存储器在其他方面的应用仍然适用。

§ 1.2. 存储器的主要部分和它们的作用

电子计算机中的存储器在接收到由控制器来的读出或写入操作信号后,根据操作的指令对计算机的外部设备或运算控制器按照指令中给出的地址接收或发出信息。要完成这个功能,存储器应有下列几个主要组成部分:即存储单元集合体(在磁心存储器中

表 1.1

部 分 名 称	作 用
存储单元集合体	记忆信息
地址寄存器	接收并存放指令中的地址码部分
推动线路	产生作用于存储单元的推动信号,以进行写入或读出操作
译码器	用来使推动信号仅仅作用于与地址寄存器中所存放的那个地址码相应的存储单元中
读出线路	放大来自存储单元集合体的读出信号
控制线路	从控制器接受“写”、“读”以及“清除”等操作信号,并对其他部分发出相应的信号以完成这些操作
写入线路	将信息写入到存储单元

也就是一般所称的磁心体)、地址寄存器、译码器、推动线路、读出线路、写入线路以及控制线路等等。它们的作用如表 1.1 所示。

图 1.1 表明一般存储器的内部组成以及与计算机其他部分之间的关系。其中虚线表示存储器内部的控制信号的传送路线,实线表示数码和地址码的传送路线。图中用来寄存写入或读出的数码的寄存器有时可以省略。

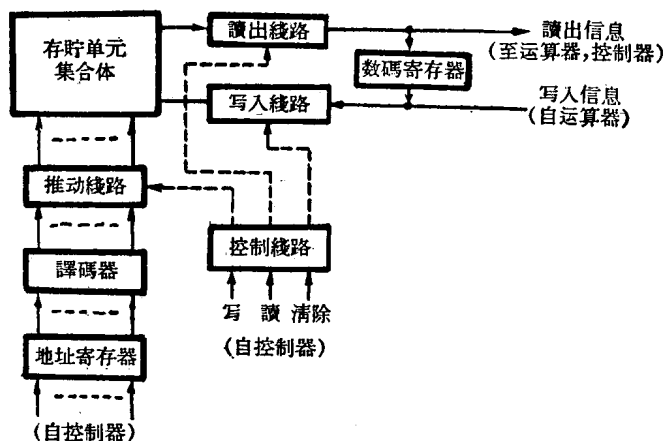


图 1.1. 存储器的主要组成部分

这些组成部分中除了一部分采用了标准的逻辑线路,另外还有一些特殊线路,如读出放大器,电流推动器等等。这些特殊线路往往具有较高的要求,而是存储器设计中一个比较困难的问题。因此,在比较各种存储方式时,不仅要考虑到它的存储单元的性质,并且还要比较这些线路的复杂性。

§ 1.3. 用作存储单元的一些物理状态

在数字计算机中,信息通常是以二进制的数字来表示的,即每一位数码只有“0”和“1”两种状态。它可以很容易地以两种迥然不同的物理状态来表示。下面就是曾经或者有可能被采用作为存储器的一些物理状态。

1) 机械或机电式——如用继电器的通和断、穿孔纸带和穿孔

卡片的孔的存在与否来記存信息，显然一般机械的物理状态动作不能很快，所以現在很少被采用。穿孔紙帶和穿孔卡片由于孔不能“擦”去重写，因而也不能作为内部記憶系統，它只能用在电子計算机的外部設備中存貯永久的信息。

2) 电——它包括着一般电子管、氛灯、晶体管、隧道二极管、电子束管等等电子元件以及电容、鉄电体和超导体等，而由电位的高低，电路的通断以及电場的极性等方式来表示信息。一般电子元件可以用作快速存貯，但是或者由于元件容易衰老，可靠性較差，或者由于成本較高，所以受到限制。电子束管存貯器曾一度得到广泛发展，成为快速通用电子計算机中一种常用的存貯方式，鉄电存貯器和超导体存貯器則在研究和試用阶段。

3) 磁——它的应用方法很多，其中最常用的方式是利用磁性材料剩磁的两种不同极性来表示“0”和“1”两个状态。磁性材料可涂在轉动物体的表面上，如磁鼓、磁帶、磁盘等，也可作成环状而叫它磁心。前者一般用作外存貯器或中間存貯器，后者用作内存貯器。磁心存貯器是目前快速电子計算机采用最多的一种，过去采用电子束管作内存貯器的电子計算机中已有不少改用了磁心存貯器。

近几年来，又出現了不少新的磁性元件，其中包括多孔磁心、磁膜、磁扭綫、磁杆、变感元件等等，它們有的具有着一些比磁心更优越的特点和发展前途，只是目前还多半处于实验或試用阶段。

4) 声——利用超声波脉冲的“有”“无”也可用来存貯信息，如利用超声波在媒質中传播的延迟原理設計的超声波延迟綫存貯器就是串行电子計算机中一种常用的方式。采用的媒質一般是汞和鎳等，目前所采用的多是鎳延迟綫。

其他如光（如光电效应、磷轉子）、热（如在极低温下金属的超导电性）以及核子物理（如氫核子的自旋回波效应）等的一些物理現象也可用作存貯信息的元件。

用作存貯器的物理状态很多，但是它們的性質各有不同。象电子束管存貯器是靠荧光幕表面充电后电位变化来存貯信息，經

过一段时间后,由于漏电等原因信息将会消失,因而必須在它完全消失前根据所存的信息再行重写。这种重写又叫再生。另一些物理状态如电子管触发器的电位等,它虽不須再生,但一旦电源发生故障而被切断,电子管触发器就失去作用,以致使信息消失,因而它是易失性的。还有一些物理状态如剩磁的极性,电源即便切断,所存信息仍不受影响,因之它是非易失性的。显然,这种方式具有一些优点。至于穿孔紙带和穿孔卡片虽然信息可以永久存貯,但不能擦去重写,因此也不适宜用于内存貯器。

再生有两种情况,一种情况不再生信息就会自然消失,如延迟綫存貯器,二极管-电容存貯器,电子束管存貯器等,因此須要經常再生。另一种情况是不取信息时不消失,但一旦取这信息,这信息就被破坏而必須按所讀出信息的状态进行重写,磁心存貯器一般都属于这种情况。

由于讀出之后須要重写,不仅使存貯器的工作周期增大,并且也使綫路复杂些,因此对于存貯器的不破坏讀出的方案也是值得关心的一个問題,近来在这方面也做了不少研究,得到不少成果。其中有些方案已被采用于机器中。

§ 1.4. 存貯器的发展过程

在计算机发展的初期,也就是在 1945 年的前后,曾用继电器(如 MK-2 计算机)作存貯单元。当然,这种存貯器的动作是极慢的, MK-2 计算机的一次加法操作就要 200 毫秒;也有用电子管触发器来作存貯单元的,如 ENIAC 电子计算机,这种存貯器的操作速度可以大大提高,差不多比继电器快几百倍以上。但是,每一个二进碼要一个或两个电子管,这是极不經濟的,功率和体积都很大。1949 年开始采用汞声延迟綫作存貯器(如 EDVAC、EDSAC 等电子计算机),这样可以节省很多电子管,可靠性也提高了。在同一时期,电子束管存貯器也得到了广泛地发展和应用,它使计算机性能得到一个很大的跃进,采用电子束管作内存貯器的有旋风一式(WWI)、苏联的 БЭСМ 等电子计算机。改用了电子束管存

貯器后,存貯器的存取時間縮短到 10 微秒左右。电子束管存貯器和汞声延迟綫存貯器特別是前者,在这段時間是主要的存貯方式,汞声延迟綫多用于串行机中。

到了 1952 年由于对具有矩形磁滯迴綫的鉄氧体磁心的研究获得成功,出現了磁心存貯器采用矩磁性磁心的存貯器在存取速度上和容量上与电子束管相仿,甚或过之。但在可靠性方面则远远地超过电子束管存貯器。这样,就使磁心存貯器逐渐代替了电子束管存貯器,而成为一种主要存貯方式。象苏联 БЭСМ-1 和美国的旋风一式(WWI)等电子计算机都是先采用电子束管存貯器,后来又改为磁心存貯器的,从电子束管存貯器改为磁心存貯器后,计算机可靠性得到很大提高,这种状况直到今天还未改变,并且在容量和存取速度上得到大大提高。

在一些串行的电子计算机中則仍多用汞声延迟綫作存貯器,由于固态的鎳綫具有輕巧可靠等优点,它逐步代替了液态的汞延迟綫,如 PB-250、Perseus、Pegasus 等电子计算机都是用鎳綫来作存貯器的。除此以外,在一些慢速的电子计算机中則有用外部設備的中間存貯器如磁鼓、磁盘等来作內存貯器,它有机件簡單而經濟的实惠,象一些比較典型的小型电子计算机如 LGP-30、УРАЛ-1 等就是用磁鼓来作內存貯器的。

在一些容量要求不大的存貯器中,也有采用二极管-电容来作存貯器的,如 SEAC、Emidec 2400 等电子计算机。

虽然目前用磁心作存貯单元是最好的和最广泛的一种存貯方式,但是它仍有不少缺点,譬如对温度比較敏感,磁心的耐振性較差,磁心挑选和磁心板穿綫等工艺非常复杂,消耗功率也較大,綫路也很复杂,从而使它的成本也較高。此外由于需要的功率較大,采用晶体管作推动綫路比較困难。所有这些都給磁心存貯器带来了很多限制。

随着科学的发展,对计算机的要求也日益严格。因此,对存貯器的要求也随着增加和提高。譬如現有计算机的存貯容量、存取速度以及体积、可靠性等方面就不能滿足解决核子物理、天文和国

防上的一些复杂问题的需要。象自动翻译机、逻辑机等就是由于存储容量和存取速度的限制而使功能受到影响。目前,一方面在现有的存储方式中从元件的性能以及它的线路方面来研究改进,一方面也在探索新的元件和新的技术。譬如从磁性材料着手研制翻转较快的磁心,将磁心制成特殊形状使它完成不破坏读出,或者使磁心在较大的推动电流下工作,此外在工艺上,提出对磁心的自动挑选以及磁心板的自动穿线等等问题,所有这些都已获得一些成果。在新的存储元件方面,如磁膜、磁扭线、多孔磁心、变感元件、冷致管等等也已陆续出现。用隧道二极管作存储单元的存储器在容量不大的情况下也已实现。估计随着计算机其他部件相应的发展,不久的将来还会有更大的变革。

§ 1.5. 存储器的主要参数

计算机的种类很多,因之对存储器的要求也各有不同。但是能够依地址进行存储、读取和擦去信息,并且能长期保存信息乃是一般内存存储器的起码要求。

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

1) 存储器容量——它一般指每一个存储器所能记住的字的个数。但随着字长的不同,计算机的本领和存储器所需的设备等等都不同,因此在说明存储器容量时,还应将字长列入,也就是说还要看它所能存储的二进制总数。在目前生产出来的电子计算机中,除了一些特殊应用的存储器以外,存储器的容量一般多为 1024 或 4096 个数,而以 4096 个数最多。最大的存储容量为 TX-2 电子计算机的 S 型存储器,它的容量为 65,536 个地址,字长 37 位,也就是有二百多万个二进制,它是 1957 年完成的。后来所研制的电子计算机,则多半采用增加计算机的存储器数量的方式来扩大存储器的容量,象 LARC, MOBIDIC 等机器都是这样的。

2) 存取周期——它指的是存取一个数所需的全部时间,也就是存储器在连续存取两个数时所容许的最短的时间间隔。目前一

般磁心存貯器的存取周期,中速的約10—20微秒,快速的約3—10微秒,更快的存取速度,譬如存取周期小于1微秒也是可能的。从已发表的文献中来看,已研制出的最快的磁心存貯器的存取周期为0.7微秒,存貯容量为1024个数72位。但估計存取周期更短的存貯器可能还有。

3) 讀数時間——它是指地址碼和启动指令到来一直到数碼讀出来所須的时间。如果这个时间短,参加运算操作也就能够早一些。这時間除了决定于存貯单元的两个状态的轉換速度外,还取决于地址碼发送和譯碼時間。

4) 电子管、晶体管的数量——它一方面代表着器材的节省与否,另一方面在某种程度上还可代表着机器的可靠性。尤其是电子管,它是可靠性甚差的元件。因此,在电子管的磁心存貯器中,有人以所用电子管的数量来表示可靠性,而用下列系数来表示存貯器的設計質量

$$M = \frac{\text{存貯数碼(二进碼)}}{\text{存取周期} \times \text{电子管数}}$$

应当指出,用这关系式来表示存貯器的設計質量并不是很恰当的,而只能作为参考,因为某些计算机可能以存取速度为主,而另一些计算机却以存貯数碼为主,由于减少电子管的数量而使电子管負荷大大增加,也会使可靠性降低。

5) 符合經濟原則,也就是說它的制造容易,成本低廉,同时也要求維護、檢驗簡易,消耗功率少,在某些特殊的专用电子计算机中还应考虑減輕重量,縮小体积等等。

除了以上几点外,可靠性和灵活性也是一个重要問題。这里包括着零件的寿命,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。一般大型机器装于室内者可以加以良好的通风系統,这样对存貯器的要求就可相对的低些。但是对一些軍用的计算机則必須考虑这些問題。象装于汽車上的MOBIDIC 电子计算机,它的磁心存貯器温度范围从-30℃到+55℃仍能工作。

表 1.2

电子计算机 (或存貯器) 名 称	存 貯 容 量		存取 周期 (微秒)	记忆磁心 半速电流, 翻轉時間		存取方法	电 流 譯 碼 方 式	电 子 器 件	消耗 功率 (千瓦)	完成 日期	备 考
	字数	长 (二进制)		(毫安)	(微秒)						
施风一式(WWVI)	1024	17	8	420	1.0	禁止脉冲法	直接推动	电子管		1953	
Johnniac	4096	40	15	475		写脉冲 錯开的重合法	矩磁性磁心矩陣	电子管	15	1955	
M-2	4096	36	30	160		禁止脉冲法	二极管引导	电子管 526 只	5	1957	电子管和消耗功率不包括电源和灯丝
BECM-II	2048	39	10	420	1.2	綫選擇法	矩磁性磁心矩陣	电子管 1085 只	3.5	1957	同 上
Leprechuan	1024	18	20	170		禁止脉冲法	矩磁性 磁心二进制开关	晶体管 160 只	0.05	1956	晶体管和功率不包括地址寄存器标准件
S-1000	4096	38	20	175	4.5	禁止脉冲法	直接推动	晶体管 1200 只	0.30	1957	
IBM-738	32768	36	12	400		禁止脉冲法	矩磁性磁心矩陣	晶体管		1957	电流推动器用电子管
TX-2(S)	65536	37	6.5	420	1.2	禁止脉冲法	矩磁性磁心矩陣	电子管 604 只 晶体管 1406 只		1957	电流推动器用电子管
MOBIDIC	4096	38	8	250		禁止脉冲法	矩磁性磁心矩陣	晶体管		1959	
Maniac-III	4096	108	3			綫選擇法	二极管引导	晶体管		1960	
IBM-7302	16384	72	2.18	580	0.4	禁止脉冲法	均分负载开关	晶体管		1960	
—	1024	72	0.7			綫選擇法	均分负载开关 和二极管引导	晶体管		1961	美国国际商业机器公司研制

* 完成日期系根据发表文献日期估计,因此与实际情况可能有出入。