

微处理机 问答

阿里克·乌德 著
孙霞汉 译

47

中国铁道出版社

内 容 简 介

本书是一本科技普及读物，它用通俗的语言以问答的形式概述了微处理机的组成与工作原理。本书以“典型”的微处理机为例，对微处理机及微型计算机中数据传递、控制方法和程序的执行过程作了系统介绍。本书可以帮助读者掌握微处理机的基本知识和使用方法。

本书可供初学微处理机的读者学习参考。

Microprocessors:

Your questions answered

Alec Wood

Butterworths & Co. (Publishers)

Ltd, 1982

微 处 理 机 问 答

阿里克·乌德 著

孙霄汉 译

英国巴特渥斯出版公司

1982年

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张: 5.5 字数: 119 千

1985年4月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—35,000 册 定价: 0.75 元

目 录

1. 什么是微处理机? 它为什么这样重要? 1
 2. 微处理机为什么这样便宜? 2
 3. 一个硅片上能容纳多少个元件? 3
 4. 大规模集成电路究竟是什么东西? 3
 5. 什么是DTL、TTL、NMOS、PMOS
和CMOS? 3
 6. MOS 场 效应管是怎样用于集成电路的? 6
 7. 为什么MOS场效应管集成电路可以比
TTL 集成电路作得更小? 7
 8. 怎样完成开关作用? 8
 9. 常见的微处理机有哪些种型号? 13
 10. 除微处理机本身之外, 要组成一个微型
计算机还需要什么别的东西? 14
 11. 什么是微处理机的外围设备和接口? 15
 12. 什么是总线? 15
 13. 时钟的作用是什么? 15
 14. 信号是怎样被送到微型计算机各个部分的? 16
 15. 什么是硬件和软件? 16
 16. 微型计算机中使用的存贮器有哪些种类? 16
 17. 除存贮器外, 微型计算机还有哪些硬件? 18
 18. 一台典型的微型计算机系统硬件都
包括哪些部分? 19
 19. 软件是什么样子? 20
-

20. 为什么硬件需要用机器代码写的指令?	23
21. 为什么不用二进制码来编制程序?	25
22. 为什么要采用十六进制?	25
23. 十六进制数看来很复杂, 它究竟有什么好处?	26
24. 怎样用十六进制代码编写程序?	27
25. 为什么要使用汇编程序?	33
26. 为什么要使用高级语言?	34
27. 用心算 7 加 13 不是比用微型计算机更快些吗?	35
28. 微型计算机是由许多开关组成的, 那么, 它怎么会完成算术运算、逻辑运算、比较 和决策运算呢?	35
29. 什么是“非”门?	35
30. 什么是“与”门?	37
31. 什么是“或”门?	39
32. 什么是“与非”门?	39
33. 什么是“或非”门?	42
34. 有这么多的逻辑操作, 都把人搞糊涂了, 能不能再简化一些呢?	43
35. 怎样识别一个门电路的逻辑功能?	44
36. 微处理机中的开关都是一些晶体管, 那么, 真正的逻辑门是怎样构成的呢?	45
37. 门电路有什么用处?	47
38. 微处理机是怎样完成算术运算的呢?	49
39. 真值表可以用一个门电路的 组合来实现吗?	52
40. 什么是全加器?	54
41. 怎样完成八位数的算术运算?	55
42. 什么是带进位加法指令和简单加法指令?	56

43. 先行加法器是什么意思?	56
44. 怎样进行十六位数的算术运算?	57
45. 怎样作减法?	58
46. 什么是符号位?	61
47. 怎样作乘法和除法?	63
48. 组合逻辑和时序逻辑是什么意思?	63
49. 什么是寄存器?	63
50. 寄存器是怎样构成的?	63
51. 什么是双稳触发器?	
当它翻转时能完成什么功能?	64
52. 怎样贮存二进制数?	66
53. 数是怎样向寄存器内输入和	
由寄存器中取出的?	67
54. 怎样用基本反相器开关构成双稳触发器?	69
55. 怎样改变寄存器内部双稳触发器之间的联系,	
使它们既能串行输入与读出, 也能并行输入与	
读出?	71
56. 累加器也具有向左或向右移位的功能吗?	75
57. 累加器和运算器之间是怎样连接的?	75
58. 怎样用运算器来完成乘法和除法运算?	81
59. 什么是浮点运算?	
它怎样处理较大和较小的数?	85
60. 多精度运算和单精度运算是什么意思?	85
61. 存贮器是如何工作的?	
位结构和字结构是什么意思?	86
62. 芯片启动信号是怎样获得的?	90
63. 每一个存贮器单元的数据输入线	
和数据输出线是怎样连接的?	94

64. 存贮器片是如何连接至数据总线的?	94
65. 怎样实现三值逻辑?	94
66. 地址译码器是怎样工作的?	96
67. 静态、动态及易失存贮器是什么意思?	97
68. 只读存贮器是怎样构成的?	100
69. 后备存贮器的用处是什么?	104
70. 什么是磁泡存贮器?	105
71. 页面寻址是什么意思?	106
72. 什么是存贮器映象?	107
73. 存贮器变换是什么意思?	107
74. 寻址方式是什么意思?	107
75. 常用的寻址方式有哪些?	108
76. 什么是控制信号?	110
77. 微处理机的哪些部件是用来产生控制信号 和控制数据移动的?	111
78. 中断是什么意思?	115
79. 什么是时钟?	117
80. 时钟是怎样控制微处理机的?	119
81. 二相时钟是什么意思?	124
82. 还有哪些控制电路?	125
83. 微型计算机是怎样输入和显示数据的?	127
84. 微处理机怎样和外围设备对话?	131
85. 在微处理机中指令是如何在程序中实现转移的? ..	134
86. 怎样着手编写一个复杂的程序?	134
87. 怎样将流程图变为程序?	136
88. 怎样将汇编语言转变为十六进制代码?	143
89. 程序在微处理机中是怎样被执行的?	145
附录 名词解释	

1. 什么是微处理机？它为什么这样重要？

答：微处理机是微型计算机的心脏，它是作为单独的电子部件生产的。微处理机的出现，使计算机的应用从来没有象现在这样广泛。

微处理机是它所控制的环境中的一部分，而不是象原先的计算机主机或后来的小型计算机那样独立于它们控制的环境之外。目前，专用的微处理机（即只能按照制造厂家已经设计好的程序去完成某一种工作的微处理机）已经使用于家庭的电视游戏机、玩具、电话计价器和其它家用电器中。很快，它们还将被用于许多家庭的洗衣机、电视机、音响设备、取暖和报警系统中。将来，在任何需要控制的场合，为了改善设备性能或节省人力、物力，都将广泛地采用微处理机。

最新式的电视游戏机配备着含有不同指令的存储器模块，利用这些模块可以拼成不同的程序，有的甚至可以由用户（即使用者）自己编制程序。

然而，深受人们欢迎的用户编程式微处理机，要算个人计算机了。现在，个人已经有可能购买和使用一台既紧凑又便宜的个人计算机了。

这一切之所以能够实现，是因为半导体技术的飞快发展，使得极其复杂的电子电路能集合在一个很小的面积上，且成本低、功耗小。这种被集合的半导体电子电路，叫作集成电路。集成电路最初用在电子计算器里，后来又用在数字式电子手表里，现已用于微型计算机中。

最初发明半导体的时候，它们仅被封装成分立的晶体管、二极管等，见图 1（a）。直至1958年，发明了集成电路（IC）。集成电路是一个完整的电子电路，除了包含晶体管外，还可能包含二极管、电阻器、电容器，它们全部被制

作在一小块硅片（硅片的面积一般不到十分之一平方英寸）上，见图 1（b）。

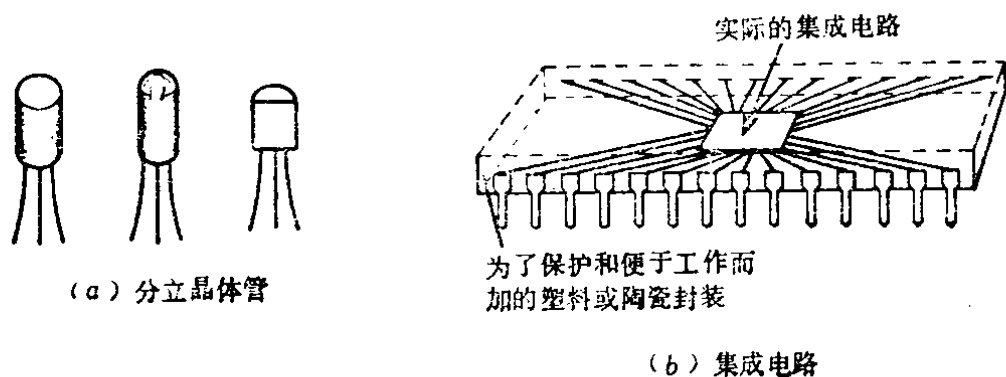


图 1 分立晶体管和集成电路示意图

与分立元件相比，集成电路的优点是：体积小、成本低、可靠性高。如果没有这种小型化，个人计算机是不可能实现的。因为小型化不仅减小了计算机的体积、节省了机壳、配线、占地方面的费用，而且由于电路路径短，降低了功耗、缩短了电信号的传输距离、提高了运算速度。这些优点同时也简化了计算机对各部分的控制。

一台微型计算机除了包含微处理机芯片之外，还有若干个其它用途的片子，如存贮器、输入/输出控制等。

2. 微处理机为什么这样便宜？

答：集成电路使成本降低的原因不仅仅是因为它们的体积小，主要原因还在于电路本身的生产过程。集成电路生产过程的特点是电路一经设计出来，生产设备一旦建成之后，那么，在同样大小的硅片上，制造含有十个有源元件的电路和制造含有一万个有源元件的电路，其生产成本没有什么差别。这是为什么呢？因为制造这两种电路所需要的工序大体相同，所以生产成本也大致相等。这就是说，我们现在买一块微型计算机的心脏（微处理机芯片）所用的钱，与当初买一只晶体管差不多。

3. 一个硅片上能容纳多少个元件？

答：起初，人们只能制造含有最多不超过十个有源元件的集成电路。这种集成电路叫作小规模集成电路（SSI）。后来发展到能生产容纳一百个有源元件的集成电路。这种集成电路叫作中规模集成电路（MSI）。现在一个集成电路中所能容纳的元件已远远超过了这个数目。凡是超过一百个有源元件的芯片都叫作大规模集成电路（LSI）。

事实上，现在我们已经能够在四分之一平方英寸的芯片上制造三万个有源元件，并且可望在1985年制成容有一百万个有源元件的芯片。我们有时把含有数千有源元件的集成电路称作超大规模集成电路（VLSI）。设想，在五十年代，一台典型的计算机是由4000个电子管构成，而且平均每周还必须更换掉40个管子，那么，您就会相信，我们这种期望并不是幻想，而是完全可以实现的。我们过去认为一台计算机的成本与其功能的平方成正比，但是，自从微型计算机问世以来，这个规律已被打破。今天，一台价值不到1000英镑的个人计算机，其功能比几年前价值数十万英镑的计算机还要强。

4. 大规模集成电路究竟是什么东西？

答：大规模集成电路是制作在一个封装里的完整的电子电路。它有两种基本类型：一类起放大作用，用于音响设备和其它线性电路；另一类起开关作用，用于微处理机和其它数字电路。数字式集成电路中用到的元件有：开关元件（晶体管）、限制电流流动的元件（电阻器）、贮存电荷的元件（电容器）和允许电流只向一个方向流动的元件（二极管）。

5. 什么是DTL、TTL、NMOS、PMOS和CMOS？

答：最早的数字式集成电路是以二极管和晶体管为主要元件，叫作二极管-晶体管逻辑（DTL）集成电路。后来使用一种特别的晶体管代替了二极管，这种电路叫作晶体管-晶

体管逻辑 (TTL) 集成电路。单块微处理机芯片的出现, 是由于引用金属氧化物半导体场效应管 (MOSFET) 所带来的超小型化。金属氧化物半导体场效应管 (简称 MOS 场效应管) 是一种特殊型式的场效应管 (FET), 它的工作原理与用在 TTL 集成电路中的传统的晶体管不同, 并且它的工作原理比传统的双极型晶体管更容易掌握。MOS 场效应管和双极型晶体管一样能够用于放大, 但在微处理机中, 我们只用到它的开关特性。

MOS 场效应管有两种主要的类型: 一种在通常情况下处于导通状态, 而当在栅极上施加一个电压的时候, 所产生的电场使管子截止。这种管子叫作耗尽型 MOS 场效应管 (depletion MOSFET)。另一种用大规模集成技术更容易制造, 在微型计算机中使用的也更为普遍。这种管子叫作增强型 MOS 场效应管 (enhancement mode MOSFET)。它在通常情况下处于截止状态, 当在它的栅极上施加一个电压时, 管子就导通。

在上述每种类型下又分两小类: P 沟道型和 N 沟道型。图 2 所示为一只 P 沟道增强型 MOS 场效应管的电路符号。

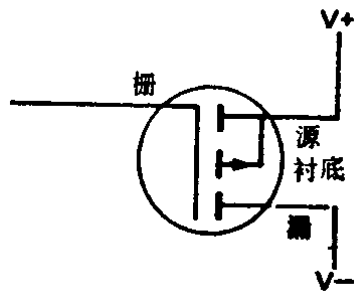


图 2 P 型 MOS 场效应管
图中源极与电池正极相接, 漏极与电池负极相接。

P 沟道型 MOS 场效应管的基底 (基底就是在上面制作晶体管的芯片) 接电源正极

V_+ , 只有当栅极电压比基底电压负的时候, 电流才能通过 P 沟道 MOS 场效应管。所以, 当栅极接地 (电压 = 0) 时, P 沟道 MOS 场效应管导通; 当栅极接电源正极 V_+ 或断开时, P 沟道 MOS 场效应管截止, 见图 3。

图 4 所示为一个 N 沟道增强型 MOS 场效应管。N 沟道

MOS场效应管就是扩散在一块P型基底上的两个N区，它和P沟道MOS场效应管正好相反，只有当栅极电压比基底电压正的时候，电流才能够由源极流向漏极。当栅极电压比基底电压负的时候，管子截止。

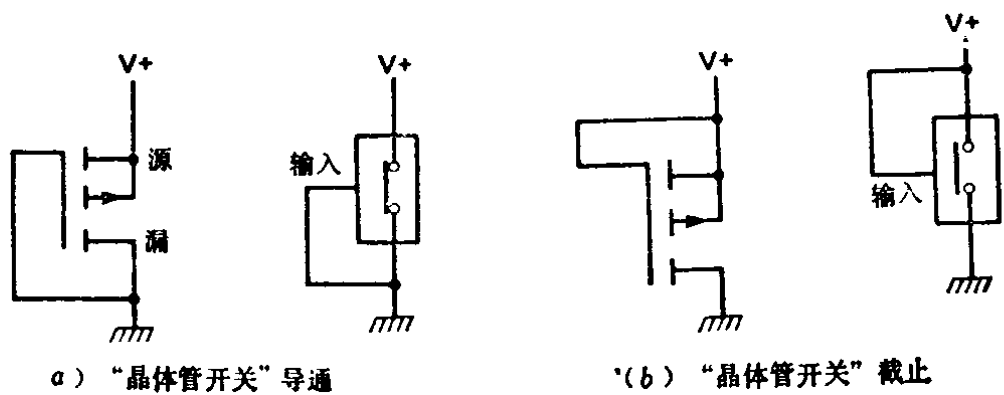


图 3 作为开关使用的P沟道MOS场效应管

请注意，在这两种MOS场效应管中，控制管子导通或截止的都不是连续的栅极电流，而是加在栅极上的电压和电场。因此，我们把它叫作场效应管，见图 5。

两种 MOS 场效应管都可以用来组成逻辑电路并在其中起开关作用。当它们导通的时候，管子的电阻趋于零。当它们截止时，管子的电阻高达 10^6 兆欧。因此，这两种场效应管也可以用作电阻器。如果我们把沟道作得比一般的管子更加窄长一些，并把栅极接通合适的电压，使管子保持导通状态，那么它就可以既允许电流通过，同时又呈现一定的电阻。

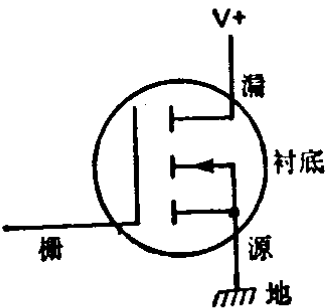


图 4 N型MOS场效应管

由于栅极和其它两极间的硅氧化层具有很好的电绝缘特性，电流不能从栅极流进沟道，所以，MOS 场效应管的栅极也可以用来贮存电荷，制成电容器。

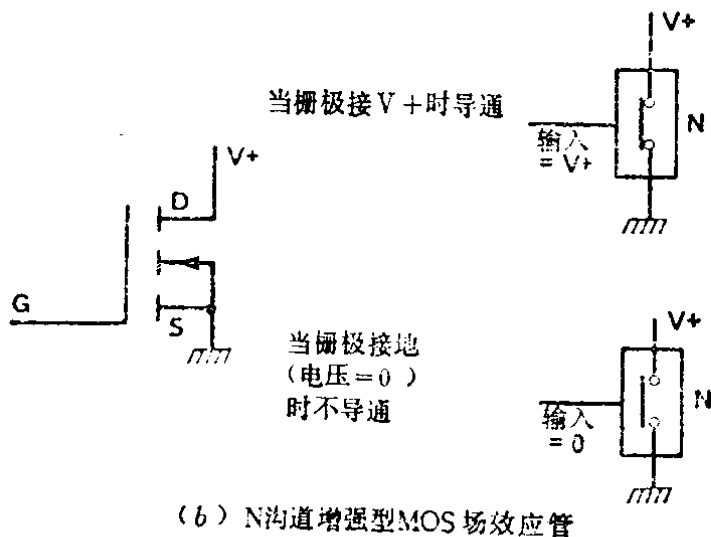
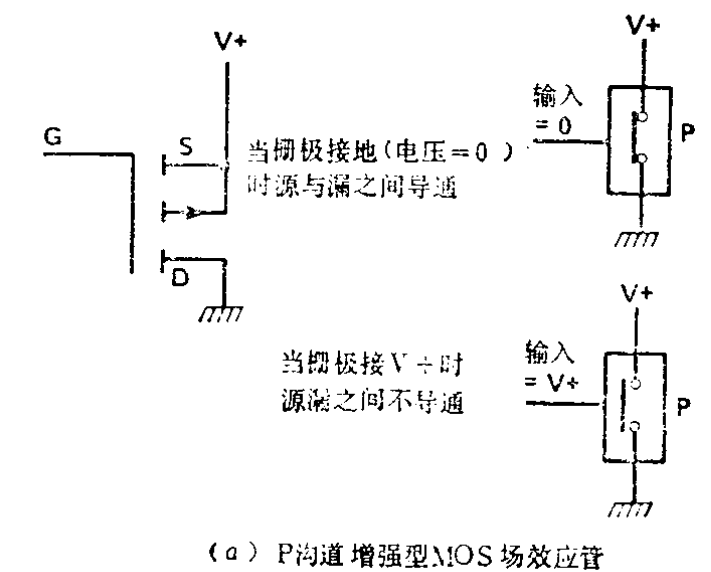


图5 两种增强型MOS场效应管
图中G表示栅极；S表示源极；D表示漏极。

6. MOS场效应管是怎样用于集成电路的？

答：集成电路就是把所有的元件和元件之间的连线一起制作在同一块芯片上。芯片很小，可能还不到四分之一平方英寸，工作起来非常困难，且又极易损坏。因此，集成电路必须用塑料或陶瓷封装起来成为一个组件，对外连接线通常被引至组件两侧的两排接线脚上。这种安排方式叫双列式

(DIL), 这种组件叫双列直插式组件(DIP)。一般集成电路的接线脚数有 8、14、16、24、28 和 40 六种, 分列两行。每行脚数分别为 4、7、8、12、14 或 20。大多数微处理机是有 40 个接线脚的双列直插式组件。

有些集成电路是用 P 型和 N 型 MOS 场效应管排成互补对称阵列制成的, 叫作互补型金属氧化物半导体集成电路 (CMOS)。只用 P 型管的集成电路叫作 P 型金属氧化物半导体集成电路 (PMOS); 只用 N 型管的集成电路叫作 N 型金属氧化物半导体集成电路 (NMOS)。

常用的微处理机芯片采用 CMOS 或 NMOS, 与这种 CMOS 或 NMOS 一起使用的还有一些更小的集成电路片, 其中有些只是简单的晶体管-晶体管逻辑电路片 (TTL)。

7. 为什么 MOS 场效应管集成电路可以比 TTL 集成电路作得更小?

答: MOS 场效应管在集成电路片上所占的空间比双极型晶体管小, 是因为在芯片上制作 MOS 场效应管的漏和源时只需要进行一次扩散, 而双极型晶体管则需要进行三次扩散, 而且每一次都必须是在上一次扩散的里边, 所以占的空间就扩大了。

MOS 场效应管允许更加微型化的另一个原因是, MOS 场效应管电路比 TTL 电路简单得多, 在相同效果的电路中, MOS 场效应管电路用的元件比 TTL 电路用的元件数量少。

此外, 如前面已讲到的, 用 MOS 场效应管很容易作成电阻器, 而且, 几乎不多占什么地方。但在双极型集成电路片上扩散的电阻器却要大得多。

集成电路生产技术有助于对同一种基本单元电路进行大量重复生产, 而这正是制造厂家最喜欢的生产方式。如果您通过显微镜来观察一个芯片的话; 就会看到上面有规则地排

列着许许多多相同的基本电路图案，见图 6。

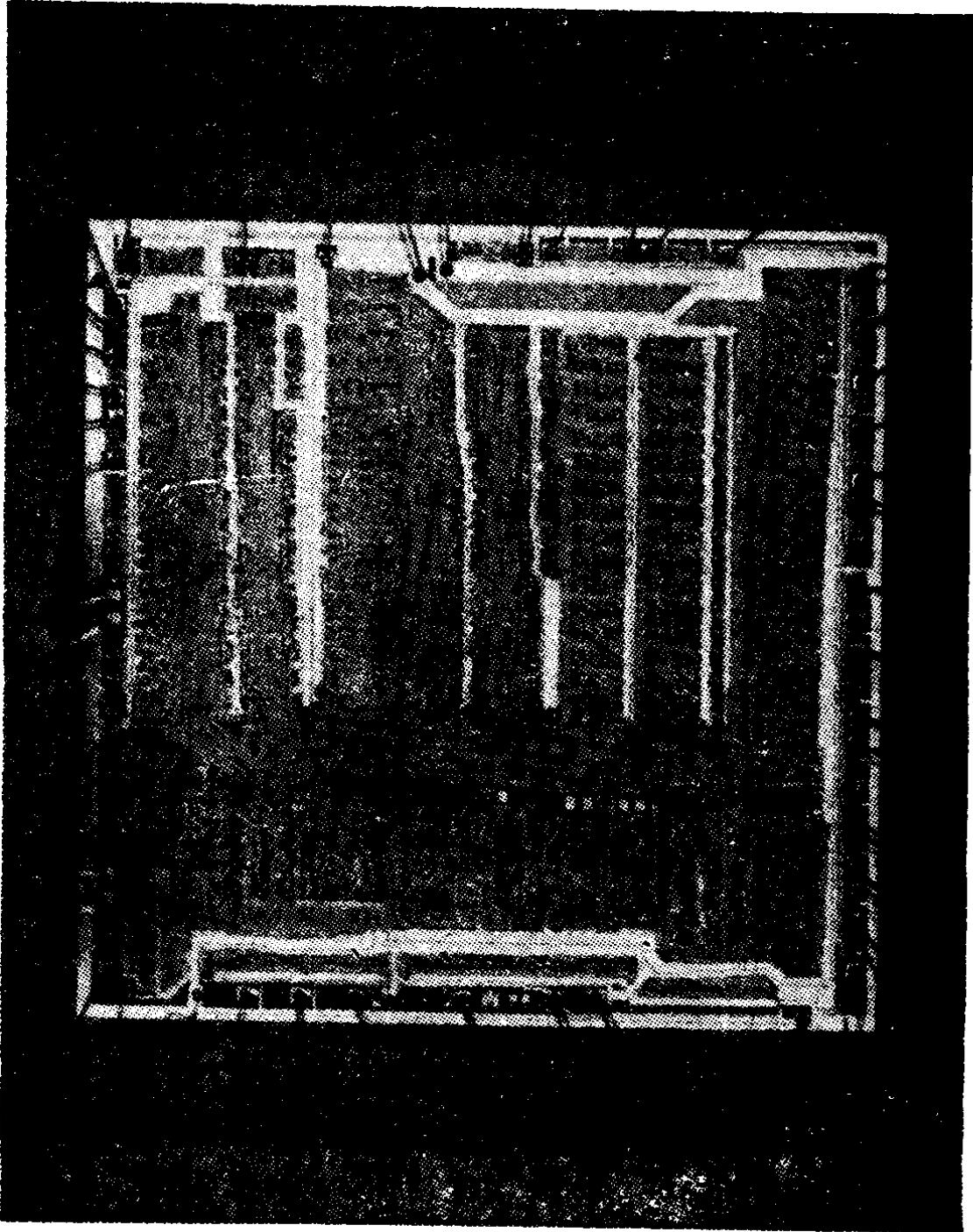


图 6 去掉盖板的微处理机芯片

8. 怎样完成开关作用？

答：对于初学电子学的人来说，CMOS是最容易弄懂的。
所以我们将用这种电路来说明微型计算机各个部分的工作

原理。一个基本的 CMOS 电路就是一个反相器（非门），一台微型计算机的各个部分实际上就是这些反相器的各种组合。

在分析 CMOS 反相器电路以前，让我们先来看一个简化的开关电路图，

分析一下反相器究竟是作什么用的。

我们可以把一个反相器看作是装在一个盒子里的一组联动开关（联动开关的意思就是说两个

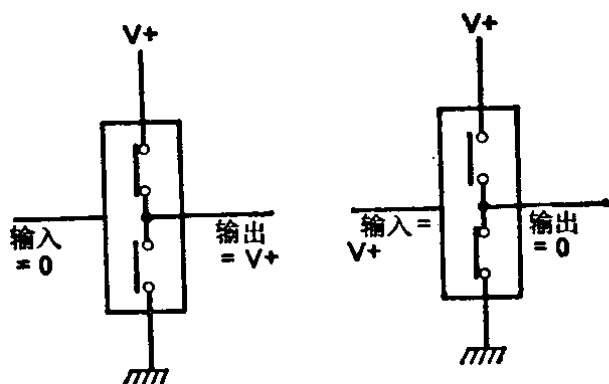


图 7 反相器

开关好象用一根连杆连起来那样一起动作），这组开关接在输出端与电源正极或地之间。

如果输入接地（零），开关就使输出接电源正极 V_+ ；如果输入接 V_+ ，开关就使输出接地（零），见图 7。

假如这是一个机械开关的话，您可以想象它是受一个电磁铁控制的，断电时，靠一个弹簧之类的东西拉开。您可以看出来，两个开关交替动作的结果使输出总是与输入相反，这就叫反相（或叫反演）。

不过微型计算机既不用电磁开关也不用机械开关，而是用晶体管来实现开关作用。在图 8 中，（a）图是一个用机械开关的反相器；（b）图是一个用 CMOS 构成的反相器。

首先应当看清这个 CMOS 反相器是由一个 N 型管和一个 P 型管组成的。两个管子的栅极接在一起，因此，一个管子导通，另一个管子就必然截止。当输入是 V_+ 时，两个管子的栅极都是 V_+ ，这将使 N 沟道场效应管导通，同时使 P 沟道场效应管截止，所以输出就通过 N 沟道场效应管接地（零）。

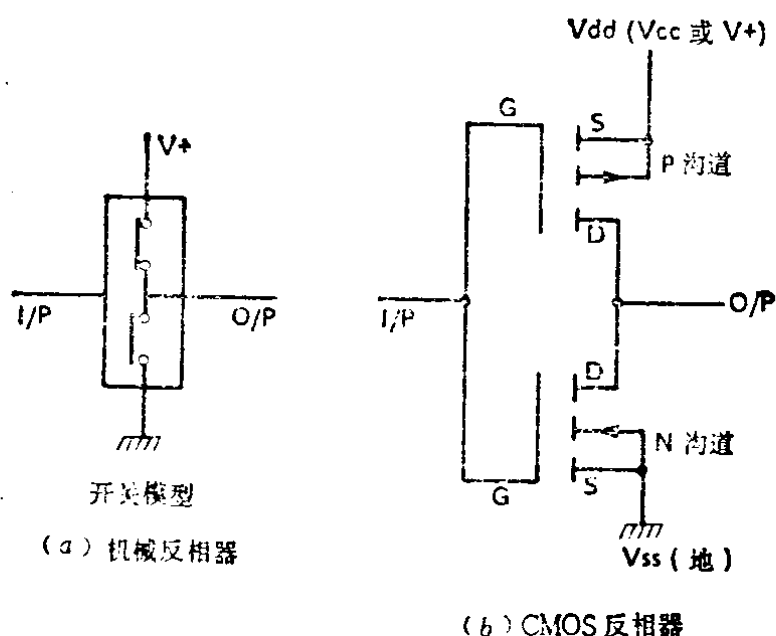


图8 反相器

图中I/P表示输入；O/P表示输出。

当两个管子的栅极都接地（零）时，N沟道场效应管截止，P沟道场效应管导通，因此，输出就通过P沟道场效应管接 V_+ 。

图9是TTL、PMOS和NMOS反相器电路。在记住CMOS电路工作原理的同时，让我们把NMOS和PMOS反相器也简化成开关电路，看看它们是怎样工作的。

我们可以把PMOS反相器看作是在 V_+ 和输出之间接着一个开关，在输出与地之间接着一个电阻器，如图10（a）所示。当输入是零时，开关闭合，输出端是 V_+ ，当输入是 V_+ 时，开关断开，输出通过电阻器接地。这时，如果只有少量电流或者没有电流通过，例如，输出端是接在另一个MOS场效应管的栅极上，那么输出端的电位就等于零伏。

现在看图10（b）的电路，您是否能够想象出当输入改变时，场效应管使输出转换的情形。

现在再看图11中所示的NMOS反相器。我们可以把它

看作是在 V_+ 和 输出之间连接着一个电阻器，同时又在输出和地之间连接着一个开关，如图11 (a) 所示。当输入是零的时候，开关是打开的，输出通过电阻器接 V_+ 。这时如果电流很小，或没有电流，例如，当输出端接在另一个 MOS 场效应管的栅极上时，输出端的电位就是 V_+ 。当输入接 V_+ 时，开关闭合，输出接地。

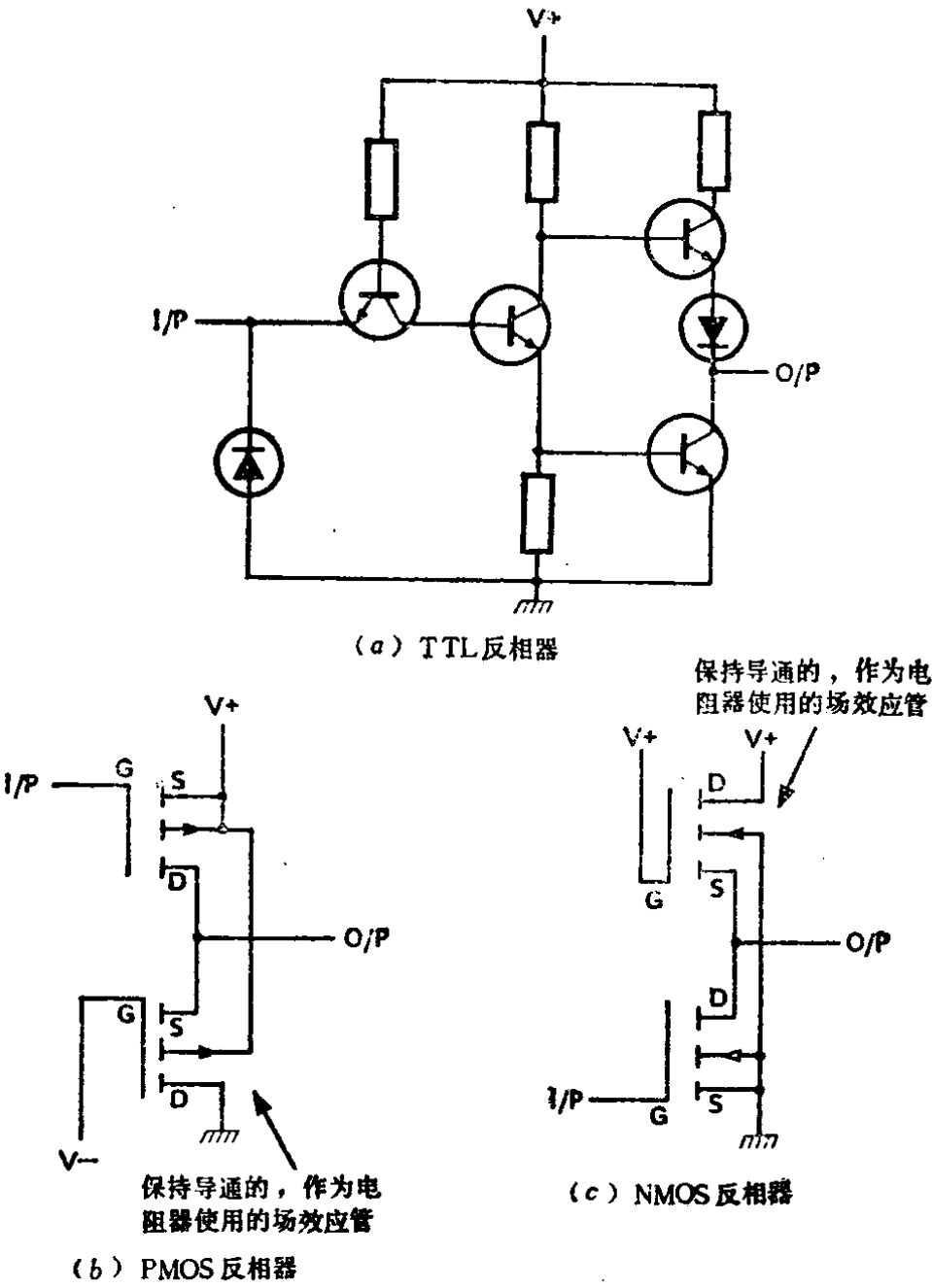


图 9 TTL、PMOS和NMOS反相器