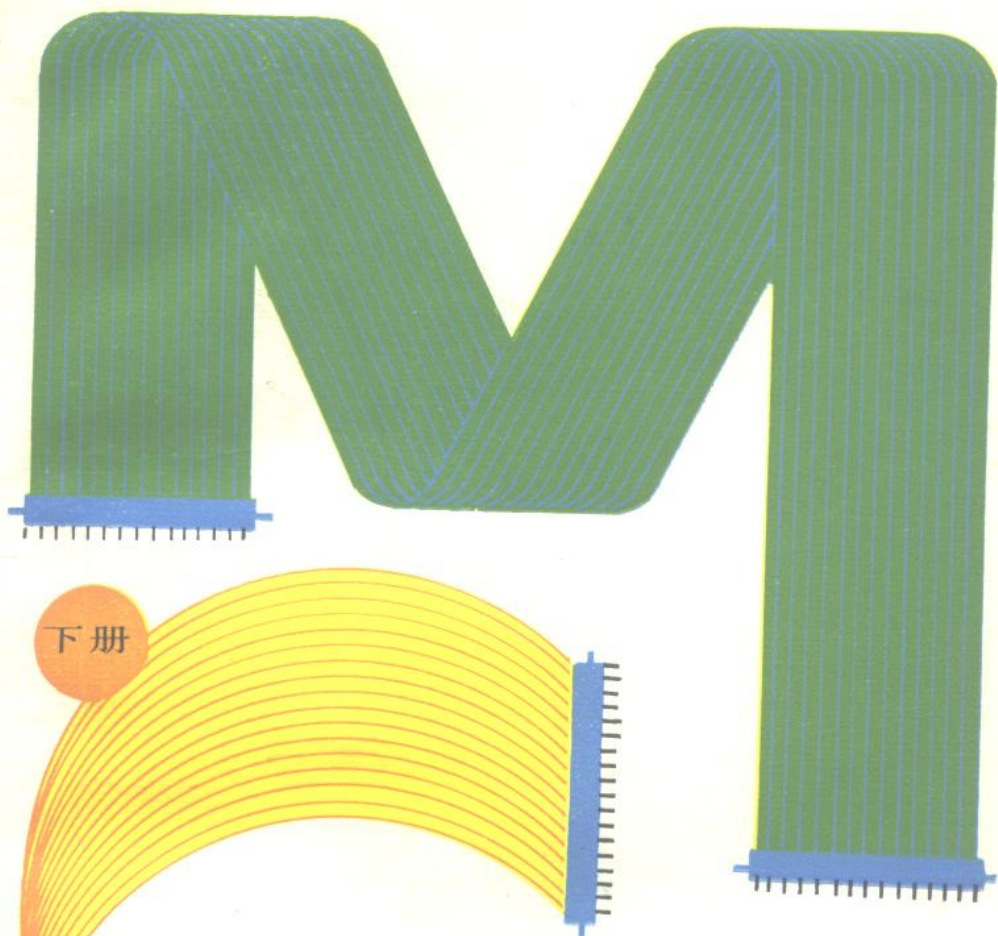




下册

微型计算机应用手册

〔日〕横井与次郎 著

王祥贵 王 锐 译
孙慧玲 校

机械工业出版社

TP26-62
HJY/2-2

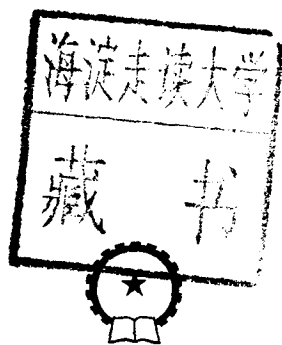
微型计算机应用手册

下 册

〔日〕 横井与次郎 著

王祥贵 王锐 译

孙 慧 玲 校



004812

机械工业出版社

《微型计算机应用手册》分上、下两册，上册包括1~7章，主要介绍硬件；下册包括8~14章，主要介绍软件。本书为下册。

下册内容以程序的编制方法和应用为重点，并给出大量应用实例，如以BASIC语言为例，介绍了高级语言的文法和基本练习用的程序，阐述了用SWTPC 4k的BASIC程序的文法解释及程序书写方法，列举了通用子程序、图形打印程序、计算电子电路的方法和程序、模拟电路的控制和程序、脉冲电路的控制和程序等，是通过微型计算机解决实际问题时可借鉴的极有用的工具书。

本手册供应用微型计算机的工程技术人员查阅，也可供大专院校有关专业的师生参考。

マイクロコンピュータ 活用マニュアル

(下)

横井与次郎 著

ラジオ技術社

1982

* * *

微型计算机应用手册

下 册

〔日〕 横井与次郎 著

王祥贵 王锐 译 孙慧玲 校

责任编辑 严蕊琪

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印张 $14 \frac{1}{8}$ ·字数373千字

1986年5月北京第一版·1986年5月北京第一次印刷

印数 00,001—17,200·定价3.50元

*

科技新书目：115-139

统一书号：15033·6427

JS309/04

译者的话

计算机科学技术是一门新兴的综合性技术学科，随着“信息爆炸”时代的到来，电子计算机已经广泛地深入到人类社会生产、社会活动的各个领域。

电子计算机的特点是具有记忆能力、程序操作、逻辑判断等固有功能。它已从一种单纯的快速计算工具发展成为既能高速运算又能高速处理数据和信息的高度自动化系统。

微型计算机更具有体积小、重量轻、功耗小、价格低等优点，因此目前已被广泛地应用于国防、工农业生产、人民生活等各个领域。

微型计算机又叫做“个人计算机”，它能为个人占有和使用。所以，对于使用者来说，既要具备一定的硬件知识，又要具备一定的软件知识，这样才能熟练地掌握微型计算机，使它为我们做更多的工作。《微型计算机应用手册》分上、下两部分，上册（1～7章）主要是以Motorola的M6800微型计算机系列芯片为例，介绍了微型计算机的硬件结构及其工作原理，内容具体、丰富。下册（8～14章）主要介绍了微型计算机系统的调试方法及调试中所应用的电路、软件及大量应用实例。这对如何正确使用微型计算机以解决实际问题极好的借鉴材料。

《微型计算机应用手册》于1978年7月出第1版，1979年8月第2版第1次印刷，同年12月第2次印刷，1981年7月第3版第1次印刷，同年12月第2次印刷，1982年5月出第5版。本书是按第5版的版本译出的。

由于译者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请读者批评指正。

作者的话

本书是微型计算机硬件和软件应用手册，它是无线电技术选集 113 《微型计算机技术基础手册》的继续。

上册包括第 1 章到第 7 章，主要介绍硬件；下册包括第 8 章到第 14 章，主要介绍软件。

微型计算机的特点是体积小、价格低，单位、家庭和个人都能购买，用作专用计算机。

但是，个人能购买微型计算机这一优点却会带来一个问题，就是如果硬件和软件全部由个人来支配，就不可能有效地使用机器。

当我们买了微型计算机之后，并运用 BASIC 语言时，如果没有必备的硬件知识，则很难用好此微型机，因此，必须掌握硬件技术。

在小型和大型计算机等领域里，从事硬件的技术人员和从事软件的技术人员是完全分开的。即使在微型计算机领域里，由同一个人来处理软、硬件也会被人认为是不合理的。

然而，对微型计算机来说，这却是可以办到的。理由是：微型计算机不仅规模小，而且可以为个人所有。基于这一观点，本书上册介绍硬件部分，下册介绍软件部分，全面介绍了应用微型计算机所必需的技术。

在说明微型计算机时，必须限定機種，由于本书是《微型计算机技术基础手册》的应用篇，所以这里仅把 Motorola 公司生产的 M6800 微处理器作为主体来进行介绍。

下面说明本书各章的主要内容。

上册中，第 1 章简要说明微型计算机的总体结构和程序结构的关系。

第2章说明 MC6800/6802 的结构和操作概况, 这部分包括 MC6800/6802 的硬件和软件的基本指令系统等内容。

第3章是说明检验 M6800 微型计算机时所必备的 CPU (MPU) 的外围电路。

第4章是主存储器电路的应用实例及其分析, 从而说明 1k 位、4k 位、静态 RAM 和 256、512、1k、2k 等字节 PROM 的应用。

第5章是关于 M6800 I/O 通道部件的说明, 也涉及到 I/O 通道用的大规模集成电路——价格低、效率高的 TTL 和 CMOS 集成电路。

第6章说明使用第5章中所介绍的 I/O 通道部件时, M6800 用的 I/O 通道电路及其使用的基本程序例子。

I/O 程序是各种程序中和硬件关系最密切的一种, 没有硬件方面的知识是编写不出来的。不仅 M6800, 几乎所有微处理器的 I/O 通道用的大规模集成电路都是可编程序的, 在使用时必须预置程序, 所以关于预置起始程序的说明也是必要的。

第7章是第6章的进一步发展, 说明包含有 I/O 通道部件的外围设备及其接口电路和使用第6章基本程序进行输入、输出的服务程序。

下册中, 第8章说明作为微型计算机硬件和程序试验用的调试电路和调试程序。

第9章介绍 M6800 程序的读、写方法。关于 M6800 的机器语言指令系统已在第2章里说明, 本章仅介绍汇编程序的文法解说和程序举例, 同时, 作为高级语言的例子, 介绍了 BASIC 语言的文法和基本练习用的程序。

第10章介绍在微型计算机上使用 BASIC 语言的方法和举例, 说明微型计算机用的 BASIC 解释程序和使用 SWTPC 4k 的 BASIC 程序的文法解释及程序书写方法, 也列举了通用子程序、图形打印程序等实例。

BASIC 语言和机器语言是不同的。微型计算机机种的不同之

处，仅仅是解释程序不同而已，它们的源程序几乎是通用的。所以，如果采用Tiny BASIC以外的大于 4k的BASIC解释程序，则即使是 M6800 以外的变更较大的微型计算机，也能使用这些源程序。

第11章介绍用 SWTPC 4k BASIC 语言来计算电子电路的方法和程序。在电子电路的计算中，如果只求数值，则使用可编程程序台式电子计算器比较方便，但是 BASIC语言程序有通用性，能输出信息，是更方便的。

第12章是模拟电路的控制和程序，它说明用程序来控制模拟开关而使电路特性发生变化的电子电路，以及为了计算这些电路的常数而编制的 BASIC 程序。

第13章介绍脉冲电路的控制和程序。

第14章介绍 I/O 通道模拟器的功能和构成方法；使用电视 RAM，在CRT上构成16进制和 2 进制显示的 I/O通道模拟器。此外，还说明了使用模拟器时程序调试用的 CPU 内部寄存器和存储器等的显示方法。

本书的出版得到了无线电技术公司铃木勇治主编和编辑部的帮助，在此致以衷心的感谢。

横井与次郎

1978年 3 月

目 录

编者的话

作者的话

第 8 章 M6800的调试用电路和调试用程序	1
8.1 微型计算机调试用电路所必需的功能	1
8.2 M6800微型计算机用的调试电路	4
8.2.1 锁存器和显示电路	4
8.2.2 由程序控制的暂停电路	7
8.2.3 地址停止电路	8
8.2.4 转移到由数字开关设置的任意程序	11
8.3 浮动RAM 或伪 ROM 的使用方法	17
8.4 M6800微型计算机的调试程序	19
8.4.1 使用 $\overline{\text{NMI}}$ 输入和程序暂停电路时的 MPU 内部 寄存器的显示	19
8.4.2 存储器试验程序	29
8.4.3 机器语言程序的字节数分类和 1 条指令打印成 1 行 的打印程序	36
8.5 M6800微型计算机的监控程序	45
8.5.1 MIKBUG 和 MINIBUG	45
8.5.2 关于 EXMON	56
8.5.3 关于 SWTBUG	63
第 9 章 M6800程序的读、写方法	65
9.1 微型计算机用的程序语言的种类和内容	65
9.2 为提高机器语言程序书写效率所必需的外围机器 设备和程序	67
9.3 汇编程序的功能	78
9.4 汇编程序的文法	80
9.4.1 汇编程序文法的差别	80

9.4.2	源程序的形式	81
9.4.3	语句的格式	83
9.4.4	汇编程序的使用方法	94
9.5	BASIC 语言的文法和程序	100
9.5.1	BASIC 语言的概要和特征	100
9.5.2	BASIC 文法	102
9.5.3	BASIC 语言中指令、语句的功能	105
9.6	用转移表格式的简易解释程序语言	128
第10章	微型计算机机中 BASIC 语言的使用方法和 程序举例	132
10.1	微型计算机用的 BASIC 语言概要	132
10.2	微型计算机中 BASIC 语言的使用方法	139
10.3	BASIC 语言的程序举例	151
10.3.1	日历程序	151
10.3.2	函数子程序	158
	(1) 求平方根的子程序	158
	(2) 求 e^x 的子程序	162
	(8) 求 $\log e^x$ 的子程序	165
	(4) 求三角函数的子程序	167
10.4	作图程序	173
10.5	USER语句的使用方法	189
第11章	用BASIC 语言进行电子线路的计算	195
11.1	用BASIC语言进行电子线路计算的优点	195
11.2	运算放大器 (OP. Amp) 的电阻值计算程序	197
11.3	振荡电路的常数计算程序	201
11.4	有源滤波器的常数计算程序	215
11.5	数字电路的计算程序	229
11.6	电源电路的计算程序	253
11.7	用程序实现谐波合成	259
第12章	模拟电路的控制和程序	281
12.1	倒相放大器的增益控制	281
12.2	可程序设置的恒电流输出放大器	290
12.3	可程序设置的相移电路	295

12.4	可程序设置的有源带通滤波器 (BPF)	302
12.5	模拟-数据的采集电路	309
第13章 脉冲电路的控制和程序		323
13.1	数字音乐合成器用的音阶发生器和程序	323
13.2	使用可控硅整流器 (SCR) 控制白炽灯辉度的 控制电路和控制程序	353
13.3	可程序设置的混合函数发生器	362
第14章 I/O通道模拟器、监视器的功能和应用		372
14.1	用乒乓开关和光电二极管(LED)组成的I/O通道模拟器	373
14.2	使用电视RAM的I/O通道模拟器、监视器	375
14.3	向电视RAM进行存储器转储时的程序和电视RAM内的储存 数据的打印程序	397
14.4	BASIC和电视RAM的机器语言程序的调试法	414
14.5	由使用电视RAM构成的I/O通道模拟器、监视器进行MPU 内部寄存器的显示	427
附录 使用BASIC语言的专用计算机成品的说明		440
参考文献		444

第8章 M6800 的调试用电路 和调试用程序

8.1 微型计算机调试用电路所必需的功能

微型计算机虽然功能较强，但是编制程序比较麻烦，正常工作时是很好的，但是，一旦发生故障，查明故障的原因就是相当大的事了。

这不仅对已经工作过一段时间的微型计算机出现故障时存在这样的问题，对新制造的微型计算机硬件和程序的调试也存在这样的问题。

微型计算机工作不正常的原因，基本上可归纳为如下三类：
(1) 硬件不好；(2) 程序不好；(3) 硬件和程序都不好。

但是，硬件毕竟是基础，如果硬件不完备，就无法谈及其他。

为此，对微型计算机而言，无论它是装在研究用的机器内部，或是组成机组也好，或是作为附件也好，其结构上，都应该在不使用程序的情况下，能够单独地检验硬件的动作。

再则，用硬件检验电路所能测试的范围只能检验地址、数据、控制等各总线是否良好；以及存储器能否存、取等这样程度的功能，而比上述功能更复杂的测试就必须用测试程序，正是由于存在着这种程度的差别，所以必须有某种形式的检验程序。

微型计算机动作的测试工作，由硬件和程序分开负担的考虑是：为了少用测试电路或测试仪器，则程序负担应该大一些，然而从测试的准确性、排除故障的能力方面来说，测试硬件负担大一些更好。所以，必须均衡测试成本、体积、测试能力之间的关系后决定双方的负担。

然而，除了CPU、存储器、I/O通道以外，其他部件的动作也可产生一般性的故障，例如，地址输入输出线、数据输入输出

线的短路，连接线的短路和断线等可由硬件测试电路来检验，而存储器的读/写功能和 CPU 内部寄存器的内容显示等，则可用测试程序（把这种程序叫做调试程序）进行检验。

图 8.1 是微型计算机用的调试电路。并不是说所有这些电路都是必要的，应根据被测试的微型计算机的规模大小、测试成本、占用的体积等来选择必要的电路。

- 用 DMA 方式向 RAM 直接写入数据的功能电路
- 地址的锁存和显示电路
- 数据的锁存和显示电路
- 保持和单步电路
- 状态控制开关和输入通道
- 浮动的 RAM
- 虚拟 ROM（或写保护的 RAM）
- 带显示的输出通道
- 开始地址指定电路
- 地址单步电路
- 时序锁存器

图 8.1 微型计算机用的调试电路

在研究用的微型计算机（通用型）中，最好把这些电路装在机内，而在组合型（专用型）的微型计算机中，如第三章中 3.1 节所述的微型计算机本身并不带有这些电路，但是这是最小限度，在测试时，要把这些电路作为附件连接在一起。因此，微型计算机必须有能连接这些附件的电路和适当的电路结构。

用 DMA 通道直接写入 RAM 的写入功能，在 CPU 工作不适合时是非常有效的。

把地址锁存器和显示电路，数据锁存器和显示电路，以及保持、单步电路组合起来使用，可以在程序不能执行的情况下，用以判断硬件的好坏，或程序是否出错中发挥主要作用。

状态控制开关是把拨动开关的输出，以位为单位，通过数据总线传送到输入通道，根据该开关的状态（导通/截止），启动或停止程序的执行。由于它能改变转移的开始地址，所以是很方

便的。

所谓浮动的 RAM 是指地址占有的区域是可以改变的 RAM (使用第四章图4.12所示的电路), 置换出现故障的存储器电路时, 把测试程序存入浮动的RAM。

虚拟 ROM (Pseudo-ROM) 是代替 ROM 的有写保护的 RAM, 它必须是可浮动的。

带显示的输出通道, 作为 CPU 内部寄存器显示用, 用以显示程序执行中的数据和输入、输出数据。

时序锁存器是地址总线、数据总线用的锁存器, 能够用以锁存多机器周期的状态。

图 8.2 是微型计算机调试用的程序

- CPU 内部寄存器的显示
- 存储器内容的转储
- 存储器传送
- 存储器校验
- 跟踪程序
- 用键盘输入进行存储器写入
- CPU 内部寄存器内容的修改
- 向任意程序的转移
- 存储器试验程序
- 延时程序

图8.2 微型计算机调试用的程序

如果由硬件调试电路试验证明, 测试 CPU 动作用的程序能够可靠地存取的话, 则存储器测试仪、I/O 等复杂的测试, 均可用程序进行。

用程序调试也和用硬件调试的情况一样, 在通用微型计算机中, 把调试程序存放在 PROM 中, 作为固件 (Form ware) 装放在机内, 而在专用的微型计算机中, 连接适配器或把调试程序存入RAM中使用。

和小型计算机不同, 在微型计算机中, 由于不能直接显示 CPU 内部寄存器的内容, 当需要显示内部寄存器的内容时, 必须

用程序一次把内部寄存器的内容存入RAM中，再由DMA输出到外部。但是在中断处理程序中，可以输出到输出通道中。

存储器转储是把RAM或ROM中的内容，用打印机打出，或在CRT上显示出来。

存储器传送是由程序用ASR（自动收、发报机）、PTR（纸带穿孔机）、盒式磁带录音机、软磁盘等外围设备，把源程序写入RAM。在图8.1所述的DMA中，人工写入每一个字节（DMA调试时，其目的不是检验高速传送，而是检验在不使用CPU的情况下，进行RAM的读/写）。用程序进行存储器传送时，是写入一个数据块（或程序）。

跟踪程序是程序的单步工作。

向任意程序的转移是必须检验的功能。

存储器试验（Memory Exercise）是用程序试验RAM读/写数据的可靠性的测试。

延时程序是在调试中测试外围机器时使用的。

我们把这些调试用的程序称做监控程序（Monitor Program）。

8.2 M6800微型计算机用的调试电路

8.2.1 锁存器和显示电路

使用图3.8、图3.10、图3.11的电路作为微型计算机调试用的地址锁存器。

这些锁存器输出的显示方法有用光电二极管的二进制显示，用7段显示器或点矩阵显示器的16进制（根据情况也可使用8进制）显示，但是16进制显示比较方便。

用7段显示器作16进制显示时，可使用图3.21、图3.22的动态显示电路。

如果使用图3.17、图3.20电路，则可用一个电路作锁存和显示电路。

关于数据总线锁存器，可同样把图3.8、图3.10、图3.11的

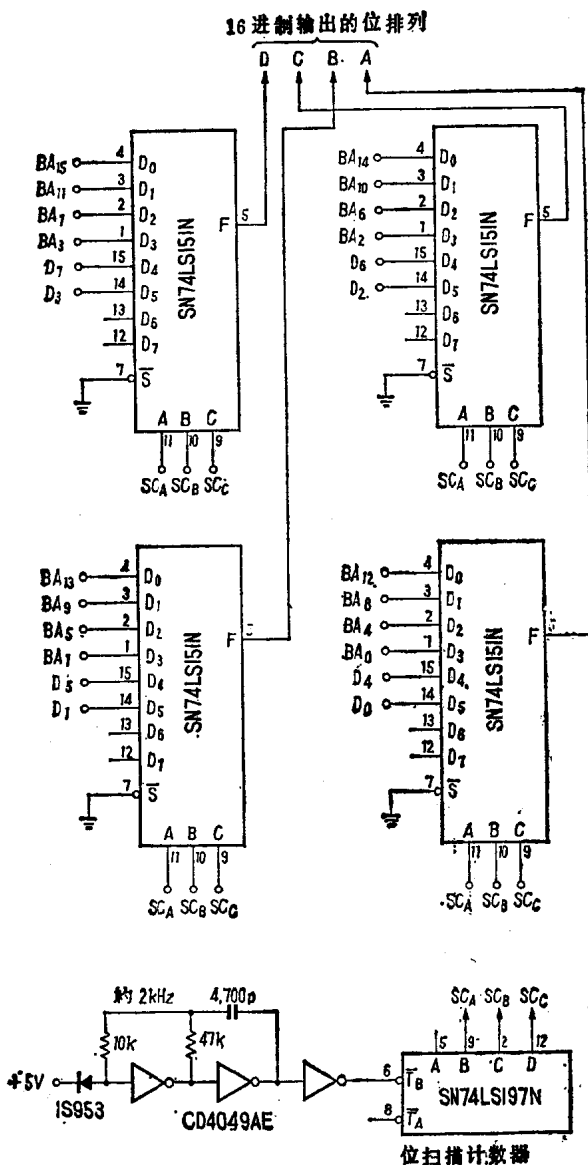


图8.3 图3.21电路用的多路转换器电路

作输出通道的监视显示。这时，地址、数据、输出通道监视显示间用小数点分开。

图 8.4 是时序数据锁存器电路。一般的锁存器是在 MPU 的 $\overline{\text{Halt}}$ 输入置低电平“L”以上，暂停 MPU 时，由最后一个机器周期（总线有效）把信息存入地址锁存器和数据锁存器，在这以前的信息是不知道的，但是，如果使用时序锁存器时，不仅能知道最后一个机器周期时的信息，而且也可以知道以前机器周期中的信息。

图 8.4 中，由于使用了 4×4 的外存寄存器 SN74LS670N (SN74170N 为开集电极输出)，可以锁存任一机器周期的数据，并且能把锁存的数据输送到显示电路，用哪一个机器周期锁存数据，由数字开关进行选择。

图 8.4 电路的输出，由图 3.21 的动态显示电路显示。

在时序地址寄存器电路中，位数是 16 位，用时钟 ϕ_1 代替图 8.4 的 ϕ_2 。

8.2.2 由程序控制的暂停电路

在 MC6800 中，有和暂停指令相当的指令 WAI（中断等待指令）指令，但是它必须由外围设备等的中断信号来实现停止机器，所以在外围设备的中断信号不出现的情况下，必须使 $\overline{\text{Halt}}$ 输入置低电平“L”来实现暂停状态。

图 8.5 是由程序来实现暂停的电路，它和图 3.6 的暂停电路

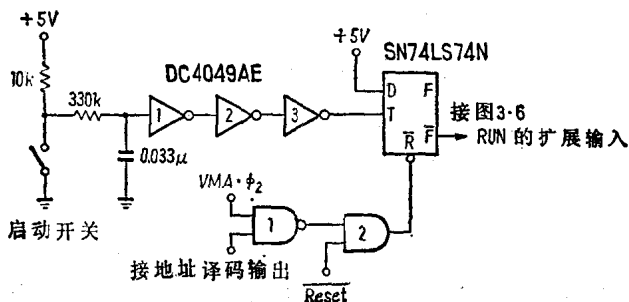


图 8.5 由程序控制的暂停电路