

微型计算机的组装方法

〔日〕 大川善邦 编著

郑春瑞 金文秀 程章 译

高铭学 校

国防工业出版社

内 容 简 介

本书主要介绍了组装微型计算机的基本方法，是一本颇有实用价值的参考书。

全书共分五章。第一章介绍了组装微型计算机之前的各项准备工作；第二章对微型计算机进行了剖析，便于读者掌握其概要；第三章介绍了控制面板的接口插件板、存储器插件板、CPU插件板、控制面板和电源等微型计算机各部件的组装方法；第四章详细介绍了配线、控制面板、指令和程序等的测试方法；第五章附有东芝公司有关 TLCS-12A 微型计算机的技术资料。如能买到一台微型计算机所需的芯片，并运用本书介绍的组装方法，任何具备一定计算机基本知识的人，均可自己动手装成微型计算机。

本书可供从事生产与科研工作的有关技术人员、工人和大专院校的师生们参考，也可供微型计算机的业余爱好者参考。

マイクロコンピュータの作り方

大川善邦 编著

産報出版株式会社

1978年

*

微型计算机的组装方法

〔日〕 大川善邦 编著

郑春瑞 金文秀 程章 译

高 铭 学 校

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张 57⁷/₈ 145 千字

1981年6月第一版 1981年6月第一次印刷 印数：0,001— 8,500 册

统一书号：15034·2152 定价：0.76元

译 序

微型计算机的应用范围极其广泛，可以说已渗透到生产、科研、国防、文教卫生以及日常生活等各个领域。为了配合微型计算机的推广和普及，我们翻译了《微型计算机的组装方法》一书。

本书介绍了组装微型计算机的具体方法，其中包括：组装前的准备工作；所采用的印制电路板、微型机的详细设计图和各种插件板的接线方法等。本书还详尽地介绍了配线、控制面板、指令和程序等的测试方法。书末附有东芝公司有关 TLCS-12A 微型计算机的技术资料。如果能买到一台微型计算机所需的芯片，并运用本书介绍的组装方法和测试方法，那么，任何具备一定计算机基本知识的人都能自己动手装制微型计算机。

本书的特点是从实际出发，介绍了装制微型计算机的过程，并从经验教训中指出了正确的方法。这对我国参与这项工作的科研与生产人员及大专院校的师生等有一定参考价值。

参加翻译本书的有一机部机械工业自动化研究所的郑春瑞（第四章）、金文秀（第三章）、程章（第一、二、五章）。承担本书审校工作的是大连工学院高铭学老师。由于水平有限，译文的错误和不妥之处在所难免，望读者批评指正。

一九七九年十月

目 录

第一章 微型计算机组装前的准备

1.1	微型计算机的问世及其影响	1
1.2	微型计算机的开发	2
1.3	初制微型计算机须知	3

第二章 微型计算机的剖析

2.1	概述	6
2.2	公用总线的控制	8
2.3	存贮部件	9
2.4	输入/输出装置	12
2.5	TLCS-12A 微型计算机的指令	13

第三章 微型计算机的组装方法

3.1	概述	22
3.2	印制电路板	26
3.3	微型计算机的逻辑设计图	31
3.4	控制面板接口插件板的组装	35
3.5	存贮器插件板的组装	58
3.6	CPU 插件板的组装	72
3.7	控制面板和电源的组装	78

第四章 微型计算机的测试

4.1	配线的测试	85
-----	-------------	----

4.2	控制面板的测试.....	107
4.3	指令的测试.....	113
4.4	程序的测试.....	128

第五章 技术资料

5.1	引言.....	149
5.2	关于指令方面的资料.....	149
5.3	关于大规模集成电路性能方面的资料.....	149

第一章 微型计算机组装前的准备

1.1 微型计算机的问世及其影响

每读一本电子计算机的书都会发现下述观点：把电子管计算机叫做第一代计算机；把晶体管计算机叫做第二代计算机；把集成电路计算机叫做第三代计算机。本书将不因袭这一观点，而是按照下述观点划代的。

首先，把以 IBM 公司为中心大量生产的办公用计算机称做第一代计算机。在这期间，实行的是租用制，用户要从制造厂家租用计算机（即使稍有不当之处，自己也不能变更电路）。

此外，计算机要安装在空调设备完善的房间内，还要配上许多台穿孔机，这样才能进行计算。事实上，与其说这一时期是制造厂家提供计算机的时代，还不如说是提供计算能力的时代。

一九六五年，美国数字设备公司（DEC）根据麻省理工学院三位杰出教授的提案，制造并出售了小型计算机。现在看来，这是计算机史上的一次革命。

小型计算机的特点是可实行全买制。特别是不需空调等设备，用户只要设计出接口电路，就可以随意将各种各样的机器设备连接起来。可以说，IBM 公司是从出售计算时间开始营业的，而 DEC 公司则是以出售计算机开始营业的。

由于小型计算机的出现，计算机才开始成为购买者自己的掌中之物，从而可以自由支配，灵活运用，随意与各自的系统连接。因此，我称小型计算机为第二代计算机。

不久，进入微型计算机时代，微型计算机最早由英特尔

(Intel) 公司出售。微型计算机与大规模集成电路技术有密切关系, 计算机的各种功能部件可以高密度地分别集成在一个封装体内, 例如存贮功能部件、运算功能部件, 等等。因此可以说, 微型计算机制造厂家是以出售计算机功能部件为营业手段的。

我们从进入微型计算机时代开始就遇到如何装配计算机的问题。这样, 便开始进入第三代计算机时代。

我们现在正处于一个计算机技术革命的时代, 每人都将看到这一技术革新的进程。处在这样一个时代, 切莫做望洋兴叹、无所作为的旁观者, 而应投身到这一技术革新的激流中去, 竭尽全力, 为计算机的发展贡献力量。为此, 最好是买一台微型计算机, 以便做各种尝试。

1.2 微型计算机的开发

人们对微型计算机有各种议论, 涉及到下述三个问题。

第一是技术人员的教育问题。由于微型计算机所用的部件大都是未曾有过的新部件, 因此, 对不了解微型计算机的工程技术人员要进行培训, 使他们了解什么是微型计算机, 进而培养他们自行设计的能力。

第二是微型计算机的开发系统问题。由于微型计算机是用大规模集成电路构成的, 因此, 虽然其价格并不贵, 但它毕竟是一种计算机, 从而必须涉及到与设计一般计算机相同的问题。为了正确地设计微型计算机, 首先遇到的问题是必须编制程序, 并验证该程序的正确性。虽然这一工作靠微型计算机本身也可以进行, 但在多数场合是依靠小型计算机或其它计算机系统来进行的。因此, 这就需要有支援 (Support) 微型计算机设计的开发系统。

第三是将微型计算机组装成系统所存在的问题。一般讲, 在这方面, 采用微型计算机远比用小型计算机便宜。

如此说来, 微型计算机必然要涉及到许多方面的问题。尽管谁都会说“微型计算机便宜”, 但未把上述三个问题完全搞清以

前,就不能一概这样回答。正是因为事先都认为微型计算机便宜,所以当看了制造厂家的估价以后,有时又感到其售价太高。

1.3 初制微型计算机须知

下面对于打算组装微型计算机的人提出一些注意事项,以供参考。

首先要说明的是要具有什么样水平的经验才能动手组装微型计算机。

由于现在的微型计算机是用半导体大规模集成电路制成的,所以,能用晶体管-晶体管逻辑电路(TTL)进行逻辑设计的人,基本上都会组装微型计算机。当然,即使没有逻辑电路设计和制造经验的人,也可以组装微型计算机。但最好是先请人指导。这样,虽要多花些钱,但总比自己摸索走弯路要好。如果有人指导,就能较快地掌握组装技术。

特别是对于那些过去有过小型计算机接口设计经验的人,最适于组装微型计算机。这是因为,微型计算机毕竟是承袭了小型计算机的若干功能,所以,凡是熟练掌握了小型计算机技术的人,都可以组装微型计算机。

在以往的经历中,曾遇到过很令人遗憾的事情,那就是有人虽有高超的逻辑设计技术,但因不会编制微型计算机的程序,而始终不会使用微型计算机。显然,为了能使用微型计算机,除了掌握逻辑电路的设计技术外,还必须懂得计算机的程序设计。

此外,除微型计算机中的特殊机型外,在制作上大多采用MOS(金属-氧化物-半导体)技术,对以前仅有TTL电路设计经验,而毫无MOS技术经验的人,最好是先学习一下MOS电路知识。

众所周知,由于TTL电路是电流控制方式,而MOS电路是电压控制方式,因此二者的设计方案是不同的。当然,最理想的是整个微型计算机都用MOS电路构成,但目前尚不能做到这一

点。目前 TTL 的品种系列已很多，但 MOS 电路却没有那么多品种，因而在用 MOS 电路设计微型计算机时，还必须混合使用这两种电路。在这种情况下，就会出现逻辑信号电平（0 和 1）以及 MOS 电路产生的电流是否能足以驱动 TTL 电路等问题。如无能力解决这些问题，就不能进行微型计算机的正确设计。

MOS 电路利用的是电场效应，因而要用一层极薄的材料使栅极与衬底绝缘。如对栅极稍施以过电压，栅极与衬底之间的绝缘就会被击穿，电路就会受到破坏。尤其是在冬天湿度低的时候，由于摩擦生电，故人体很容易产生 500 伏左右的电压。因此，只要用手抚摸一下大规模集成电路片的插脚，就可能会损坏 MOS 电路。

在我的研究室里，若有人需要接触 MOS 半导体，则都要身带地线进行操作。但是，另一方面，工作人员一旦碰上电源线就有电流通过人体，这是很危险的。因此，要串入若干阻值的电阻再引到地线上。总之应该了解，使用 MOS 电路要比使用 TTL 电路麻烦得多。虽然在半导体厂家的技术资料说明书中载有 MOS 输入电路的静电保护事项，但这些保护措施也是有限的。因此，在使用时，请注意不要超越此限度。

根据以往的经验，最好是避免直接焊接 MOS 大规模集成电路的插脚。为此，必须使用组件插座，把组件插座的配线焊好后，再将积存的电荷通过地线放掉，然后，再把大规模集成电路板插上。

在一次技术讲座中，曾有人提出 MOS 的信号线可引出多少米长的问题。显然，提这种问题的人大概不懂得 MOS 和 TTL 电路之间的区别。引出信号线的目的是想把信号输送给输入/输出装置，但在 MOS 电路的输出端无需考虑引出信号线。如无一定的电流通过，就不能正确地传输信号。因此，在设计信号传输电路时，最好把采用 MOS 电路改为采用 TTL 电路。

掌握微型计算机技术有许多难点，这主要是由于制造微型计

算机所利用的是大规模集成电路技术。大规模集成电路的芯片价钱虽不贵，但由于其电路比较复杂，故要想弄清这些电路则很费时间。

假设微型计算机推销员接到用量少的用户的电话，要求去讲解微型计算机技术。在这种情况下，制造厂很自然地要从两方面去权衡利弊得失：一是向用户派遣技术人员讲解技术所需要的费用；二是卖给用户微型计算机应得的利润。如果派一名高级技术人员出差一天，而能否卖出一台微型计算机尚不可知，那么，怎么会有好的服务态度呢？因此，必然是含糊其词地推脱了事。

微型计算机的价钱便宜，但技术复杂，这不单是一个用户和制造厂家之间的问题，而是一个很大的技术教育问题。这个问题如果解决不好，必将落后于世界的技术发展水平。

为此，我提议以小组的形式组织技术学习班。通过这种组织形式，便可将若干用户集中起来，由制造厂家统一指导，传授技术。这样做，既节约了制造厂家的费用，又能更好地为用户服务。这虽不是唯一的途径，但可以试一试。否则，没有一条区别于小型计算机的发展道路，就无法普及微型计算机的技术。

第二章 微型计算机的剖析

2.1 概 述

第一章论述了微型计算机的一般问题，这一章集中剖析我们组装微型计算机所用样机——TLCS-12A，它是东芝公司研制的。顾名思义，TLCS-12A 就是并行处理 12 位数据的微型计算机。众所周知，在微型计算机之中，日本电气公司的 μ COM-4 型微型计算机，可并行处理 4 位数据；世界驰名的 8080 微型计算机，是英特尔公司研制的，可并行处理 8 位数据；日本 PONAFACOM 公司的 L-16A 微型计算机，可并行处理 16 位数据。读者必须记住：本书所讲解示范的是字长 12 位的微型计算机。

目前，微型计算机的字长一般以 8 位为标准。就此而论，12 位微型计算机在微型计算机中算是功能较大的一种。

现在把微型计算机解剖为两个部分：一个是运算控制部分，即微处理器；一个是存贮部分，即存贮器。运算控制部分也叫做中央处理器（CPU）。东芝公司出售的产品（微处理器）上带有 T3190 部件型号，它被封装在有 36 条插脚的陶瓷封装体内。

TLCS-12A 型 CPU 的特点如前所述，可并行处理 12 位数据。因此，要从 CPU 的封装体内引出 12 条线，通过这些引线，CPU 便可与外部传输信息。

通常，人们把这种成束的信号线叫做总线（BUS），而把数据的输入/输出可在一条总线上实现的信号线，叫做双向总线。

TLCS-12A 的 CPU 可把存贮器的地址和要处理的数据等两类信息挂在双向总线上。人们通常把这样的总线叫做公用总线。

现用邮局和公寓之间的传送带作一比喻，将公用总线的功能

做一简要说明。请看图 2.1，其中有一个邮局（相当于 CPU）和一所公寓（相当于存贮器），它们之间由一条传送带（相当于双向总线）连接起来，传送带可向左右两个方向运动，所以叫双向总线。

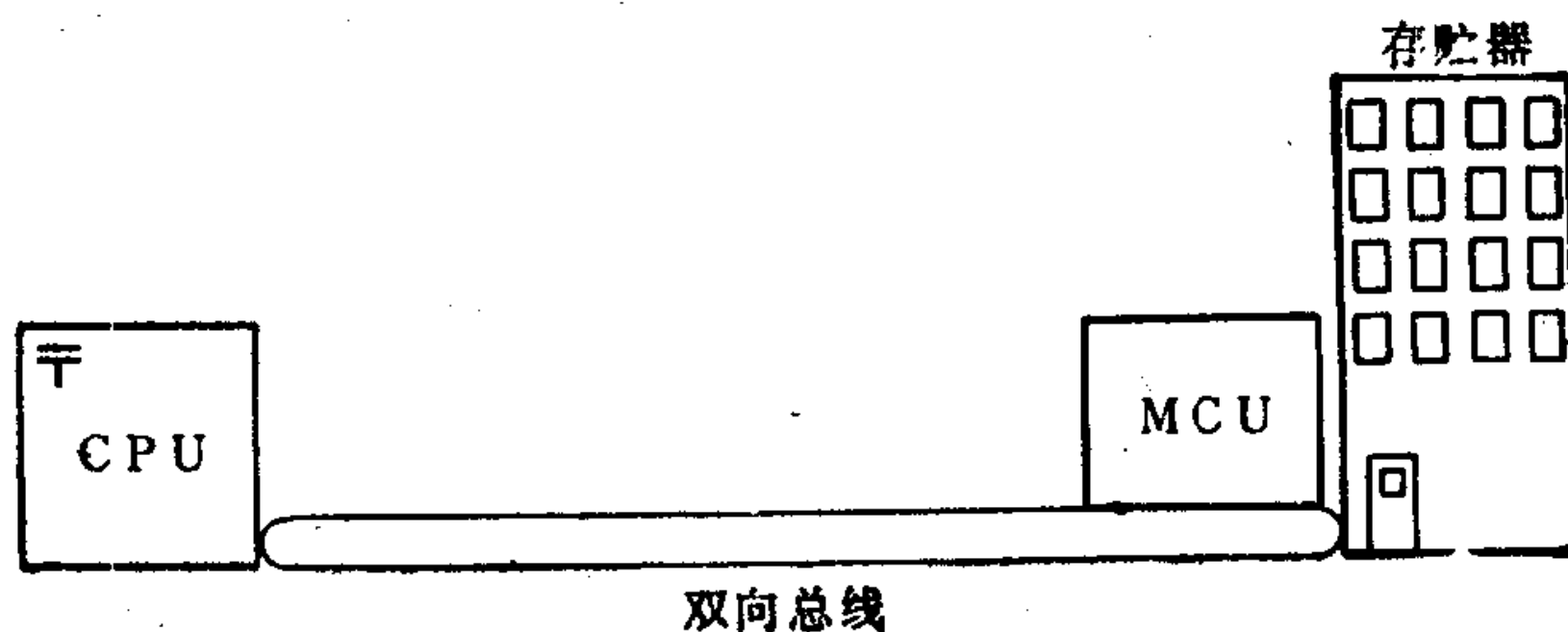


图 2.1

当邮局要向公寓二楼 9 号的住户投递包裹时，首先要把写有二楼 9 号的卡片放在传送带上，使传送带向右运动。这种动作和 CPU 将地址挂到总线上是一样的。

公寓管理人员（相当于存贮器控制单元（MCU））看到传送带上的卡片就通知二楼 9 号的住户取包裹。这时，邮局再把所要投递的包裹放在传送带上，向右移动。这样，包裹就能准确地送到二楼 9 号的住户手里。邮局接受公寓住户委托邮递物品的过程，大体也如此，读者可自己去安排其顺序。

从上例可以了解到，微型计算机采用公用总线，就如同使用一条传送带，因而使硬件的结构变得简单了，但电路制造要稍微复杂些。普通微型计算机都采用两条总线：一条用于取地址；另一条用于取出和存入数据。TLCS-12A 采用一条总线。

为克服使用一条总线带来的电路制造复杂化的缺点，在 TLCS-12A 芯片系列中备有专用大规模集成电路，把它放在特定位置上，用以完成图 2.1 中的公寓管理人员的职能。起到这种作用的电路就是存贮器控制单元（MCU），其部件型号是 T3216。

在本书中所讲的微型计算机（实验装置）也采用了存贮器控

制单元。所以，不必考虑公用总线所带来的问题。尽管如此，仍需对其原理有所了解，因此将在下节略加说明。

2.2 公用总线的控制

本节将说明用一条公用总线在 CPU 和存贮控制单元之间的信息传递顺序。为使它们之间同步交换信息，除总线外，还需有 C_1 、 C_2 和 ACK 三条线，这在图 2.1 中未标出来。这种线叫做特征线。邮局和公寓管理人员使用这三条控制线和总线进行邮件的收发传递。

请看图 2.2，这是 CPU 进行写入时的动作顺序，也是前例中把邮件投递到公寓的顺序。

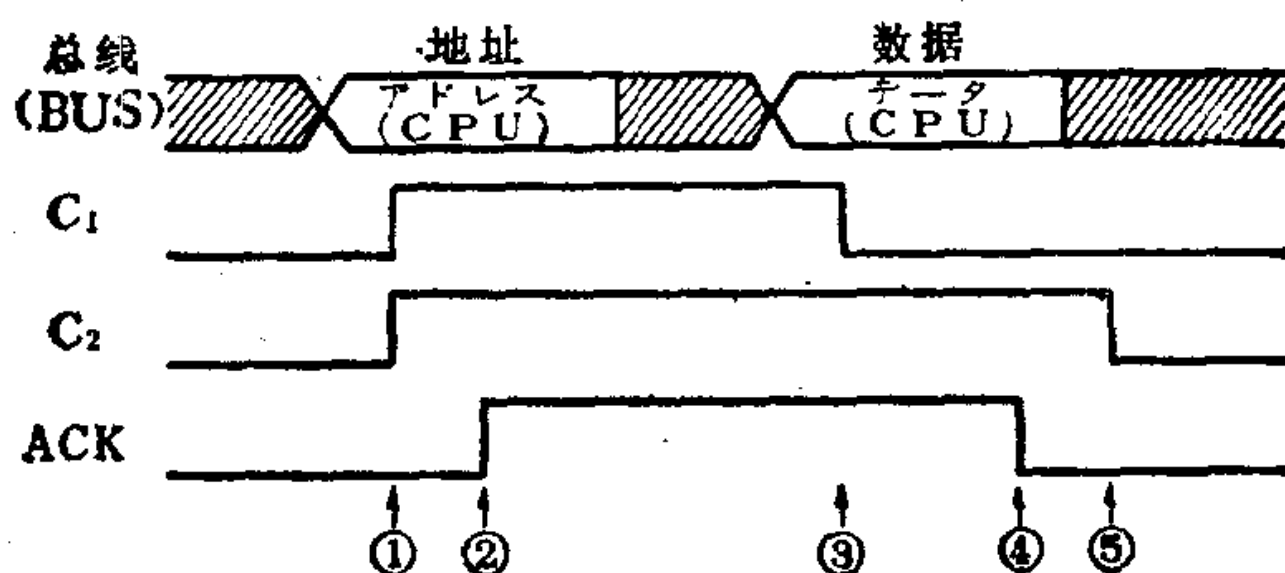


图 2.2

- ①—地址已挂在总线上；②—接到地址；③—数据已挂在总线上；
④—接到数据；⑤—总线操作终了。

CPU 首先把地址信息（存贮地址）挂在总线上。当 CPU 确认地址已挂到总线上之后，就使 C_1 和 C_2 两条特征线均处于 1 状态。相反，存贮器控制单元始终监视着 C_1 、 C_2 线。一旦 C_1 和 C_2 线处于 1 状态，即从总线取出信息，该信息自然为地址信息。

地址信息一取出，存贮器控制单元便使 ACK 线处于 1 状态。当 ACK 线处于 1 状态时，CPU 便得知地址信息已准确无误地送到存贮器控制单元。于是，CPU 从总线取得地址回答信息，再把数据挂到总线上。当它确知数据已挂到总线上时，便使 C_1 处于 0 状态，而 C_2 仍处于 1 状态。

这种信号一到达存贮器控制单元，就意味着数据已挂在总线上了。进而把它写入存贮器。写入动作一结束，ACK 就处于 0 状态。当 CPU 确知 ACK 已处于 0 状态时，就使 C_2 处于 0 状态。此时，经总线送数便告结束。这就是 CPU 中的数据写入存贮器中的过程。

接着谈一下 CPU 从存贮器读取数据的动作。请看图 2.3。当 CPU 把地址信息挂到总线上之后， C_1 和 C_2 就处于 1 状态。在此状态下，存贮器控制单元便取出地址信息，使 ACK 处于 1 状态。其顺序和写入动作相同。

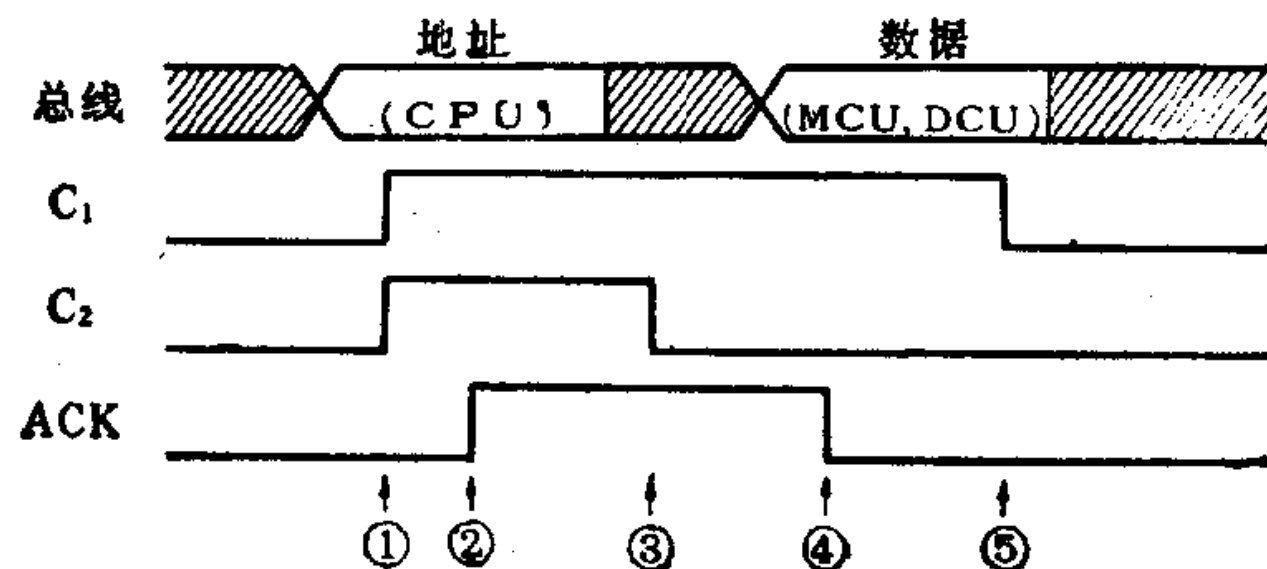


图 2.3

①—地址已挂在总线上；②—接到地址；③—命令把数据挂在总线上；④—数据已挂在总线上；⑤—已接到数据。

当 ACK 为 1 状态时，CPU 就从总线取出地址信息，使 C_2 处于 0 状态。存贮器控制单元一得知 C_2 为 0 状态，就把数据挂到总线上。于是，ACK 便处于 0 状态。当 CPU 得知 ACK 处于 0 状态时，便取出挂在总线上的数据。然后，使 C_1 处于 0 状态。这就是从存贮器向 CPU 输送数据的过程。

以上这些，在试装实验装置的过程中虽未必需要，但应知道。

2.3 存贮部件

微型计算机使用的存贮器一般有随机存取存贮器 (RAM) 和只读存贮器 (ROM)。RAM 是 Random Access Memory 的缩

写, 可实现写入和读出。RAM是用普通大规模集成电路制成的, 它的缺点是断电后其内容即刻消失。这种存贮器又叫做易失性存贮器。

在 TLCS-12A 芯片系列中, RAM 部件型号是 T 3151。它可存贮 128 字的 4 位数据。因此, 若并列使用 3 个 T 3151RAM, 就可构成 TLCS-12A 的 128 字存贮器。若使用 12 个 3151RAM, 就可构成 512 字的存贮器。

当然, 可使用其他厂家出售的 RAM, 但必须满足某些性能方面的要求。为避免这些麻烦, 在试制时可并列使用 3 个东芝公司特备的 RAM, 以构成容量为 128 字的存贮器。但这种 RAM 的价钱特别贵。因此, 如果要大量使用, 则应以购买其他厂家的 RAM 为宜。

ROM 是 Read Only Memory 的缩写。因它一般不能执行写入功能, 故叫做只读存贮器。理论上说是不能写入, 实际上并不是这样。如果真的完全不能写入, 那么就没有什么意义了。现有两种产品, 一种是只能在工厂写入一次的掩模 ROM, 二是可用电方式改写的可编程序只读存贮器 (PROM)。

在 TLCS-12A 的芯片系列中, T 3181 就是 PROM。利用特殊写入装置就可将数据写进 PROM, 该数据可在 PROM 里保存较长的时间。假如需要变更数据, 则只要通过紫外线照射, 将数据擦掉, 而后便可写入新的数据。对于写在 PROM 中的数据, 即使断电也不会消失。所以, 可把常用的程序写进去, 这样, 用起来很方便。

这种 PROM 组件可存贮 4×512 字数据 (一个片内可容纳 4 位数据)。因此, 若使用 3 个 T 3181, 则可存贮 12 位 512 个字的数据。为了作练习, 我们在实验装置中准备了 3 个 PROM。实际上, 要把实用程序存放在 512 字的存贮器中 (以便练习使用 PROM) 是很不容易的。

最后, 叙述一下 TLCS-12A 的存贮器的结构。如前所述, 地

CPU 中的寄存器 $R_0 \sim R_7$ 。从物理的意义上讲, 与外部连接的 RAM 的 $0 \sim 7$ 号地址的 8 个字已成死区, 永远不能使用。象这样浪费一点, 也是难免的。

存贮器的 8 号地址到 4095 号地址是由 RAM 和 PROM 构成的。由于存贮器的 8~15 号地址是进入中断后保护中断前断点用的寄存器地址, 因此, 该处有必要使用 RAM。于是, 存贮器开头的 128 字只能使用 RAM。我们在实验装置中也在此处使用了 3 个 RAM。

2.4 输入/输出装置

信息只要进入 CPU 和存贮器, 人们就看不到它的形态。更不能撬开大规模集成电路封装体, 把示波器的探头插进去。如果要检查数据, 就必须设置变换装置, 把 CPU 和存贮器中的数据变换成人们可见的形态。通常把这种装置叫做控制台或控制面板。

控制台是用于人和计算机对话的一种装置, 其电路相当复杂。在组装微型计算机时, 最麻烦的就是控制台的电路。关于控制台, 将在下一章详细说明。

在输入/输出装置中, 除控制台以外, 还有电传打字机、光电纸带阅读机、盒式磁带机等。但这些装置的价钱比微型计算机本身高得多。因此, 在试装过程中不打算使用这些装置, 而是通过开关将程序或数据写入存贮器, 并将其结果用指示灯显示出来的。

输入/输出装置和存贮器一样与公用总线连接, 通过它与 CPU 交换信息。这里还需要设置从公用总线取出地址以及把数据挂在公用总线上的时序电路。在 TLC5-12A 芯片系列中, T3218 是输入/输出装置控制单元 (DCU), 它起时序控制作用。

图 2.5 形象地说明了这种动作过程。图 2.5 是在图 2.1 的基础上做了某些修改而成的。这里有一名邮局局长 (相当于 CPU) 和两名公寓管理员 (相当于 DCU 和 MCU)。