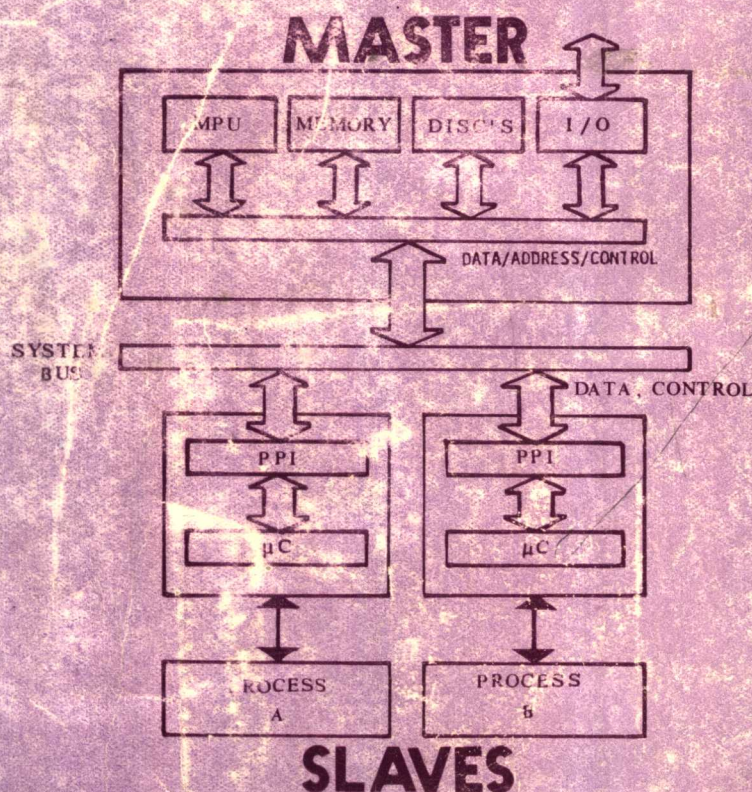


吕维雪

WEI CHU LI JI XI TONG
DE SHE JI KAI FA
HUO YING YONG

微处理机系统的设计开发和应用



浙江大学出版社

微处理器系统的设计开发和应用

吕 维 雪

浙 江 大 学 出 版 社

内 容 简 介

书中以仪器仪表的智能化为主要目标,讨论了小型微处理机系统的设计、开发和应用。系统的设计充分考虑到要尽可能地提高性能价格比,提高系统工作的可靠性。全书共分:概述微处理机及微处理机系统的原理和若干“智能”仪器仪表的介绍;微处理机小系统的构成;大规模集成接口器件的原理和微处理机系统的设计与开发四个部分。

本书可作高校微处理机系统设计课程的教材,也可作为科技工作者的参考书。

微处理机系统的设计开发和应用

吕 维 雪

* * * *

责任编辑 陈子饶 徐宝澍

* * * *

浙江大学出版社出版

浙江大学印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

* * * *

开本787×1092 1/16 印张:19 $\frac{3}{8}$ 字数:458千字

1985年4月第一版

1985年7月第一次印刷

印数 1—10,000

统一书号:15337·003 定价:3.50元

序 言

在新的产业革命中,人们已广泛认识和体会到微处理机应用的重要性。但是,当前国内有关如何应用微处理机的文献却非常缺乏。现有的一些出版物,多数是引用国外器件手册以及整机(包括微计算机和开发系统等)操作使用手册的数据和操作步骤。由于在大规模集成电路器件生产、计算机硬件和软件设计等方面,我国目前离世界先进水平尚有较大的差距,所以从国外引进一定的器件和整机完全必要。为了保证器件和整机的正确使用,编写出版各种有关器件和设备的使用手册,也是必要的。但是,引进是为了发展我们自己的硬件和软件系统,不能仅停留在使用进口设备的水平上,知其然而不知其所以然。因此,目前很需要对元器件、系统硬件的性能、使用、原理,以及软件开发等作进一步分析的著作,以便广大技术人员能更好地理解微处理机系统设计、开发和应用中所涉及的问题及其解决方法。编著本书的目的正是希望能弥补这方面文献的不足。

本书是以作者所讲授的“微处理机系统”课程内容为基础编写的。读者应对微处理机的工作原理、硬件的基本知识以及汇编语言编程等都已有较好的了解。在此基础上,本书讨论了微处理机系统的应用、设计和开发等问题。

本书共分四章。第一章讨论微处理机系统的发展及趋势,并通过若干应用例子,说明应用微处理机的巨大可能性。第二章用微处理机小系统的各种性能指标来分析和介绍最常用的几种微处理机小系统中的器件,以便在设计时能正确地选择器件。第三章介绍几种重要的大规模集成电路的接口器件。对各种接口器件用一种统一的方法阐明其编程原理,从而使似乎没有什么规律可循的编程规则变得易于理解和记忆。第四章则讨论微处理机系统软件开发、硬件开发,以及联机开发的问题。在软件开发中着重讨论编辑程序和汇编程序。这样,一方面为了不致只讲命令的使用,另一方面又为了避免陷入讲解过于详细的程序清单,以致模糊了概念。所以,在本书中采用简略的流程图来说明各种命令是如何实现的。对于熟悉微处理机编程的读者,从流程图到程序这一步是不难跨过的。在硬件和联机开发方面,讨论低档、中档和高档的三种开发手段:单板机开发,EPROM 仿真器开发,以及在机仿效器(ICE)开发。本书中主要以我国用得最多的 Intel 公司的器件和系统为主,也举一些常用的其它器件作为比较。

本书是以建立微处理机系统的设计、开发和应用的整体概念为主。对于应用的详细例子以及开发系统的具体应用,读者可以参考其它有关图书。

本书的部分内容由浙江大学科学仪器系的范肇基、方钢、胡大可等同志所写。书中引用的许多例子都是科学仪器系的教师和研究生的研究成果,特在此向为写成此书作出贡献的各位致以深切的感谢。

对于书中所存在的缺点和错误,希望读者提出批评和指正。

作 者

一九八四年八月

目 录

序 言

第一章 概 述 (1)

§1 微处理机的功能及其在仪器仪表中的应用前景..... (2)

§2 带微处理机的仪器仪表举例..... (5)

第二章 微处理机小系统的构成 (28)

§1 最小系统的性能..... (28)

§2 英特尔公司的系列..... (31)

§3 单片微处理机系统的新发展..... (53)

第三章 微处理机系统的 LSI 接口器件及其应用..... (67)

§1 微处理机系统与外界的联系..... (67)

§2 并行输入输出接口器件..... (70)

§3 串行输入输出接口器件..... (104)

§4 直接数据存取接口器件..... (131)

§5 CRT控制接口器件..... (158)

§6 软盘驱动器接口器件..... (179)

第四章 微处理机系统的设计与开发..... (211)

§1 微处理机系统的开发过程..... (211)

§2 软件开发..... (214)

§3 硬件开发..... (261)

第一章 概 述

本书着重讨论如何设计和开发微处理机系统，即带有微处理机的仪器仪表和装置的问题。在对问题作进一步的讨论和展开之前，有必要先把几个在目前应用中容易产生混淆的名称作一说明。这几个名称是：微处理机 (Microprocessor)、微计算机 (Microcomputer) 和微处理机系统 (Microprocessor System)。

微计算机通常是指一台完整的计算机，它可以立即进行运行。与小型计算机相比，微计算机的价格较低，尺寸更小，但功能和结构则相仿，只是在计算速度、计算能力、存储量方面不及小型计算机。微计算机由硬件和软件两部分组成。一台微计算机的最基本硬件构成如图1—1所示。

虚线框图中是计算机处理机部分，有时叫中央处理机 (CPU)。在微计算机中，通常都是把用大规模集成技术做在单片硅片上的中央处理机，称为微处理机。所以，微计算机与微处理机间在硬件上的差别在于：微计算机中除了有

微处理机外，还有存储器与与外部设备连接用的输入/输出电路及各种外部设备，它们构成一个能独立工作的系统。微处理机单独是不能工作的，它只是一个器件。

微处理机系统是指带有微处理机的一个能独立工作的系统。它至少应包含有图1—1中所示的那些部分。因此，微计算机也是一个微处理机系统，但微处理机系统不一定是微计算机。例如，TRS—80 I 型二级微计算机用 Z—80 微处理机作为 CPU，有 12K 的 RAM，用全键盘作为输入，CRT 监视器作为输出。另一例为在本章后面所述的医用信号记忆仪，在此仪器中采用了 Z—80 微处理机，2K ROM 和 8K RAM，用按钮和开关作为输入，CRT 示波器作为输出。它的功能是将几路模拟信号保存并可重复显示。上面所举的两个例子都符合图1—1的结构，都能独立地运行，因而也都属于微处理机系统，但是我们不会把医用信号记忆仪叫做微计算机。TRS—80 和医用信号记忆仪的差别主要在软件构成上。微计算机的软件要求能为用户提供编制各种复杂程序的方便，而医用信号记忆仪不需要用户编制任何程序，用户只要根据要求的功能拨动相应的开关或按钮就可以了。因此，为了避免混淆，下面在提到微计算机时指的是各种现成的微型计算机，如 TRS—80，Cromenco，Apple II，PC—8000 等；而用微处理机系统一词时，是指用微处理机芯片和其它芯片所组成的专门用途的系统，不包括微计算机在内。

以上所作的划分不可能是很严格的，特别是在微电子技术发展过程中的一些惯用名称

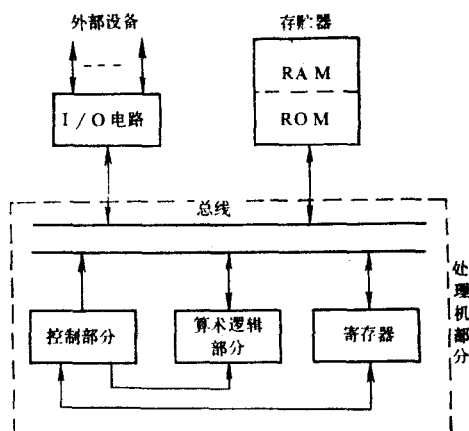


图1—1

会给这种划分带来某些混乱。例如，随着微电子技术的发展，图1—1所示的微处理机系统可以集成在一片芯片上，习惯上就称它为单片计算机，实际上它并不具有微计算机的功能。Intel 公司最初称之为UPI (Universal Peripheral Interface, 通用外设接口)，主要着眼于它可以通过软件和各种外部设备接口，以后又称之为微控制器 (Microcontroller)，着眼于它可以用于各种控制场合而不仅仅是外部设备。对用户来说，它们都是一个专门用途的微处理机系统，所以更确切地说，它应该称为单片微处理机系统，不过习惯上大家仍称它为单片计算机。

实际上，微计算机和我们所称的微处理机系统之间并没有严格的界限，本书所作的区分也只是一种约定。为了便利用户的使用和扩大仪器的灵活性，并为用户提供不同程度的编程方便，现在逐步有专用的带微处理机的仪器。

§1 微处理机的功能及其在仪器仪表中的应用前景

1.1 微处理机的发展简况

自一九七一年生产出第一片微处理机芯片 (Intel 公司的 4004) 以来，微处理机的发展极为迅速，它的应用几乎遍及所有领域。根本原因是随着微电子技术的发展，微处理机的性能价格比愈来愈高。图1.1—1表示了硬件开发价格下降的情况。五十年代一台中型计算机要七至八百万美元，而到七十年代末仅需八至九千美元，二十年内降低到千分之一。如按此趋势发展，到一九八五年将为一千美元左右。

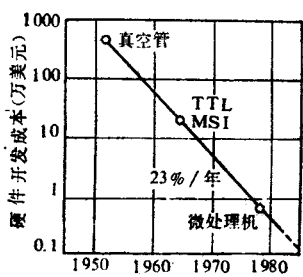


图1.1—1

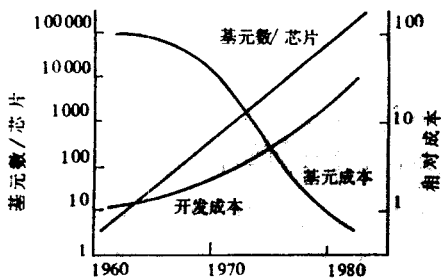


图1.1—2

数字电路的基本基元是逻辑门、触发器和存贮单元。随着微电子技术的发展，在一块硅片上能够集成的基元数不断增加。六十年代初，一片芯片上约可集成10个基元，六十年代中为100个基元，到六十年代末达1000个基元。一般来说，一个芯片上的基元数愈多，其开发费用愈高，但每个基元的成本下降。相互关系如图1.1—2所示。由图可见，集成度从六十年代初的10个基元/芯片提高到八十年代的100000基元/芯片，每个基元的成本下降百分之九十九。这里，器件的开发成本亦在上升，因为器件的开发成本是分摊到生产的每一器件上去的，所以只有器件以大批量生产时，才有可能降低每基元的成本。另一方面，一个芯片上的基元数愈多，则其功能将愈专门，其大批量的生产就将受限制。当然，存贮器芯片没有这种矛盾，每个芯片的基元数主要是受微电子技术的工艺限制。

在七十年代初期,有一种既有专门的功能、又有较大市场的产品——袖珍式电子计算机,因此当时发展了单片计算机的芯片,其集成度为1000基元/芯片左右。由于单片计算机把处理单元、固定的程序、随机存贮器、I/O线路都集成在一个芯片上,使它只拥有一种用途,不能用于其它场合,因而其成本难以降低,影响也难以扩大。

为了摆脱这种局面,集成电路生产中的一个重大发展是把处理控制部分与程序部分、数据存贮部分分开,于是就形成了CPU、ROM和RAM三大类基本器件。这时的CPU不受某一种专门用途的限制,只要改变ROM中的程序就可以把它用于各种场合。这就使得它的生产批量能增大,成本得以降低,而且CPU的功能愈强,其应用的范围愈广,批量也可能愈大,从而又大大促进了微电子技术的发展。这个不带固定程序的CPU,就是现在通称为微处理机的器件。

现在,通用的微处理机已有很大发展,品种日益增多。目前我国采用的主要为Intel公司的系列(8080, 8085, 8086, 8088等);Motorola公司的系列(6800, 6802, 6809, 68000等)和Zilog公司的系列(Z-80, Z-8000等)。采用多芯片的微处理机系统是当前微处理机系统构成形式的主流,因为它在微处理机系统功能选择、程序大小、存贮数据量的大小、以及外接设备的选择上,都有极大的灵活性,能满足各种仪器仪表以及系统控制的要求。

七十年代中,可抹除可编程只读存贮器(EPROM)的开发,为单片微处理机系统打开了新的局面。因为一旦微处理机系统具有由用户编制固定程序的可能后,它就不再是只能作某一种规定功能的专用器件,而变成一种可以适应各种用途的通用器件。单片微处理机系统由于其硬件简单、可靠性高、产品开发周期短、成本低等优点,所以有广阔发展前途。目前只是由于微电子技术水平限制,单片微处理机系统的功能还有限,其限制主要不在于其中的CPU,而是EPROM和RAM的容量,前者决定了可编程序的复杂程度,后者决定能容纳的数据量。目前的水平是在单片微处理机系统中有4K字节EPROM和128~256字节RAM。毫无疑问,随着微电子水平的提高,这两部分是可能大大提高的,从而亦将大大扩展它们的应用范围。

1.2 微处理机的功能

关于具体微处理机的功能,在许多有关微处理机的使用手册和微处理机导论之类的教科书中都可以找到详细的介绍,所以这里不作赘述。

为了进行比较,我们先来看普通的仪器仪表。通常的仪器都是用大量的分立元件、小规模集成电路,或部分的中规模集成电路用硬接线的方式连接起来,以形成一定的功能。由于是硬接线,一旦接定,这部分器件就只能用于这一功能,如要增加功能就需要另外增添器件。例如,如要有一个滤波功能,则要有一部分器件专门用于构成滤波器,如再需要对两信号求和,则又需另一部分器件接成加法器来完成这一功能。总之,一般说来,要求完成的功能愈多、愈复杂,所需的器件数就愈多。硬接线造成的专用性使得硬接线的组件、部件或模块难以有大的生产批量,因此通常的仪器仪表不得不建立在通用分立元件、小规模集成电路或中规模集成电路的基础上。这就带来了设计,制作印刷板,挑选(包括筛选)元、器件,装配,调试等方面的大量工作量。此外,在重量、尺寸、功耗、可靠性

等指标上亦难以提高。

微电子技术可以在一片芯片上集成大量元件，现在已可达到十万个以上元件，远比一般仪器中所含有的元件多得多。因此，原理上它可以完成的功能要比一般仪器更多、更复杂。这就指明了带微处理机仪器仪表的宽广发展前景。

但是，如前面所述，集成大量基元的芯片必须能适应各种不同用途才能生存，因此必须避免“硬接线”所带来的限制。亦即各基元或基元组之间的联系应该是可控的，可重新组合的，以实现各种不同的功能。

微处理机的结构正是这样发展起来的。最初的微处理机就是要设计成一种可编程序的逻辑器件。微处理机内部的基元可以有多种组合方式，各种组合可以完成各种功能。其中数据的来源、数据的目的地、数据流动方向、完成的算术操作，以及完成的逻辑操作等都是可控的。微处理机可实现的功能数目，实际上就是它的指令数目。例如，8080微处理机就有七十八类、二百四十四种不同的功能。Z-80微处理机的功能要比8080多，而且功能更强。当然，十六位微处理机如68000，8086，Z-8000的功能就比八位微处理机更要强得多。

微处理机的各种功能是靠内部的控制和时序信号来实现。功能的选择是由外部来的指令决定。每执行一条指令，微处理机就完成一定的操作。连续执行不同指令的组合（程序），微处理机就可以完成极为复杂的任务。

微处理机内基元联接的可编程是其优点，但也会带来一定的限制。由于是同一一些基元

在完成各种操作功能，因此各操作不能同时进行（或并行进行），只能分时进行（或顺序进行）。以前面所举的例子来看，在硬接线线路中，滤波器和加法器各有自己的硬件，因此这两个操作可以同时进行。在用微处理机的场合，须先进行滤波，再进行相加，或反之。这样，它完成同样的功能就比硬接线线路慢得多。

图1.1—3可以用以说明用硬接线

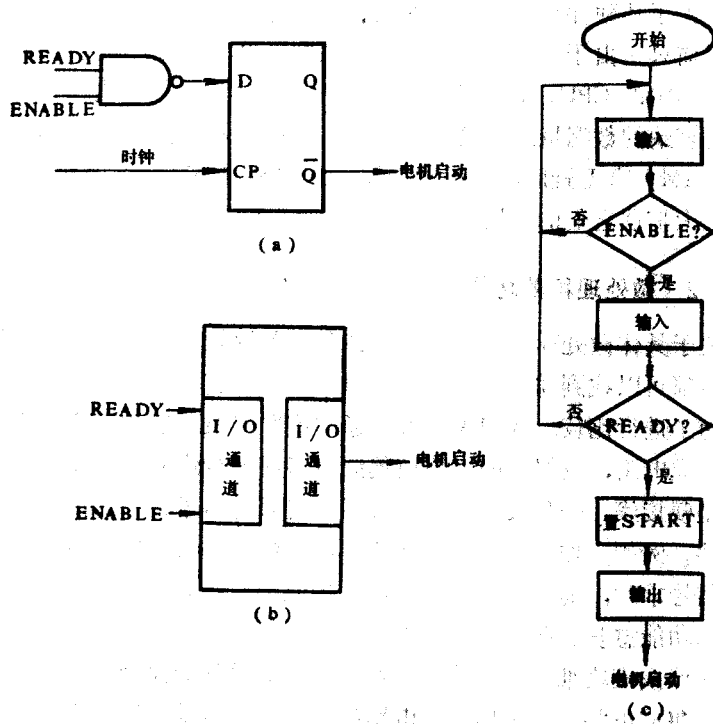


图1.1—3

逻辑与用微处理机来解决同一问题的差别。

要使电机开动必须满足两个条件：即 READY 和 ENABLE 同时存在。在硬接线逻辑中用“与非”门组合两个条件，时钟脉冲通过门电路输出，经 D 触发器去控制电机（图 1.1—3a）。当用微处理机时将按图 1.1—3c 的流程图进行。READY 和 ENABLE 两个信号分别加在微处理机输入通道口中两位上。微处理机先读入输入口中的 ENABLE 位，然后检查是否有信号。如有信号，则再读入输入口中的 READY 位，再检查是否有信号。只有当两信号都存在时，才发出控制电机启动的信号，否则重复 ENABLE 和 READY 信号的检查过程。这个例子说明，在硬接线逻辑中同时进行的事件，在微处理机中变成按照一定先后次序执行的一些基本操作。

微处理机在完成任务时较缓慢（相对于硬接线线路）是扩大微处理机应用上的最严重限制之一，在以后的例子和实践中都将不断证明这一点。在许多场合中，微处理机系统硬件和软件设计的技巧往往是表现在它巧妙地解决了时间的限制。为了克服时间的限制，往往要采用更高速的微处理机。另一方面，也往往要采用多微处理机系统，以使速度上卡口的一些操作能并行进行。

§2 带微处理机的仪器仪表举例

为了说明采用微处理机后，对仪器仪表性能带来的变化，在这一节中将举出多种带微处理机的仪器仪表作为例子。

2.1 流量记录仪

流量仪表是一类应用范围很广的工业仪表，其基本功能是提供流量的累计量，少数还要求提供即时流量值。以往流量仪表靠机电装置进行流量转换和计数，由人工定时进行抄表制成报表。如用一般的电子线路使上述过程自动化，则仪器将是非常复杂、庞大和昂贵的。

下面介绍的 DN—1 型流量显示记录仪是由浙江大学科学仪器系为某大型供水工程配套研制的，仪表具有下列的功能和特性。

1. 一般特性

输入信号 5 路独立检测

幅值：1~5 伏

量程范围 即时流量：0~16,500 立方米

累积流量：0~99,999,999 立方米循环计数

精度 0.2%

显示方式 九位七段发光二极管

显示内容 各路即时流量（5 秒更新一次）

各路累积流量（5 秒更新一次）

电子钟

操作提示符

打印方式 定时(30分钟)
 随机手控

打印内容 打印时刻(月,日,时,分)
 各路当前累积流量,立方米
 各路累积流量总和,立方米

打印纸规格 58毫米卷筒式普通纸

控制键 功能键(位于前面板)
 复位键(位于机箱内)
 调整键(位于机箱内)

工作方式 连续

电源 ± 24 伏直流, $\pm 10\%$

功率 小于40瓦

环境温度 $+5^{\circ}\text{C}$ — $+40^{\circ}\text{C}$

电子钟计时误差 月差小于5秒

概括地说,在自动工作状态下,仪表能每隔30分钟自动打印出一份报表,其中有打印的时间,每一路的累积流量和5路总累积流量。在调整状态时,操作人员可重新设定月、日、时、分值(例如,由于发生切断电源后,时钟需重新设定)。操作人员也可以手控,在任意时刻打印一份报表。

2. 工作说明

流量显示记录仪采用 Intel 公司的单片微处理机系统 8748 来完成全部数据的收集、处理以及控制的功能。用 VOESA 1807 袖珍计算器上的微型字轮打印机作为打印输出设备。显示采用九位七段发光二极管,除显示流量值以外,还显示月、日、时、分,以及调整设定时用的各种字符和提示符。流量传感器来的电压信号,经过多路转接器分时测量,信号电压由电压—频率转换器转换成脉冲输入 8748。图1.2—1为仪表的方框图。

8748时钟信号由晶体振荡器产生,因此稳定性极高。这一信号经过8748内部分频,形成各种定时信号,包括用于产生内部电子钟、控制多路转接时序及控制打印机定时工作时间等。

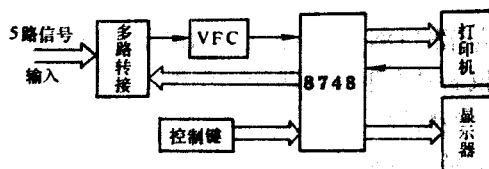


图1.2—1

作为带微处理机仪表的一个特点,该仪表只有极少的控制按键。

第一个按钮为复位键,用于重新开始全部调整过程。按下复位键,系统进入调整状态。这时各累积流量均清零。为了防止丢失数据,这个按键装在机箱内,以免无意中误按按键。

第二个键为调整键。按下调整键,系统也进入调整状态,但数据不清零,输入信号的采样值也不丢失。这个按键平时也不使用,所以也安装在机箱内。

第三个键为功能键。它有许多功能,通常一键多用是带微处理机仪表的一个特点。在带微处理机的仪表中,常用显示与按键的结合来实现一键多用,由显示告诉用户现在按键

起什么作用。

ND—1 型流量显示记录仪的功能键有如下功能。

(1) 首次通电或按复位键后, 显示器显示Ad100, 表示流量仪进入调整状态(Adjust)。这时可调整内部电子钟的初始值。调整值对月、日、时、分各为二位数, 故共计需调整八个值。调整时显示提示符 1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b, 分别指示调整值为月十位、月个位、日十位、日个位、时十位、时个位、分十位、分个位。显示的右端两位代表调整项的数值, 该数值由内部程序控制作循环示数, 如对分十位, 显示以0—1—2—3—4—5—6—0—……作循环显示。操作员只须在观察到所需数字时按下功能键, 计算机即记忆该数字作为初始值, 并自动进入下一数值调整。

(2) 经过八次调整, 月、日、时、分的初始值均已设定, 流量仪进入连续走纸状态。更换打印纸在此时进行。操作员按下功能键, 流量仪即退出这一状态。这时, 显示器显示月、日、时、分的初始值。但这时电子钟并未开始计时, 对输入信号的采样和计数也并未开始, 流量仪处于待命状态。

(3) 当时间到达设定的时间初始值时, 操作员即刻按下功能键, 流量仪进入自动工作状态。这时显示器对月、日、时、分作动态显示, 每隔半小时自动打印出一份累积流量的流水报表。报表内容包括当时的月、日、时、分, 5路的各自累积流量(包括路号及累积流量值)以及5路总累积流量值。

(4) 如果需要在随意时刻打印报表, 或者检查各路即时流量或累积流量, 可在自动工作状态下, 再按功能键, 使流量仪进入功能选择状态。此时, 显示器显示 SELEC (Select) 提示符。如果不再按功能键, 则数秒钟后流量仪重新恢复到自动工作状态。

在显示 SELEC 时, 如按下功能键, 则显示器将依次显示以下提示符:

P, A_, B_, C_, D_, E_, A,B,C,D,E

各个提示符的意义如下:

P 随机打印;

X_ 检查监视 X 路即时流量;

X 检查监视 X 路累积流量;

A,B,C,D,E 分别相应为第一、二、三、四、五路流量。

在显示 P 时按下功能键, 则打印机打印出该时刻的流量报表。打印结束, 流量仪自动进入自动工作状态。

如在显示其它提示符时按下功能键, 即对相应路的即时流量或累积流量进行检查和监视。流量监视以动态显示方式进行, 数据更新时间为 5 秒。直到下一次定时打印后恢复到自动工作状态。

如要退出流量监视状态, 或者要更换执行功能, 可以按功能键, 这时流量仪重新进入功能选择状态, 并显示 SELEC。

用一个按键完成如此众多的功能, 在不用微处理机情况下是难以想象的。ND—1 流量仪在没有增加任何硬件的情况下实现了这些功能, 充分说明了带微处理机仪表的潜力。

关于进一步的设计情况将在后面再作介绍。

2.2 心电仿真仪

心电仿真仪属于另一类仪器——信号发生器。

在临床医学仪器中，很重要的一类仪器为心电仪器，其中包括心电图仪、心律监视仪、心脏起搏器等。为了评价这些仪器的性能，需要有一种能产生各种心电波形的仪器。心电波是一种特殊类型的波形，反映心脏的电活动。正常的心电波之一如图1.2—2所示，由P—Q—R—S—T波群和平坦的等电位线两部分组成。随心脏病理现象的不同，心电波形会发生各种各样的变化。在图1.2—3中只是表示了几种病理心电波形。除了

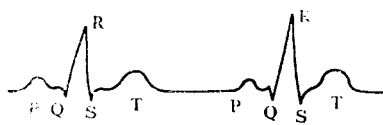


图1.2—2

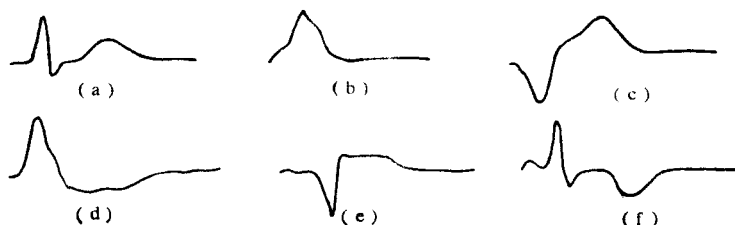


图1.2—3

波形的变化以外，还有节律上的变化，如早搏、漏搏、二联律、三联律等。少数几种节律失常示于图1.2—4。

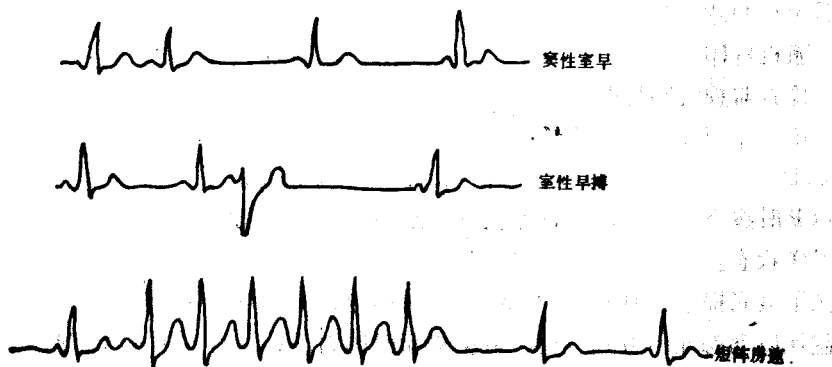


图1.2—4

要用通常的电子线路来产生如此奇特的波形是十分困难的，所以长期以来难以在实验室或工厂内对心律监视仪等的性能作出评价。最近几年来，开始建立起心电图的数据库，把各种正常和不正常的心电图用调制方式记录在磁带上。通常，每种心电波记录为10~15分钟，各种心电磁带可以有数十盘之多。这种发生心电波的方法有多种缺点：首先，用户必须要有数据记录磁带机（Data Recorder），这是一种比较昂贵的设备；其次，用户必须

备有几十盘磁带；此外，每一种心电波形只有15分钟左右，如需要更长时间的心电波形就有困难；最后，从一种心电波换到另一种心电波是相当不方便的，要从一盘磁带中找到所需的心电波也颇化时间。

美国威斯康辛大学研制了一台带微处理机的心电仿真仪。利用微处理机系统的波形数字存贮和可编程的特点，使心电仿真仪可以产生许多种正常或不正常的心电波形。浙江大学科学仪器系根据该仪器的基本原理，作了改进和功能扩展，研制成下述的可编程心电仿真仪。

仪器的面板如图1.2—5所示。

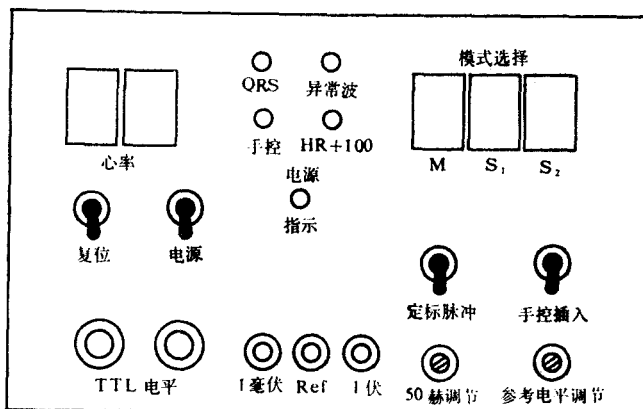


图1.2—5

仪器具有以下的主要功能。

(1) 心率选择 面板上有两个十进心率拨盘，可使心率在0~99次/分之间变化。

(2) 模式选择 模式选择是心电仿真仪性能的主要部分。模式选择有三个十进拨盘： M 、 S_1 、 S_2 。

拨盘 M 为工作模式选择，共分0~7共八种工作模式。下面将分别对这八种工作模式作一介绍。

工作模式0为线性测试信号，常用于心电记录仪的性能测试。

$S_1 = 0$ LED 检查，四个 LED 半秒一次轮流点亮。

$S_1 = 1$ 方波，幅值可调。

$S_1 = 2$ 十六级阶梯波，每级延时0.2秒。

$S_1 = 3$ 斜波 ($S_2 = 0$ 时)

等电位线 ($S_2 = 1$ 时)

工作模式1为正常心电波。

$S_1 = 0$ II 导联

$S_1 = 1$ AVF 导联

$S_1 = 2$ V_1 导联

其中， $S_2 = 0$ 时为正常 ECG； $S_2 = 1$ 、2 时，RR 间期变化10%； $S_2 \geq 3$ 时，RR 间期变化20%。

工作模式 2 为一般早搏。

$S_1 = 0$ 窦性早搏

$S_1 = 1$ 房性早搏

$S_1 = 2$ 交界性早搏

$S_1 = 3$ 室性早搏

其中： $S_2 = 0$ 时为正常 ECG，手控产生早搏，每次开关插入一个早搏波。 $S_2 \neq 0$ 时编程发生早搏，间隔为 $2S_2$ 秒。例如， $S_2 = 4$ 时，则在正常 ECG 波中每隔 8 秒插入一个早搏波。

工作模式 3 为特殊早搏。

$S_1 = 0$ 间插性早搏

$S_1 = 1$ 差异性房性早搏

$S_1 = 2$ R 波落在 T 波上的室性早搏

$S_1 = 3$ 多源性室性早搏

其中： $S_2 = 0$ 时为正常 ECG，手控产生早搏，每次开关插入一个早搏波。 $S_2 \neq 0$ 时，早搏间隔为 $2S_2$ 秒，但对多源性早搏，间隔为 S_2 秒。

工作模式 4 为心动过速，心率为心率拨盘读数加 100

$S_1 = 0$ 窦性心动过速

$S_1 = 1$ 房性心动过速

$S_1 = 2$ 交界性心动过速

$S_1 = 3$ 室性心动过速

其中： $S_2 = 0$ 时为正常 ECG，手控产生连续过速； $S_2 \neq 0$ 时，编程产生过速，每隔 $2S_2$ 秒产生 $2S_2$ 秒的心动过速。

工作模式 5 为传导阻滞。

$S_1 = 0$ II 导联漏搏

$S_1 = 1$ V_1 导联漏搏

$S_1 = 2$ 房室传导阻滞（II 导联）

$S_1 = 3$ 房室传导阻滞（ V_1 导联）

其中： $S_2 = 0$ 时手控发生漏搏，连续按手控时发生窦性静止； $S_2 \neq 0$ 时编程发生漏搏，间隔时间为 $2S_2$ 秒。

对于房室传导阻滞：当 $S_2 = 0$ 时，为正常 ECG； $S_2 = 1$ 时，为 1:1 传导（I 型）； $S_2 = 2$ 时，为 2:1 传导（II 度 II 型）； $S_2 \geq 3$ 时，为 $S_2:S_2 - 1$ 传导（莫氏 I 型）。

工作模式 6 为胎儿心电。

$S_1 = 0$ 带母体 ECG 的胎儿心电波

$S_1 = 1$ 分离后的胎儿心电波

其中：母体心率为心率选择拨盘读数 HR，胎儿心率 $FHR = 100 + 10S_2 + HR$ （低位）。

工作模式 7 为综合病例。

$S_1 = 0$ 腔内心电波（ $S_2 = 0 \sim 3$ 共四种）

$S_1 = 1$ 心肌梗塞型（ $S_2 = 0 \sim 3$ 共四种）

$S_1 = 2$ 心肌肥大（ $S_2 = 0$ ）

$S_1 = 3$ 传导阻滞 ($S_2 = 0$)

其中：当 $S_1 \neq 0$ 时，可随时由手控在 ECG 中插入任意个异常波。

(3) 工频干扰调节 仪器在所产生的心电信号上迭加一个50赫的工频干扰信号，干扰信号的幅值可调。可以用来测试心电图仪的抗工频干扰能力。

(4) QRS波宽度 在面板上TTL电平插口上可输出一宽度与 QRS 波宽度相等的方波。

(5) 定标脉冲输出。

(6) 1 伏、1 毫伏波形输出。

由以上所述可见，心电仿真仪有极其多样的心电波，即既可持续发生某种波形，又可随机插入某些偶发性波形。各种波形之间的转换仅在于拨动相应的拨盘。而仪器的成本低廉，尺寸、重量都很小。

心电仿真仪的基本原理是把心电波形分成两部分，一部分是 PQRST 波，另一部分是等电位部分。在仪器的存贮器中，存有如图1.2—2、1.2—3所示的几十种临床上重要的心电波的PQRST波。这些存贮的波形，根据面板上模式选择的位置，由程序从存贮器中取出，并经过D/A转换器恢复成模拟波形。在每个波形后面接一段根据心率计算出的等电位线，以形成一个周期。

根据所涉及的心律失常，微处理机按不同的数学模型来计算等电位线长度。在该仪器上所能发生的心律失常，大致可以分成三类模型。第一类心律失常模型表现为各个心电波形出现的时间不均匀，而各次波形的形状大致不变；第二类表现为波形形状和周期长度都变化，如早搏、漏搏、心动过速等情况；第三类则可近似认为波形变化而周期大致不变。

仪器的软件由基本流程（主程序）、模型算法程序、定时和时序以及常用子程序器部分组成。

微处理机系统的硬件采用 Intel MCS—85 系统中 8085 CPU 和 8156 RAM+I/O + TIMER，另外用了 8K EPROM（四片 2716），其中三片 2716 用作存贮各种心电的模板，一片 2716 存放仪器的固定程序。系统的框图如图1.2—6所示。

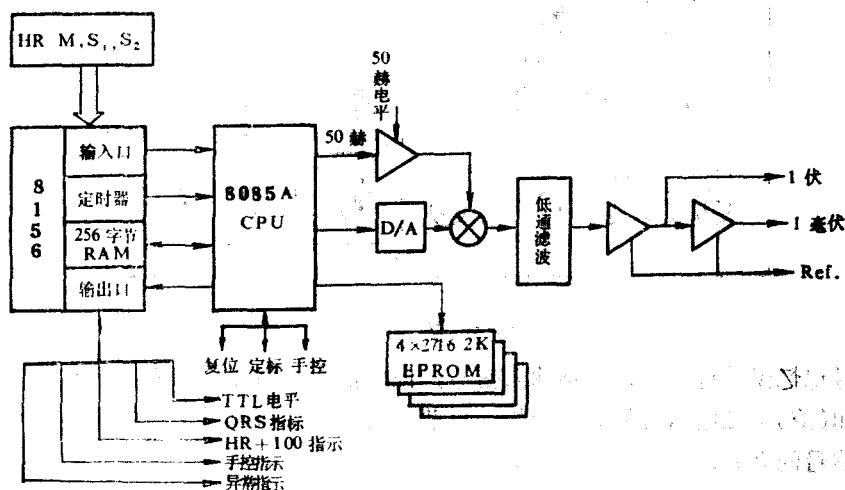


图1.2—6

2.3 医用信号记忆仪

在临床医学中,对慢变信号进行监视是个重要问题。许多生理信号都是慢变信号,如心电、血压、体温、呼吸等。长期以来,这些信号都是用阴极射线示波器来监视。由于信号的一过性,如一个心电波只在屏幕上出现一次,要对它进行捕捉和分析观察是十分困难的。为了延长心电波在屏幕上的可观察时间,常采用长余辉示波管。长余辉示波管虽使情况有所改善,但仍不赋予足够的时间来进行仔细观察。进一步的发展是采用记忆示波管,记忆示波管能把单次现象冻结显示在示波管屏幕上,但不能使慢变的单次现象清晰地屏幕上移动,也不能捕捉住事件发生前的变化。此外,记忆示波管价格昂贵,其性能在观察慢变信号时没有充分发挥,因此是不经济的。临床上大量使用的各种监护仪中,最希望能把这些慢变信号,如心电,记录下来。如果以每秒25或50毫米的走纸速度来记录心电波,则将耗费大量的记录纸,而对大部分的正常心电波并不具有诊断价值。因此,理想的情况是护理人员能在屏幕上看到与用记录仪记录下来的完全相同的移动波形。如无异常,波形移出屏幕即消失;如发现异常,护理人员可以将屏幕上异常波形及其以前的波形都记录在记录仪上,也可以令屏幕上的波形停止不动,以便仔细观察和分析有关的波形。

能使已经过去的信号仍显示在屏幕上(这点长余辉和记忆示波管能实现)并移动(这是长余辉和记忆示波管所做不到的)的显示,我们称之为非渐隐式显示,而使波形在屏幕上静止不动的显示称为冻结显示。

浙江大学科学仪器系研制的医用信号记忆仪就是一台具有非渐隐式显示及冻结显示功能的仪器。仪器是以临床自动监视仪作为应用对象的,所以其显示信号是以心电为主要对象,也可以用于显示其它的低频信号,如血压、呼吸等。仪器也可以作为普通示波器的一个附件,可将普通示波器转变为低频信号的记忆示波器。

图1.2—7为医用信号记忆仪的一种型号面板部分。

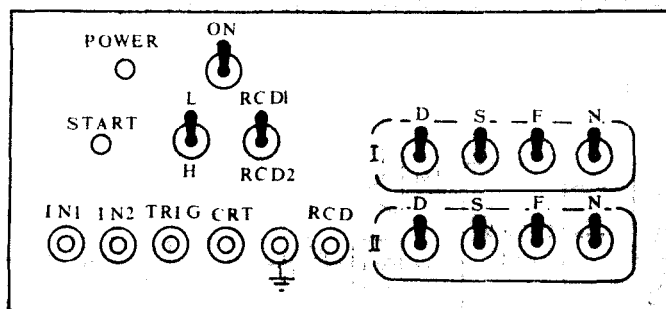


图1.2—7

该型号记忆仪设计成记忆两路输入信号,但显示为三路信号。所显示的第三路信号是对第一路和(或)第二路信号的处理结果。目前的处理内容可以是两路信号之和(的1/2),或第一路信号的微分,或第二路信号的微分。

两路输入信号由插口IN1、IN2输入,通过移电平电路及两路转接的模拟开关,由模一数转换器转换成数字值。信号的采样频率可以有250赫和125赫两种,前者是用于对心电