

高等学校教学用书

测井仪器原理

数控测井地面仪器

郑学新 李会银 等编



石油大学出版社



登录号	126457
分类号	P631.81
种次号	050

测井仪器原理

(数控测井地面仪器)

郑学新 李会银 等编



S977/24



石油0121821

石油大学出版社

鲁新登字 10 号

内 容 提 要

本书是以引进的 CLS 数控测井地面仪和 CSU 遥测系统为典型仪器编写的测井仪器原理教材。书中包括了 CLS 地面部分的系统配置、8/16E 计算机的基本组成、I/O 总线结构、专用外设(即信号恢复面板)和通用外设(如 CRT、绘图仪、磁带机)等设备控制器的电路原理,遥测通讯系统的电路原理。内容比较新颖。

本书为石油高校矿场地球物理专业本科生、函授生教材,也可供现场有关技术人员、科研人员参考。

测 井 仪 器 原 理

(数控测井地面仪器)

郑学新 李会银 等编

*

石油大学出版社出版

(山东省东营市)

新华书店发行

石油大学出版社微机室排版

石油大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 14.25 印张 插页 1 362 千字

1993 年 9 月第 1 版, 1993 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—1100 册

ISBN 7-5636-0232-1/TE·49

定价:11.50 元

前 言

测井仪器原理是矿场地球物理专业必修课程之一,它包括下井仪器和地面仪器两大部分。下井仪器部分,分为电法测井仪器和非电法测井仪器两册,由冯启宁教授主编,已于 1992 年前出版;地面部分,因种种原因,未能按期出版。当时,为满足教学急需,改成校内胶印,使用二年来,教学效果良好。现在出版的这本书,就是在胶印教材基础上进一步修改补充编写而成的。

本书是石油高校日校和函大本科矿场地球物理专业,的教材,也可做测井仪器方向研究生的教材,同时也可做现场培养数控测井仪器操作工程师和仪器维修工程师的参考书。为使一书多用,书中部分内容超出了本科生教学大纲的要求,在教学时可酌情删减。

数控测井仪器在不断发展进步,本书所编写的仪器属国际 20 世纪 80 年代中、后期的水平,和 90 年代新的数控成象测井系统相比已经落后。但是,作为一部教材只能反映哪些在技术上比较成熟,并正为现场或将为现场普遍使用的仪器。CLS 系统制造技术,我国在 90 年代初才引进投入生产。为此,我们当时选用了它作为本书的典型仪器。这样有利于学生联系实际理解和掌握课程内容,也有利于他们今后的工作。CLS 系统在 80 年代末生产的仪器也配置了电缆遥测系统。它与 CSU 系统中的遥测系统 CTS 在原理上是一致的。为了和已出版的井下仪器部分更好衔接,我们选用了 CSU 的 CTS 系统。本书第一、第五章由郑学新、冯启宁共同执笔,第六章由李会银执笔,其余各章由郑学新执笔,全书由胜利油田测井公司、高级工程师、副总工程师郑星斋主审定稿。在此,向他表示衷心的感谢。

由于编者占有资料不全,水平有限;书中错漏之处在所难免,敬请读者提出批评指正。

编者

1993年10月

绪 言

一、测井地面记录仪的发展概况

我国陆上石油测井工作始于 1947 年,当时采用的测井设备非常简陋,地面记录仪用的是自制的人工补偿电位差计。解放后,随着我国石油工业的发展测井技术装备日益改善。1953 年我国引进了苏联“51”型全自动地面测井站。1958 年自制出了 JD581 多线测井仪,这是一种和“51”型一样以光点照相示波仪为核心的模拟记录设备,至今在我国石油勘探开发中还发挥着一定作用。

随着石油勘探开发难度和测井深度的增加,测井项目及复杂性日益增加,测井信息量剧增,传统的模拟记录仪器远远不能适应测井技术发展的需要。为此,国外在 20 世纪 60 年代出现了数字测井仪。数字测井仪采用数字磁带机作记录设备,在一定程度上提高了数据处理的精度和可靠性,为测井资料的数字化处理带来了方便。但数字测井仪并未从实质上改变模拟记录的结果,且开关繁多、操作不便。

伴随着微电子科学和计算机工业的蓬勃发展,数控测井仪器于 20 世纪 70 年代中期间问世。自 1975 年到 1976 年间,美国几个大石油测井公司——斯仑贝谢、德莱赛、阿特拉斯(现更名为西方阿特拉斯公司),吉尔哈特(现合并到哈里伯顿公司)分别生产出了 CSU(Cyber service unit),CLS(Computer logging system)和 DDL(Direct digital logging)数控测井仪。这些数控测井仪和非数控测井仪的重要区别是它有一个以计算机为核心的实时测量控制系统。测井过程控制、数据采集处理和计算过程全部由计算机按程序规定完成。实时控制系统的硬件和软件设置与计算机的型号性能紧密相关,CSU 用的是 PDP-11/34,CLS 是 8/16E,DDL 是 IIP-1000A900,由于它们的机型不同,所以它们各自系统的硬件、软件设置亦不同。

CSU、CLS 和 DDL 的计算机都是 16 位小型计算机。这些计算机和当代相同总线宽度的微型计算机 INTER 80286 相比,无论工作可靠性、工作速度、寻址能力和性能价格比都大为逊色,和 80386、80486 这些高性能微机更有天壤之别。为此,斯仑贝谢和西方阿特拉斯公司在 20 世纪 80 年代就着手用高性能微机改造原数控测井系统。经过数年的研制,他们终于在 20 世纪 90 年代初,分别推出了新一代数控测井系统 MAXIS 500 和 ECLIPS-2000。这是一种以多任务成像测量和高速遥测技术为主要特征的现代数控测井系统。它们以高性能的 32 位微型计算机为主机,具有很强的数据处理能力。

二、数控测井地面系统的特点

数控测井系统以主计算机为核心,加上通用和专用外设以及软件系统构成。通用外设有磁带机、磁盘机、绘图仪、电传打印机、CRT 显示器和控制台等设备。专用设备是指连接各种测井下井仪器和测井信号模拟器的接口装置。软件系统包括系统软件 and 用户软件。计算机在软件系统的支持、管理下,可以通过专用外设采集处理来自井下仪器的测井信息,并由磁带机、绘图仪、CRT 显示器显示记录成测井曲线。

数控测井地面仪就是一个由计算机进行实时控制的数据采集系统。但需指出,这个数据采集系统必须按深度控制采样,这和一般采集系统按时间控制采样是不相同的。为此,在数控测井地面系统中设置了深度子系统,用以产生深度中断信号控制测井数据采集,以使测井数据曲线的显示,记录和深度一一对应起来。

数控测井仪器和模拟测井仪器相比是划时代的进步,一般说来,数控测井仪器有以下特点:

1. 操作简便,一次完整的测井过程,除了井场仪器连接外,仪器测前测后刻度,下放上提测井都是由程序控制自动完成的。这样,简化了仪器操作,减轻了操作员的劳动强度,使操作人员可以把主要精力放在监视测井曲线的质量和现场处理上。

2. 能进行质量控制,大大提高测量精度。因为数字处理避免了模拟器件的直流漂移和非线性误差,并能进行实时质量控制,所以可以使测量精度大大提高。

3. 解释资料迅速,在井场就可得到初步的解释成果。如各种单项统计图、交会图、现场快速直观评价、有效孔隙度、地质剖面情况等,可用以及时指导钻井施工和油田开发。

4. 有较强自动测试和诊断能力。数控测井系统是非常复杂的,在井场测井要求效率高,若出现故障,靠人工检查是非常困难的。为提高时效和测井资料的质量,在数控测井系统中均配有测试程序和诊断程序,用以对系统进行快速测试和诊断,及时找出故障加以排除。

5. 易于扩展仪器功能。下井仪器按不同的输出信号做成各种不同的通用接口。新研制的仪器,其输出信号必须和某一接口的输入信号匹配,这样,只要编制出相应的软件就可以了。总之,研制一种新仪器,只需要研制出探测器和其专用软件,就可接入数控测井系统测井。和传统模拟测井仪器相比,节省了研制仪器专用面板的时间,可以大大缩短仪器研制周期,降低生产成本。同时软件比硬件功能强,灵活性大,调试修改方便,有利于提高仪器精度和总体性能。如在核测井仪器中,采用了软件数字滤波技术,使测量结果既降低了统计涨落又获得了较好的测量动态响应。许多过去模拟测井仪器无法实现的测井新方法,如声波全波列测井、横波测井、自然伽马能谱测井、岩性密度测井、恒功率式双侧向测井等,自数控测井系统问世后,都雨后春笋般地出现了。进入 90 年代以来,随着高性能微机和高速遥测通讯技术在数控测井仪器中的应用,一批成像测井仪器又应运而生,展示出了数控测井仪器向更高层次迅速发展的新态势。

我国 1989 年引进 CLS 数控测井生产线,现已投产。与此同时也在加紧研制以 80386 高性能微机为主机的新型数控测井仪。为加速我国测井装备的改造,各油田还研制出了多种改造多线仪的小数控测井仪。统观所有这些数控测井地面仪器系统,目前及至将来一段时间内,在我国油田测井中,复盖面最大,技术上又最为成熟的仪器,仍将是 CLS 系统数控测井仪器。因此,本教材选用了 CLS 为典型仪器,又用了一章的篇幅介绍了 CSU 的遥测系统,因为采用高速遥测系统是当代高性能数控测井系统的重要标志之一。有了这些基础知识,对将来学习其他数控测井地面仪器是有帮助的。

目 录

绪 言	1
第一章 CLS 系统的硬配置和主计算机	1
1.1 CLS 系统的硬配置	1
1.2 8/16E 计算机简介	3
1.3 8/16E 指令系统及指令格式简介	9
1.4 输入/输出系统	16
1.5 中断系统	23
小结	25
习题	26
第二章 CLS 裸眼井测井信号恢复面板	27
2.1 概述	27
2.2 模拟信号道	29
2.3 脉冲信号测量道	31
2.4 声波信号测量道	36
2.5 PCM 信号道	44
2.6 CLS 的深度系统	52
2.7 信号恢复面板的主控制器	64
2.8 CRT 显示控制接口	73
小结	87
习题	87
第三章 完井信号恢复面板	89
3.1 概述	89
3.2 能谱显示控制面板	91
3.3 C/O 能谱和中子寿命信号接收电路	97
3.4 CCL 和同步检测器	107
3.5 水泥胶结测井和垂直测井	111
小结	116
习题	117
第四章 CLS 系统的记录设备	118
4.1 绘图仪及控制接口	118
4.2 磁带机及控制接口	140
4.3 硬磁盘机	162
小结	163

习题.....	163
第五章 CLS 的软件系统简介	164
5.1 操作系统	164
5.2 应用软件	166
小结.....	176
习题.....	176
第六章 电缆遥测系统.....	177
6.1 概述	177
6.2 CTS 系统主要技术指标	178
6.3 双相位调制	178
6.4 下传命令和上传数据格式	178
6.5 井下仪器总线 DTB	180
6.6 井下遥测短节 TCC 框图分析	181
6.7 TCC 典型电路分析	184
6.8 地面遥测模块 TCM 工作原理	203
小结.....	215
习题.....	216

第一章 CLS 系统的硬配置和主计算机

1.1 CLS 系统的硬配置

CLS 系统以 8/16E 计算机(系列号为 3751/3782)为核心,是一种小型计算机系统。8/16E 按程序对整个系统实施管理,进行实时控制、数据采集和数据计算处理。

8/16E 是 CLS 系统的主计算机,为了执行测井任务,给它配置了用于记录,显示和进行测井数据采集、处理的通用和专用外设,他们是:电传打字机、测井信号恢复面板、信号模拟器、CRT 显示器、数字磁带机、硬磁盘机、绘图仪、接线控制面板等。

电传打字机 TTY(3756/3787)是人机联作的界面,操作员通过它给计算机下达工作命令,或接收系统反馈的状态信息。平时操作系统软件驻留在硬磁盘上或 95 机磁带上,测井需要时,由操作员将它加载到内存并启动执行。

测井信号或由信号模拟器(3766)产生的模拟信号,经信号恢复面板(3752/3764,3752 用于裸眼井,3764 用于套管测井)对测井信号恢复和做数字化转换后送主计算机,并送 CRT(声波信号送示波器)显示,以供监视。计算机处理后的结果数据送绘图仪(3759/3780)和磁带机记录,可获得测井曲线图和原始数据带。

CLS 系统有两台绘图仪,一台记录 1:200 测井曲线,另一台记录 1:500 曲线或作备用。九轨数字磁带机(3753)也有两台,一台称“95”机,用于输入测井服务表,另一台称为“85”机,用于记录测井结果数据。

CLS 系统配有一台双盘硬磁盘机(3785/3796),用以存放操作系统软件。在测井需要时,可由它高速调入计算机内存,提高操作效率,3796 硬磁盘机容量可达 85MB×2。

CRT 显示器(3762)可以滚动显示或冻结显示 100 或 500ft 井段的测井曲线。

测井深度子系统是测井地面仪器系统中不可缺少的重要组成部分之一。如图 1-1 所示,深度编码脉冲经绞车控制面板送信号恢复面板,经深度逻辑电路接收、处理、进行误差校正后,由测速和深度计数器计数得到测井速度和测井深度,并产生采样率信号控制数据采样的深度间隔。

此外,系统中还有接线控制面板(3765),用以控制连接下井仪器的缆芯换接;示波器(3631),用以监视声波波形和放射性脉冲;通讯调制解调器(3761),用于远程数据传输,可在海上或沙漠中测井时使用;电源和取芯射孔面板等。

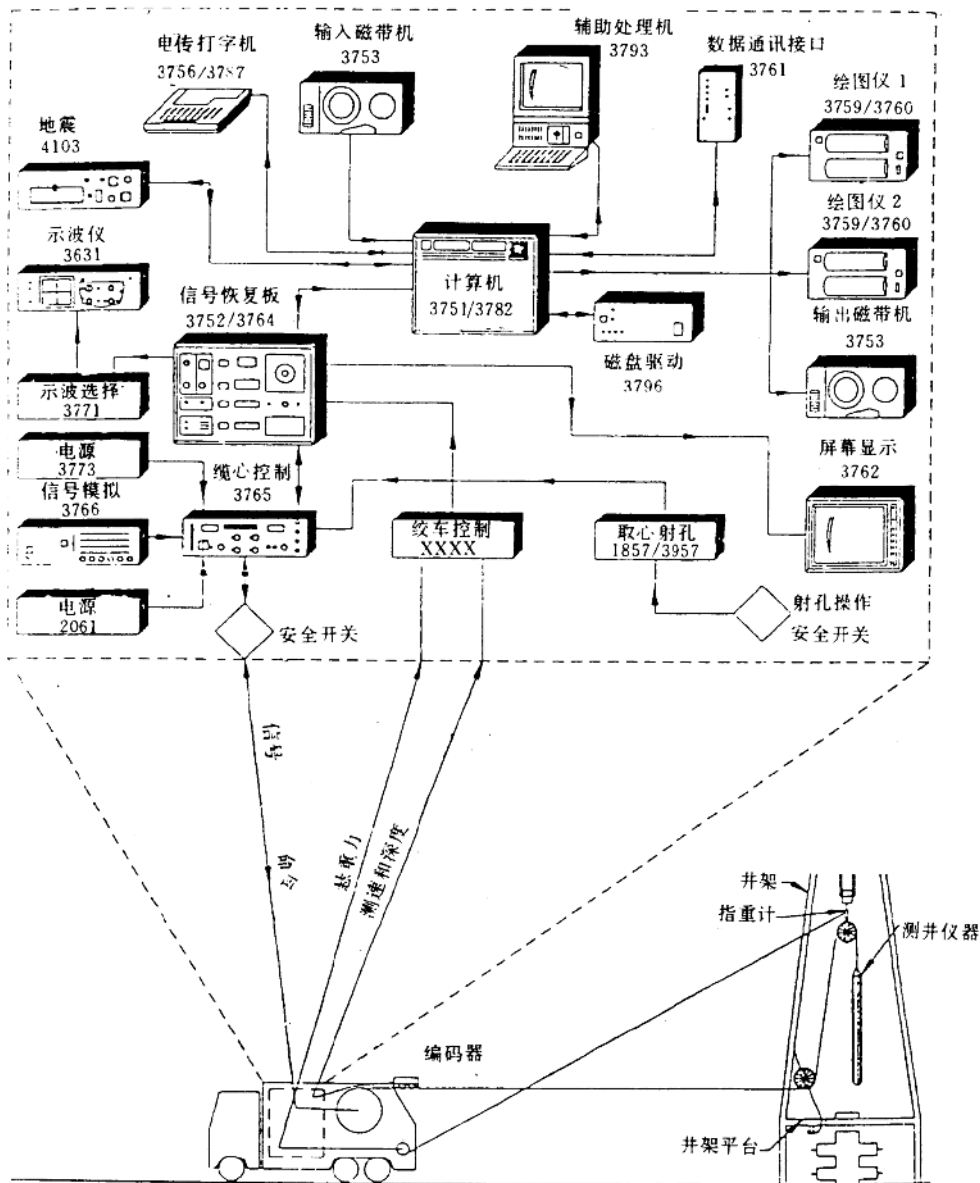


图 1-1 CLS 系统配置图

1.2 8/16E 计算机简介

8/16E 计算机字长 16 位,由中、大规模集成电路构成。可用于数据通讯、过程控制和科学计算,属 20 世纪 70 年代初期性能较好的通用小型计算机。

8/16E 计算机的基本组成包括中央处理机 CPU、主存储器、I/O 控制器及系统总线。CPU 是整个系统的控制中心,它按程序规定的顺序执行指令,完成算术和逻辑运算功能。主存储器 RAM,早期采用的是磁芯存储器,后改用 CMOS 半导体存储器。容量为 64KB,可扩展到 256KB。

8/16E 机的系统总线采用多总线结构。中央处理机和选择通道(ESELCH)共享高速存储总线,可分时对主存储器进行读写操作。高速外设,如磁带机、磁盘机及 H·S·A/D 通过选择总线与某选择通道连接,它可旁路 CPU 与内存进行高速数据交换。当存储器的存储周期为 750ns 时,对 16 位 DMA 传输率可达 2MB/s。因受 DMAC 优先链路响应速度的限制,最多可有 4 个 ESELCH(即 DMAC)接入高速存储总线,而每个 ESELCH 最多可管理 4 台高速外设。在 CLS 系统中只有磁带机、磁盘机和 H·S·A/D 使用 ESELCH。

多路转换 I/O 总线(简称 MUX BUS)是在 CPU 直接管理下的 I/O 通道的,大多数 I/O 设备通过该总线与 CPU 通讯,并通过 CPU 与内存交换数据。

MUX BUS 是一种异步 I/O 通讯总线,具有完善的联络功能,按先进的链式中断优先权传送中断信息。该总线在 CLS 系统中起很重要的作用,大多数专用设备接口,如信号恢复面板,

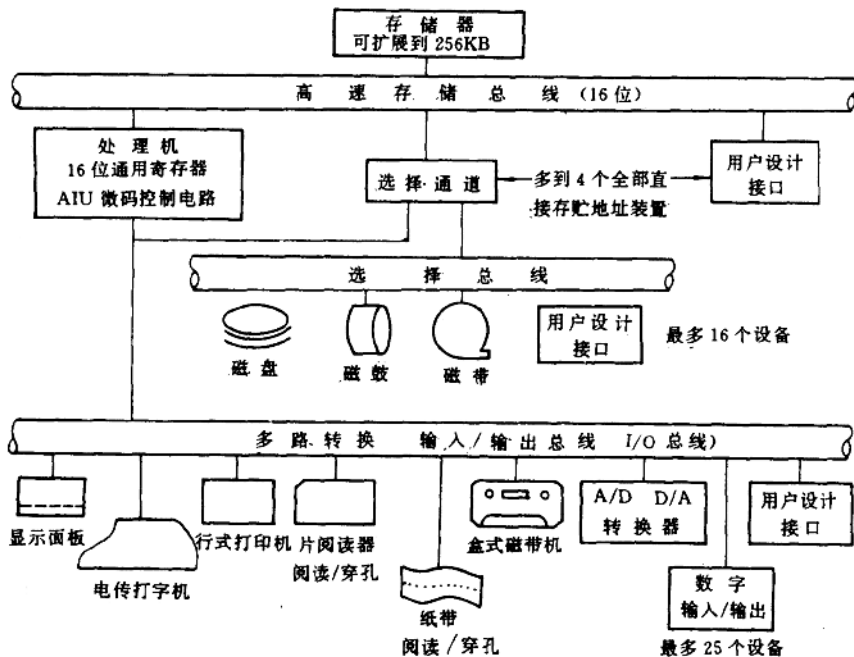


图 1-2 8/16E 机的系统组成

绘图仪控制器等都挂在该总线上。MUX BUS 最多可容纳 255 个设备地址,选择通道也作为 MUX BUS 上的一个设备与 CPU 连接,见图 1-2 所示。

为提高计算机的数据计算能力,在 8/16 计算机 E 中还设置有乘/除(M/D)板和浮点处理机(FPP)。M/D 板在微程序控制下执行乘法或除法指令。FPP 用来完成浮点运算指令,它们的操作数由处理机提供,操作结果再送回处理机。

图 1-2 说明,几乎任何通用或专用计算机外设都可连至 8/16 计算机 E,但需要有符合 MUX BUS 规程的控制器充当外设与 I/O 总线之间的接口。8/16 计算机 E 用于 CLS 系统中的主要外设有:

电传打字机 TTY、CRT 显示器、扩展选择通道 ESELCH、硬磁盘机(85MBx2)、九轨数字磁带机(25IPS、800BPI、NRXI 制)、绘图仪、H·S·A/D 和测井信号恢复面板 SRP 等。

在 CLS 系统中,8/16 计算机 E 机和一些设备控制器接口以及 H·S·A/D 等安装在 12 块大的印刷电路板上。这 12 块板水平地插在机箱内,其顺序如图 1-3 所示。

7	中央处理机
6	主存储器
5	乘/除板,显示控制器
4	浮点处理机 1
3	浮点处理机 2
2	空
1	万用时钟和电流回路接口
0	空
7	绘图仪接口 1
6	绘图仪接口 2
5	空
4	空
3	硬磁盘机接口
2	扩展选择通道
1	磁带机控制器
0	H·S·A/D 和 MUX BUS 接口控制板

图 1-3 8/16 计算机 E 机中各电路板的位置

现在,就 8/16 计算机 E 机的基本组成,中央处理机 CPU,存储器 RAM 作如下简介。

1.2.1 中央处理机 CPU

CPU 由运算器、控制器和工作寄存器组三部分组成。工作寄存器组在计算机中起着十分重要的作用,它包含通用寄存器和专用寄存器两大部分。通用寄存器组和 ALU(运算器)以及暂存器包含在位片机 AMD2901 中(图中虚线框内所示)。AMD2901 为 4 位宽双极型大规模集成电路芯片,由 4 片并联形成 16 位总线宽度,最高时钟为 10MHz。通用寄存器组是具有移位输入端口的双寻址 RAM 堆,暂存器也有移位输入端口。

CPU 内部总线为双总线结构。S BUS 为源总线,其功能是按照微指令的控制,将 ALU 的运算结果或 RAM 堆的内容送往存储器地址寄存器 MAR、程序计数器 LOC、程序状态字寄存

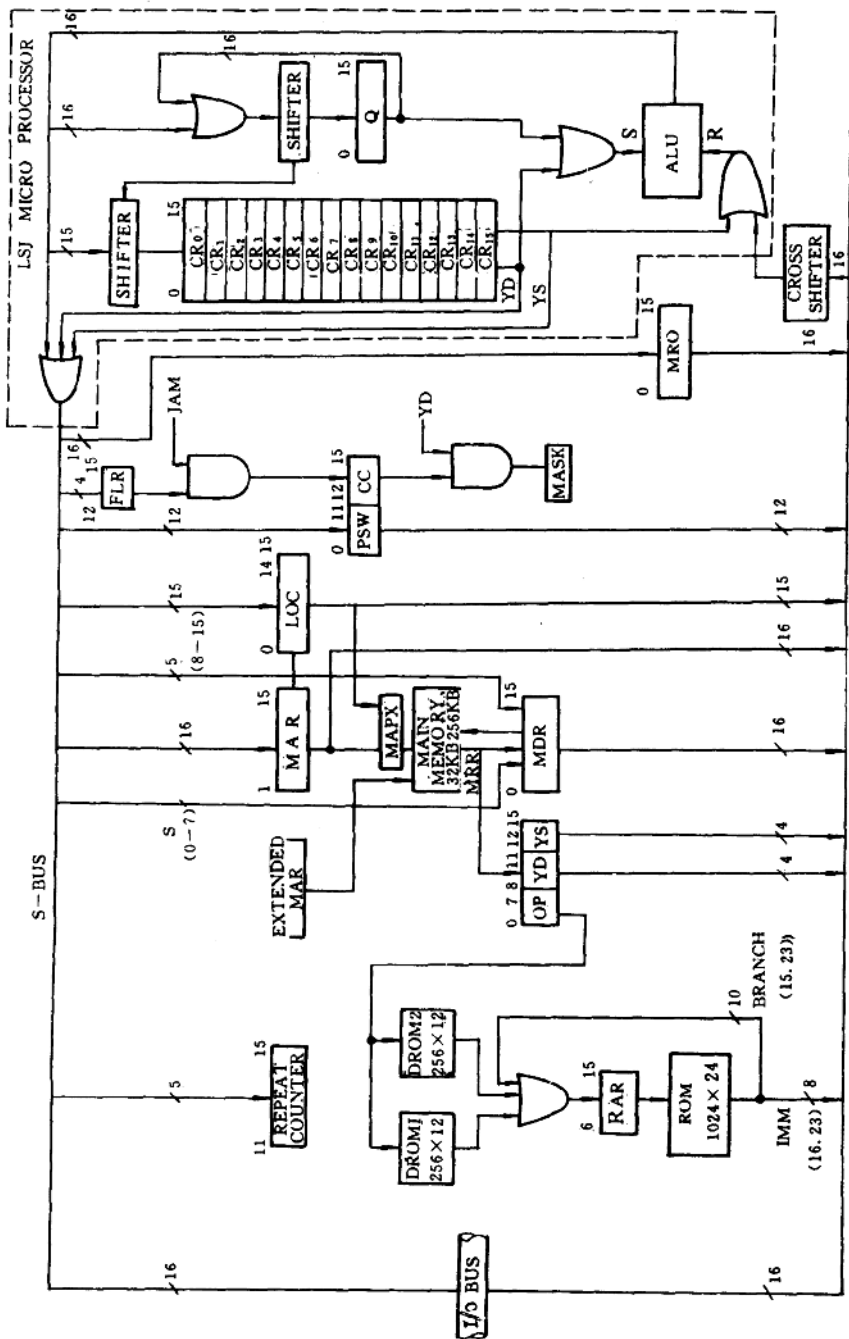


图 1-4 8/16E 计算机

器 PSW、微程序寄存器 MRO 和 I/O BUS 等。B BUS 为目标总线,功能是将上述目的寄存器或计数器和 I/O BUS 等操作结果,送至 ALU 的 R 输入端。并对数据寄存器 MDR 的输出进行交叉移位(高低字节互换)。

控制器负责对整机的控制工作,它由指令寄存器和微码控制逻辑组成。

指令寄存器 IR 用来寄存当前正执行的用户指令。在取指操作中,IR 接收从存储器取出的半字指令。指令代码分为三部分,BIT0~7 为操作码(OP)段,其内容决定了指令的功能。BIT8~11 为第一操作数 YD 段,通常指向某一通用寄存器。YD 可进行加计数,以形成对通用寄存器的顺序寻址。IR 的 BIT12~15 四位为第二操作数 YS 字段。根据指令指定 YS 可代表一个通用寄存器作为变址寄存器或一个短立即数。

微码控制逻辑包括只读存储器 ROM、微指令地址寄存器 RAR 和译码只读存储器 DROM。ROM 是微程序固件,容量为 $1024 \times 24\text{B}$,简称 1K 字。ROM 中的每一字代表一条微指令,大多数微指令执行时间为 1 个机器周期(250ns)。ROM 输出按微指令功能,控制选择第一操作数(源)通过 B BUS 至 ALU,并使第二操作数直接进入 ALU,控制 ALU 完成指定的操作。在当前机器周期执行结束前获得的结果,需在下一机器周期开始被加载到指定的目标寄存器。

ROM 由 6 个 8 位芯片(512×8)构成,每片保存每条微指令的 8 位,在逻辑上分为 4 页,故每页容量为 $256 \times 24\text{B}$ 。

RAR 为 ROM 存储单元地址寄存器,它是一个 10 位可预置的加法计数器。其预置数来自 DROM1 或 DROM2 或 ROM 输出的转移地址段。在要求顺序执行微程序时,RAR 做加法计数,在获取每一条新指令之前它增加 1,因此,RAR 中保存的总是当前正执行微指令的地址。它可由硬件复位,在上电时,或接到地址清 0 信号时,它被置为 X'000',微程序便从此存储单元开始执行。如果微程序需要跳过顺序执行的程序时,它可从 DROM 获取一个新地址,或在执行转移微指令时,从 ROM 获取一个新地址,或由硬件复位 RAR 到 X'000'。

译码只读存储器 DROM 从 IR 的操作码字段加载。它由三个芯片组成,在逻辑上分为两部分,每部分容量为 $256 \times 12\text{B}$ 。通常,在仿真一条用户指令的开始,由 DROM1 对指令操作码译码,找到微程序入口。一般,这是几个同类型用户指令的公共入口。当公共部分的程序执行完以后,有时需要由 DROM2 译码跳转至另外的程序段。因此,使用 DROM2 是为完成微程序的一次快速转移,是由微程序控制的。DROM 输出 12 位,其中低 10 位是微程序的起始或转移地址,高两位是非法和特权指令的指示位。例如,当 DROM 检测到指令操作码为非法的 RX 格式指令时,则不再取第二操作数。因此禁止指令计数器 LOC 增量,当前地址指向该非法指令。这时会产生不可屏蔽的非法指令中断。

专用寄存器包括数据寄存器和控制寄存器。控制寄存器有 FLR、PSW、MAR、LOC、XMAR 和 Repeat CTR,数据寄存器有存储数据寄存器 MDR。

FLR 为标志寄存器,4 位宽,用以寄存进位标志(C)、大于零(G)、小于零(L)、溢出(V)标志。在 ALU 操作结束后,FLR 从 S BUS 加载。在每条用户指令执行结束,FLR 的内容再送至程序状态字寄存器 PSW 的 CC 字段,表示一条指令执行后的状态结果。在执行一条‘读’指令时,或加载 PSW 的微指令后,FLR 的内容输出到 PSW 的 CC 字段,从 CC 输出去控制条件转移电路。当指定程序状态字 PSW 为源寄存器时,条件码(CC)的内容送到 B BUS 的 12~15 位上。

程序状态字寄存器 PSW,32 位宽,0~15 位表示正在执行的用户程序的系统状态;16~31

位是指令计数,用以提供寻址主存储器的地址。

程序状态字各位的含义如下:

BIT	0	1	2	3	4	5	6	7	8~11	12	13	14	15	16~31
PSW	W	EI	M	DF	A	FP	Q	P	存储段控制	C	V	G	L	指令计数器

BIT0~7 位为中断和用户对处理机的操作状态及方式位。W(等待状态):此位为 1,CPU 进入等待状态,停止执行正常的程序序列。在此情况下,如果某种中断被允许,并接到请求,则 CPU 转向相应中断处理程序。用软件终止等待状态的一个方法是在中断服务中改写存储保留区中旧的 PSW 的 W 位,使之变为 0。

EI(外部中断控制位) 此位为 1,CPU 可响应外部中断,中断源来自 MUX BUS。该位为 0 时,中断在外部 I/O 控制器中排队。EI 位也控制自动 I/O 通道操作。

M(机器故障中断控制位) 此位为 1 时,CPU 将响应因系统掉电、上电或存储器奇偶错误而产生的中断。

DF(定点错误中断控制位) 当进行定点除法操作时,若除数为零或商上溢,此位为 1 则产生中断。

FP(浮点错误中断控制位) 此位为 1 时,CPU 将响应因浮点上、下溢或除数为 0 时产生的中断。

Q(系统排队服务中断控制位) 该位控制系统排队中断操作。为 1 时,在需要排队服务情况下可产生中断,该位也与自动 I/O 操作有关。

P(保护方式控制位) 8/16 计算机 E 用户指令分为特权和非特权指令两类,P 位为 0 时可执行任何合法指令(包括特权和非特权指令),当 P 位为 1 时只能执行非特权指令,否则将产生非法指令中断,这是一种不可屏蔽的中断。

PSW 的 BIT8~11 四位为存储器段控位。8/16E 只有 16 位的直接寻址能力,通过这四位相当将存储器地址总线扩展为 18 位,达到 256KB。扩展后的 256KB 分为 8 个 32KB 存储段,这 4 个控位决定 CPU 当前可寻址哪个段。即使通过存储器段控位可使 64KB 的逻辑地址对全部 256KB 物理地址进行寻址。

PSW 的 BIT12~15 为 C、V、G、L 等四个条件码位(即标志位)。如前所述,条件码位反映了一条指令执行完毕的结果状态,是程序控制的重要依据。C 为进位(减法操作时为借位)位,操作时 ALU 的最高位 BIT0 的进位使 C=1。V 为溢出位,当操作结果超出了 16 位有符号数的表示范围(>32767 或 <-32768)时,V=1。G 为 >0 位,该位为 1 表示正数。L 为 <0 位,该位为 1 表示负数。

指令计数器(LOC),又叫程序计数器,15 位宽。用以保存顺序执行的用户指令的存储单元地址。这是一个加法计数器,在顺序执行指令后,它根据执行指令的长度是半字(16 位)或全字(32 位),自动加 2 或加 4。为此,LOC 的最低位 BIT15 不用,对 BIT14 加 1 即代表加 2。

内存储器 RAM 由多路开关选通地址线寻址。在取指令时,多路开关选通 LOC 的输出寻址。在对存储器读、写数据时,选通存储地址寄存器的输出寻址。存储地址寄存器(MAR),15 位宽,可从 S BUS 上加载,也可从 LOC 加载。MAR 的最有效位(MAR00)包含在扩展存储地址寄存器 X MAR 中。由 MAR 的 1~15 位对存储器进行段内(32K)寻址。由 X MAR 输出的 X MAR14、15 和 MAR00 做段寻址。

还需指出 X MAR 不是一个实在的寄存器,而是一个扩展地址表 ROM。其输入是 PSW8

~11 位和 MAR00。

重复计数器 Repeat CTR, 5 位宽, 从 S BUS 加载。若加载数 n 为小于 31 的正整数时, 则使随后一条微指令自动重复执行 n 次。对移位、循环操作等用户指令, 其第二操作数的低 5 位(或低 4 位)在微程序执行过程中被加载此计数器。

存储数据寄存器 MDR, 16 位宽, 带 2:1 多路转换器。输入接 S BUS 或存储器。它分高、低两部分, 高半部由 LDMDRH, 低半部由 LDMDRL 信号控制加载。在存储器写周期, MDR 输出供主存储器。

此外, 微程序寄存器 MRO 是一个 16 位宽的外部通用寄存器, 仅用作微程序的暂存器。用户指令不能对它寻址。

I/O 总线控制器根据 I/O 用户指令仿真微操作控制, 将双向 MUX BUS 数据线与处理机内部总线 S BUS 或 B BUS 相连, 并产生符合 MUX BUS 联络规则的控制信号和接收外设控制器的应答信号。

1.2.2 存储器 RAM

此存储器由 CMOS SRAM 芯片组成。基本容量为 64KB, 可扩展到 256KB。256KB 的最大地址是 X '3FFFF', 需要 18 位二进制数表示。8/16 计算机 E 是 16 位计算机, 地址 16 位, 基

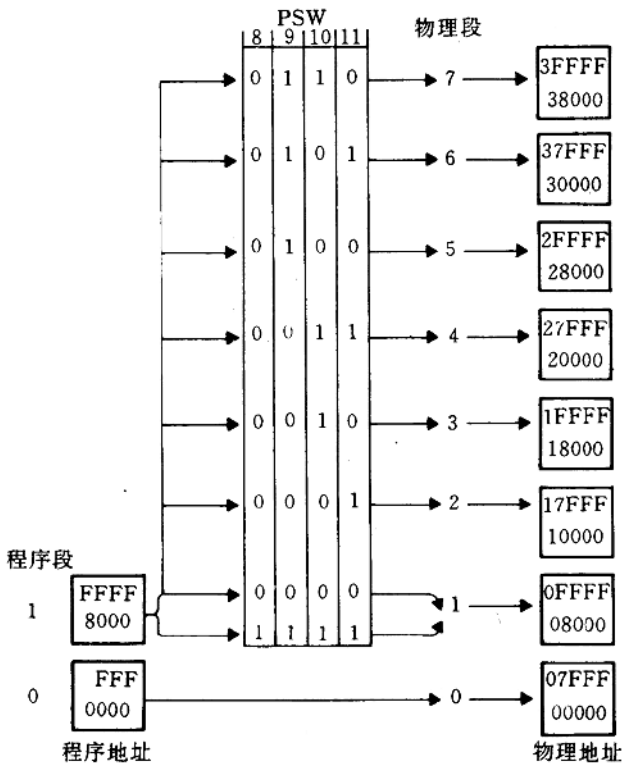


图 1-5 程序地址到物理地址的转换(1)