

一种适用于供电系统的运动装置

许昌继电器研究所 蒋秉权 傅明月

一 概 述

随着电力系统的不断扩大与复杂化,电力系统的实时监视与控制正向分层控制结构发展,因而也对运动系统提出了全新的要求。而对于供电网这一层次的实时监视与控制,关键是要求安全可靠,灵活和最优的系统管理,我们正在研制的一种以Z80模板系列构成的运动装置,正是基于这样一种考虑,以期提供一种能适应供电系统的特点、满足供电系统要求的新型微机运动装置。其主要特点是:

- 1.灵活的数据交换方式,既能适用于点对点传送,多路点对点传送,又能适用于共线传送和混合传送。
- 2.能适应分层调度管理的需要,实现运动信息转发。
- 3.利用微机的处理功能,进行数据处理和压缩,以提高信息传输效率,从而节省信道。
- 4.总线结构和模块化结构的设计思想,从而保证了装置的可靠性和灵活性,装置的监视控制对象的数量的增减,功能的扩展可灵活组合。
- 5.比较完善的自调自检功能。
- 6.考虑到我国电网管理的习惯,RTU具有当地显示和其它当地功能。

二 M08系列模板结构

本装置以我所自行开发的M08系列模板为硬件资源,并在此基础上将形成一个微机系列产品。

M08系列模块是以Z80系列LSI器件以及部份Intel器件加上74LS系列TTL和MC系列CMOS器件构成,为适应电力系统生产现场的数据采集、处理、显示、记录、传送等功能而开发的系列化模板。

其主要特点是:

- 1.自行定义的M08总线,其总线的时序以Z80时序为基础,并增加了部份信号。
- 2.核心模板(CPU、I/O)设计时采取以下三个措施
 - ①加强定时及中断功能,使用两片CTC定时器。除了Z80方式2总线向量中断之外,还增加了总线向量中断(8214+8212)
 - ②人机接口(键盘,LED数码管显示)使用8279管理,磁带机接口可以使用SIO串行接口。

③内存容量（主要是数据区）采用64K为体选方法扩展到512K。

3.为了适应电力生产现场数据采集量较大的特点，考虑了“过程通道总线”，该总线通过过程通道接口板与M08主总线相联占用内存O体最后512K字节地址（OFFF~OFEO），这样可以解决：

①扩展线过长带来的驱动问题；

②充分发挥Z80指令的灵活性；

③简化过程通道模板硬件设计。

4.为了提高系统处理能力：

①设置双口存储器板，跨接在多个M08总线之间，从而形成环形或星形耦合多机系统。

②在一个M08总线内插入智能模板形成主从处理器的多机系统。

③对于工业现场中相距300米以内的M08系统，由远距离传送模板提供浮地光隔离双绞线连接手段，实现串行口通讯。

5.为了调试模板硬件，并在M08系统投入现场之后提供离线检修手段，设计了手提式测试箱，测试箱可以接管M08总线上的全部资源，或单独调试包括CPU在内的各种硬件模板。

6.全部系统软件和应用软件，用CS—2系统开发，并在M08系统与CS—2系统之间建立双向传送手段，即磁盘文件可以送入模板系统中指定内存中运行，或将模板内存中指定内容存盘。系统软件将包括一个使用8279为I/O口的监控程序和一个按8级优先级调度任务的实时调度管理程序。

M08系列模板主要品种及功能：

1.CPU板：CPU + 2K × 8内存（2116或6116可任意组合）+ CTC + 8级中断管理（8212 + 8214）+ 总线驱动 + 测试台接口。

2.I/O板：CTC + PIO + SIO + 8279（管理16LED，64个键盘）+ 8并出 + 8并入 + Watching dog SIO可整定为两个RS232接口或一个磁带机接口，一个远距离传送接口。

3.过程通道接口板（PI），过程通道512字内存接口（OFFF~OFEO）。

4.LED、KEY板：40键盘 + 16个LED数码管 + 磁带机接口。

5.测试台接口板：将测试台信号转换为CPU模板接口信号或M08总线信号。

6.64点光电隔离扫描式开关量输入板。

7.40点光电隔离中断式开关量变位输入板。

8.64路输入，8位（10位）A/D板，单端输入。±5V、A/D570或A/D571。

9.64路输入浮地模拟量采样扩展板。

10.32开关量输出板（继电器输出）。

11.脉冲量（电度量）输入板。

三、信息传输的制式与提高实时性的途径

运动信息传输方式是研究运动装置制式的基本出发点，随着微机技术的引入，运动

装置的功能日臻完善，通常远动信息传输的制式可分为三种：

1. 循环数据传送（CDT方式）：CDT传送方式是以厂站端为主动源使各类数据在厂站终端机（RTU）与调度端主控机（MS）间按预先安排的顺序周而复始地循环传送。

2. 问答传送（Polling方式）：Polling方式是使信息在主控站MS与终端机RTU之间，按“询问”、“应答”的方式工作，通常，MS端为主动源，RTU则根据主控站的命令而应答工作，在未得命令时，RTU处于准备应答状态，所以MS与RTU之间的信息交换，按半双工方式（先问后答）工作。

3. 循环与问答兼容传送（CDT—Polling，简称c—p方式）：用于双工信道，对于MS及RTU一般都具有发送和接收功能，即发送信息和接收对方响应（回答）；接收对方信息和发送响应。

对遥测数据的采集传送使用CDT方式，而且根据遥测量的重要性，变化的频度而采用可变帧长的方式，使一些重要的，变化频度高的量传送周期短一些；而一些次要量，缓变的量传送周期可长一些，以适应不同的需要。

对于遥控则按问答方式传送

上述几种信息传输制式都各具特点，一般说来，CDT方式数据更新时间短，可靠性高，可实现一发多收，如只传送遥信遥测，可用单工信道，但传输效率低且不够灵活。而Polling方式易于适应各种结构形式的信道，如星形、共线、树枝形等等，从而信道的利用率高，但数据的搜集传送过程较慢，实时性差，需双工通道难实现一发多收，而C—P方式则兼备二者的特点，但尚存一些还需要通过实践才能得出结论的问题。

根据供电系统运动系统的特点，我们采取了以Polling方式为基础制式，以适应供电系统的各种结构形式的信道，为了提高其实时性，我们采取了如下措施：

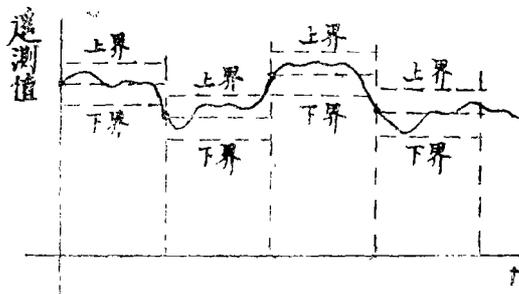


图3—1 遥测值越“死区”图

传送，即速变的遥测量或重要遥测量插入的频度较高，而对于缓变量或次要遥测量则插入的频度较低，这样一来，缩短了帧长加快了采样周期，从而提高了遥信和重要遥测量的实时性。

2. 遥测量“死区”计算（图3—1）

对于运行人员来说，他们所感兴趣的是遥测量的数据变化，而通常对于大多数的遥测量来说，它们都是随时间而缓慢变化，为了不使大量变化不大的遥测量经常占用信道，

1. 采用“副帧”结构（如图4—1），及以根据遥信对各类变化频度的遥测量的实时性和采样速率的要求按不同情况分别插入在主帧和各个副帧中循环传送，从而使实时性要求高的遥信量在主帧中传送，而实时性要求较低的遥测量安排在副帧中传送，而根据各个遥测量的变化频率（即速缓程度）按不同的频度插入在副帧中

因而就规定了一个界限“死区”只有当遥测值的变化率超越了这一界限才发送，从而压缩了信息量，节约了信道。

“死区”的计算其实质就是进行百分数相乘，即以前次采样作为“中值”，然后与本次采样进行比较，若其值超出或低于中值一定范围(其范围可根据遥测量的重要性和调度管理的需要整定)则视为越界——越“死区”则进行越界处理，并将该数值发往调度端。然后，又以该值作为新的中值，再与下一次采样进行比较，若无越界，但不一定等于中值，则保留原中值，此时，该数值不向调度端发送。

由于在正常情况下，遥测值的变化率在很多时刻都不会越出“死区”界限，使大量的不变的信息或变化不大的信息不致使用信道，从而达到了压缩信息，节约信道，提高传信效率的目的。

3. 遥信变位传送:

基于与遥测量的“死区”计算的目的类似，遥信采取变位传送来达到压缩信息，提高实时性。

装置按一定周期循环将遥信输入信号(现状)与存贮器内容(前状)进行比较，当发现差异时，即进行遥信变位处理，将遥信变位信息发往调度端，并修改前状缓存中的过程图象。

遥信变位的检测可由软件完成，亦可采用硬件方式完成。

用硬件方式检测遥信变位只要将遥信输入模板选用40点光电隔离中断式开关量变位输入模板即可。

四、码制

远动通信规约是远动系统和数据收集与控制系统的—一个重要问题，规约的好坏以及合理与否直接影响系统的有效性，可靠性及接口的适应性等一系列问题，本装置的码制选择是依据国际IEC标准有关规定以及参照国内有关规定而制定的。

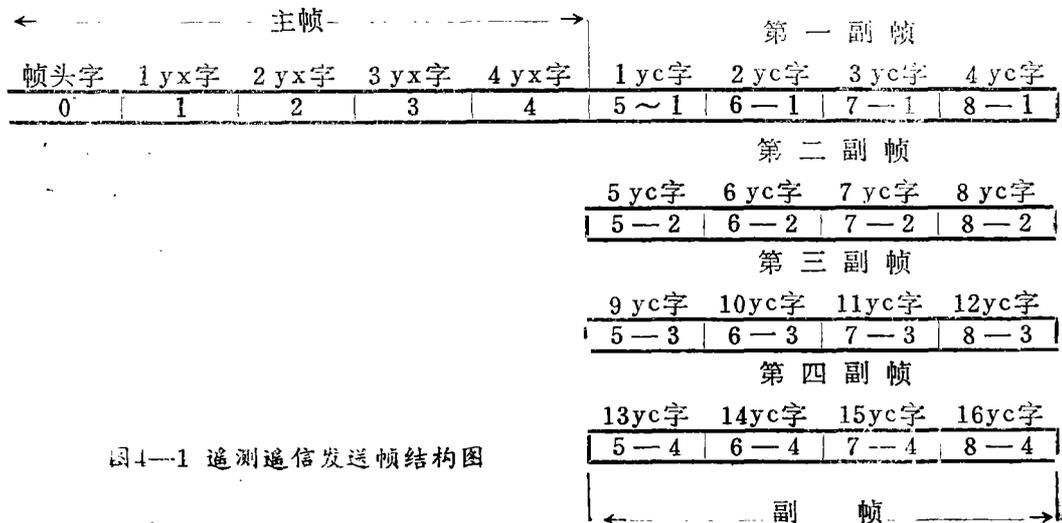


图4—1 遥测遥信发送帧结构图

1. 帧结构:

RTU向主控站 (MS) 发送的回答信息帧的一帧信号的结构如图4—1

每一帧发送信息由9个字组成。其中第0字~4字组成“主帧”每帧都发送同一对象。

① 0字为帧头, 用以说明本帧信息的特征, 性质等, 包括站址、信息字数等。② 1~4字用来传送遥信信号等实时性要求较高的量, 5~8字为“副帧”。③副帧轮流循环传送1~16YC遥测字, 而且可以根据遥测量的变化频率以及重要程度改变插入副帧的频度, 达到不同的采样周期。

由于装置的遥信是变位传送, 遥测量越“死区”传送, 即都是传送的表示状态变化的信息, 而通常对象的状态变化是随机的, 因此, 实际上每帧信息的长度并不是固定不变的, 而是随机变化的。

主控站 (MS) 向RTU发送的询问信息帧由一个字组成, 并根据命令性质对命令字的每位信息以不同的定义。

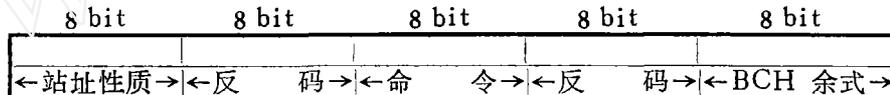
2、码制格式:

信息字采用IEC标准推荐的 $(n, k) = (40, 32)$ BCH码。

生成多项式为: $G(X) = X^3 + X^5 + X^6 + X^2 + X + 1$

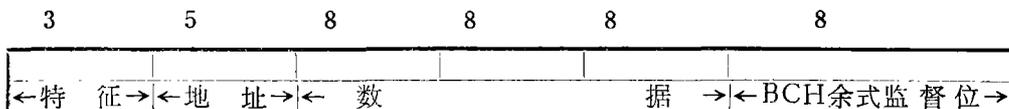
3、字结构:

①命令字:



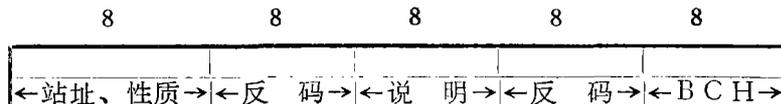
命令字由调度端发往执行端, 主要有建站命令字, 遥信遥测命令字, 遥控命令字, 遥控执行及遥控撤销命令字等。每个命令由一个字组成, 其中第一个字节为站址及命令性质, 第二个字节为其反码, 第三个字节为命令内容, 第4个字节为其反码, 第5个字节为BCH校验码。

②信息字



中间24bit作为传送数据, 可用来传送24个遥信信号, 也可用来传送三路8位遥测信号或者两路三位2—10进制遥测信号, 第一个字节为信息的特征量及地址。

③说明字



说明字格式安排同命令字基本相同。在由执行端向调度端发送的建站应答信息帧和信测应答信息帧中对信息内容起说明作用, 安排在帧的起始字。而在遥控校核、遥控执

行响应及请求重发等命令应答字中作为单字信息发送。

五、对话方式

装置采用Polling方式工作，一问一答都是由码字组成，对MS的一次询问，RTU进行一次回答称为一次对话。对于遥测，遥信功能进行一次对话完成，而遥控功能则需进行两次对话才能完成。

1、信测询查：

询查命令字

应答字头字 遥信信息字 1 遥信信息字 2

遥信信息字 3 遥信信息字 4 遥测信息字 1

遥测信息字 2 遥测信息字 3 遥测信息字 4

RTU的应答，由于每次遥信、遥测的变化情况不一，因此每次应答信息帧长也不同，每次应答的字数在应答字头字中说明。

2、遥控操作：

①一般情况

遥控“选择”命令

遥控返校字

遥控“执行”命令

遥信信息字 ……

②如果MS遥控命令发出后，又想撤销，进行下述操作

遥控撤销命令

撤销应答字

3、当命令字经BCH校核有错时，可请求重发

命令字

请求重发

六、程序设计

本装置系一个由微机模板构成的实时监视、控制系统。根据装置的固定工作任务，编制应用程序模块和管理程序模块，并将其固化在只读存储器中，整个程序设计采用模块化积木结构，各种模块只完成一项特定的功能，各个功能模块之间没有横向的联系，一个功能模块的增删不致影响其它模块的工作。因此，可以通过增减部分模块来适应用户对装置功能的不同要求。

在程序模块的管理中，采用多级管理及链式结构的管理程序，只要改变链间的连接地址，即可方便地指向新增加的功能模块或取消某一不用的功能模块，装置不需复杂的

操作系统即能完成设计要求的全部功能。

1、管理程序：

本装置构成了一个实时监视与数据采集、处理系统，其各项功能是由大量的硬件和软件模块支持的，为了使装置能协调一致工作需要管理程序来进行统一的调度管理。

管理程序包括任务管理，中断管理，键盘管理等。

①任务管理程序

对实时性要求较高的工作，由中断处理程序管理，而大量的并列任务程序及应用程序由任务管理程序来控制。

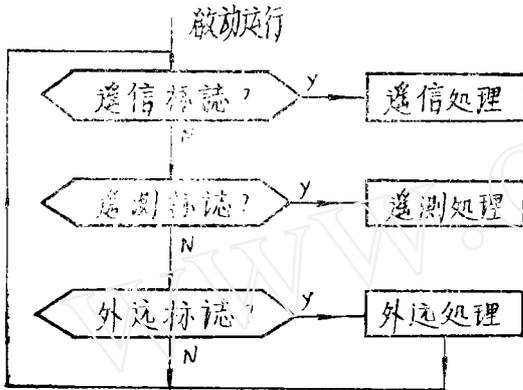


图6—1 运行管理程序框图
随时插入任务程序中运行。

在监控和调试时的任务管理程序同通讯任务管理程序，不再赘述。

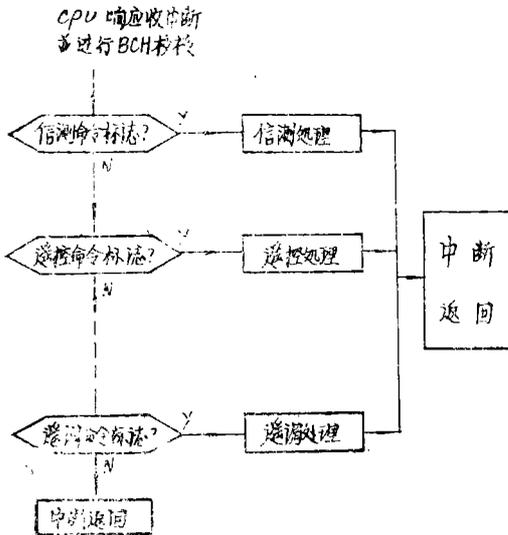


图6—2 通讯任务管理程序框图

对于主程序系统中的任务程序，管理程序根据状态标志按预定顺序管理运行，对于一些频繁出现的应用程序，如乘系数、越限、数码转换和BCH除法等，采用宏指令调用方式插入主程序运行。

对于通讯系统，管理程序是在CPU响应SIO收信中断后，对调度命令进行分析，根据标志，转入不同的工作程序。同主程序任务管理程序一样，对于在各任务程序中频繁出现的应用程序模块采用宏指令调用格式，

②中断管理程序

该装置的中断有三种，即DMA总线请求，非屏蔽中断和可屏蔽中断。优先权级别是DMA / NMI / INT。

可屏蔽中断采用中断模式II，最多可有128个中断源，中断服务程序可放在内存中的预定区域。中断服务程序入口地址表占用256单元，即一页，入口地址高位由I寄存器提供，低8位由外设提供，提供方式有二种，对于Z80系列的接口电路CTC、SIO，PIO低8位在初始化时整定，在中断的响应时由外设送到CPU同I寄存器中的高8位结合形成服务程序的入口地址。对于非Z80系列元件8279产生的

键盘中断,通过8214—8212组成的8级中断优先权控制器提供RST指令。但此时的RST指令被看作是中断模式Ⅱ的矢量入口地址的低8位,而不作为RST指令处理。

硬件方面,可屏蔽中断采用链形优先权结构,外设优先权的级别由它们在链中的位置决定,每个外设的中断请求都接到CPU的INT端。Z80系列中的每个外设都有中断允许(IEI)入口和出口(IEO),链接方便。对于键盘输入接口8279,由于没有IEI和IEO,只能通过8214—8212,8级中断优先权控制器接入链中。

优先链结构中的外设要申请中断,必须满足IEI为“1”电平。例如当SIO的IEI为“1”电平,如果有接收中断申请,即可通过SIO向CPU发生中断请求信号。CPU在当前指令最后机器周期的最后T状态采样INT并响应中断请求。当IEI为“0”电平时,即使有中断申请,也送不到INT线上。

对于重要的事件和程序采用非屏蔽中断方式。如电源突跳,监控中断,定时中断,以及调试时的设置断点和单步操作等,都是非屏蔽中断方式。这些中断是通过预先整定的CTC实现的。比如监控中断,就是先将CTC设置在计数方式,时间常数置于01H一旦按监控键,即产生一按键脉冲输入CTC的C/T端,由ZC端输出一脉冲送到CPU的NMI端以产生非屏蔽中断。

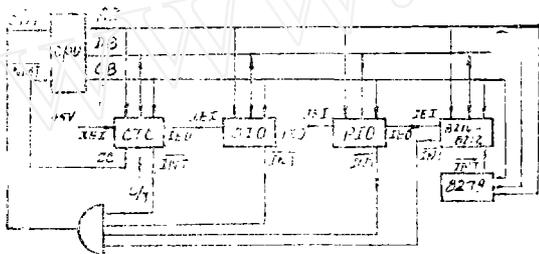


图6—3中断系统硬件框图

不包括总线请求的中断顺序流程图如下图所示。在每条指令最后机器周期的最后T状态,CPU采样NMI线与INT线,如果有非屏蔽中断请求,则从下一个机器周期开始,转入非屏蔽中断响应周期,执行中断机服务程序。如果有INT请求,而且中断是开放的,则从下一个机器周期开始,转入屏蔽



图6—5 模式Ⅱ中断处理流程图

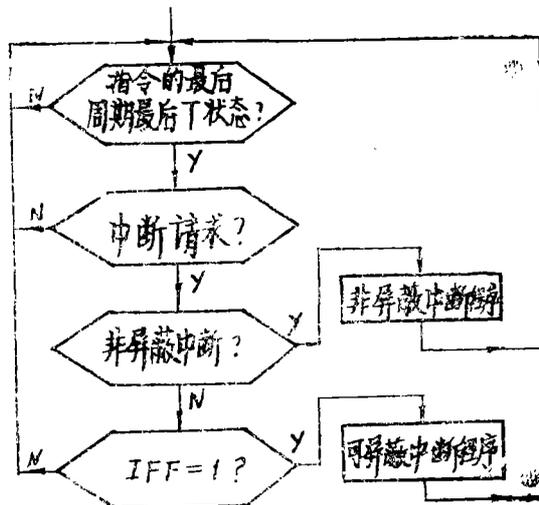


图6—4中断程序流程图

中断响应周期，转入相应的服务程序。

中断设计的特点是引入了8214—8212八级中断控制器，使不带有中断允许输入输出引线端子的外设芯片，可接到8级中断输入端子，间接连入链形中断结构。

有关中断管理的软件程序，仅给出模式Ⅱ中断处理流程图。非屏蔽中断和可屏蔽中断的子程序从略。

2、应用程序：

①信测扫描程序

从开关量输入和模拟量输入模板按点序号巡回采集各点数据。然后通过软件进行处理，包括乘系数，二—十转换，越限判别，总加等等。

信测扫描程序框图见图6—6

系数、上、下限限值均在EPOM中设置

乘系数，越限判别总加均为二进制数码运算

二—十进制转换供当地显示用。

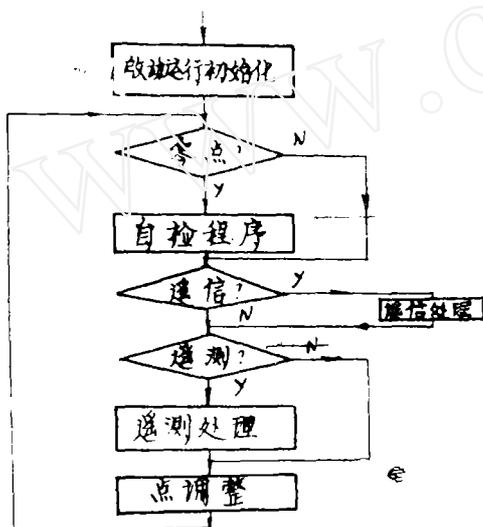


图6—6信测扫描程序框图

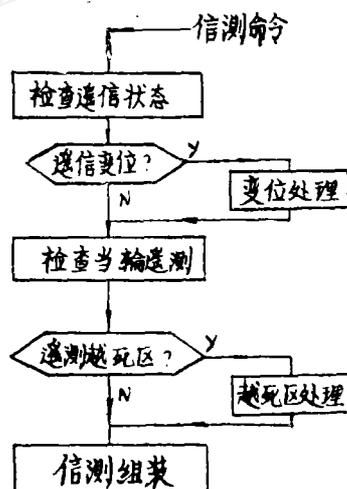


图6—7 信测发送（检查）程序

②信测发送（检查）程序

RTU向MS发送的都是变化信息，因此，信测发送程序是包括遥信变位检出和遥测量越“死区”判断。

遥测量的死区判断的“死区”范围可以通过改写EPROM整定。

遥信、遥测信息的发送程序是当RTU确认MS发出的命令为信测命令后启动的。为了检测所监视的遥信状态和遥测数值的变化在RAM中开辟了一个与前次发送信息相符的“现状缓存区”和与当前工况相符的“现状缓存区”

③信测字组装程序：

检测出来的遥信变位和遥测越死区信息，必须按装置规定码字格式组装，并存放在

RAM中的发送缓存区中，以待SIO发送。

本程序包括求BCH的余式和码字组装

为了提高实时性，缩短任务和码处理时间，我们把使用频繁的BCH除法程序采用了软件查表算法，使得求BCH码余式的执行时间在100μs左右。

造BCH码余数表，采用八位数查表，以节省时间。

对应 $m'(m-i)(X)$ 每一种可能组合，求

$X^{8m'(m-i)}(X)$ 对 $g(X) = X^8 + X^5 + X^3 + X^2 + X + 1$ 的余数，虽然一共有 $X^8 = 256$ 个余数，按 $m'(m-i)(X)$ 递增规律在EPROM中形成系数表，计算余数时只需由 $m'(m-i)(X)$ 形成取数地址一次就可查到余数，因此，其执行程序少，查找速度快，当然占用存储单元较多。

例：求00101101110110111100000010001101的余式。

分段查表，每次8bit

a. 由 $g(X)$ 余式表查出00101101的部分余式为10110111

b. $11011011 \oplus 10110111 \rightarrow 01101100$

查表得部份余式为：01111110

c. $11000000 \oplus 01111110 \rightarrow 10111110$

查表得部分余式为：10001011

d. $10001101 \oplus 10001011 \rightarrow 00000110$

查表得余式为：11100010即为所求整个码字组装成：

001011011101101111000000100011011100010

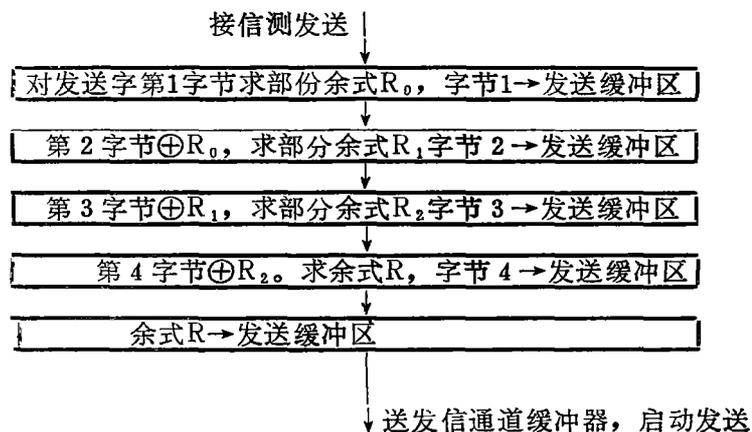


图6—8 信测组装程序框图

④遥控命令接收与返校码形成：

遥控命令分“选择”与“执行”两个步骤操作，以实现高可靠性传输信息。

a. 从MS向指定RTU发出选择命令。

b. 从RTU向MS发回与选择命令格式相同的返送校核信息，MS用以检验选择命令是否正确响应。

c. MS证实RTU正确接收到选择命令以后，则可发出“执行命令”，进行遥控操作。

d. RTU接收到“执行命令”执行遥控操作后以遥信形式送回执行情况的信息，作为对MS的答复。

e. 如果MS在收到RTU的返送校核码后，需撤销遥控操作则可发遥控撤销命令即可。

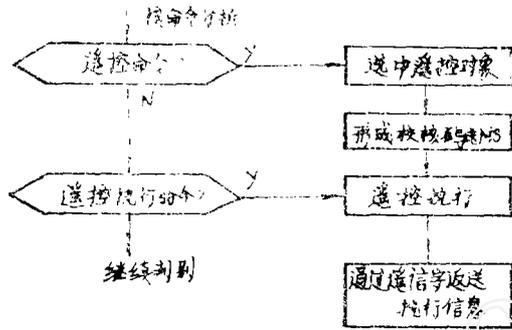


图6—9遥控命令及执行框图

当然，亦可根据用户的习惯，对数码赋以新的含义，选号显示时，只要通过键盘输入约定的三位数码，约定的测点的数据即可在选点显示器上显示出来。

自动巡回显示的显示次序与打印表格一致，并可通过修改EPROM改变。

装置的应用程序还有许多，由于篇幅所限，不再一一描述。

3、监控和自调自检程序

为使装置通电后能正常启动和运行，在运行中可以选点显示和打印等功能，离线时可以进行检查、修改、编程等功能，装置配有专用的监控系统。

监控软件占用2~4K内存，固化在ROM中。为了暂存信息和标志，监控程序还占有少量RAM单元，为了减轻CPU的负担在硬件上配置8279可编程序键盘和显示I/O接口LSI芯片担任键盘扫描和显示扫描，键盘采用译码方式，具有40个键（5×8阵列），其中字符键18个，命令键22

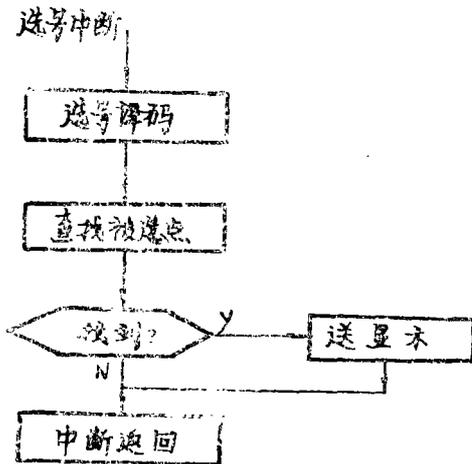


图6—10选点显示框图

个，最多可扩充到128个键，显示部分配有8只LED7段数码显示管，能显示地址，代码和数字。

离线时，装置工作在监控方式，监控程序用来检查和修改存储器，寄存器和口状态以及编制和修改程序。CPU以查询方式访问8279，当8279先进先出RAM中有登记项

时，即转入键盘分析程序，以判定数字键还是命令键。如果是数字键，则由段码表查出键的对应段码，送8279相应显示RAM进行显示。如果是命令键，则转入相应的键盘动作程序。执行后则返回查询程序。

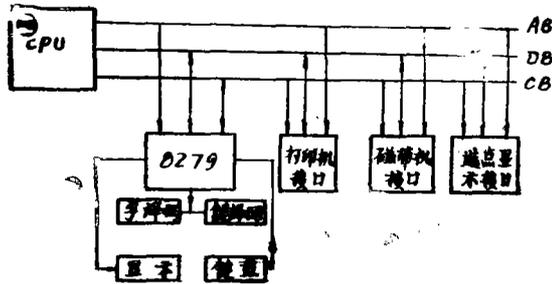


图6—11 监控部分硬件框图

在运行时，监控程序用来进行选点显示，打印以及在线检查。这部分功能的实现分两种方式。一种方式是中断方式，8279通过8214—8212连接到中断链里。8279和CPU同时工作，当8279扫描到有键输入时，将键码存入先进先出(FiFo)RAM中，并向CPU发出中断请求，如果没有更高级的中断请求，CPU即接受8279中断，并转入键盘分析程序，进而转入数字键，显示或命令执行子程序。子程序执行后返回运行程序。另一种方式是固定程序方式，主要用于在线检查。即将关键硬件的检查程序按预定周期插入主程序运行，一旦检查到不正常时，即闭锁执行部件，以防错误执行。直到下一周期检查正常为止，如果连续不正常，即认为有硬件故障，停机检查。

七、结束语

适用于供电系统的远动装置的工业产品，目前，在我国仍属薄弱环节。因此，我们也很希望能为此而尽力。

从技术上来看，采用微处理机，应用大规模集成电路来制造远动装置，装置的硬件、软件、软件设计采用模块化、组合化，这在技术上无疑是先进的，同时在设计上，我们也考虑了供电系统远动装置的特殊要求，力求在可靠性、经济性、可维护性方面的指标较高。

诚然，对于微机在远动装置中的应用这门新技术，我们还是初次摸索，许多问题尚有待在今后进一步实践中改进、提高。渴求有幸获得同行们的赐教。

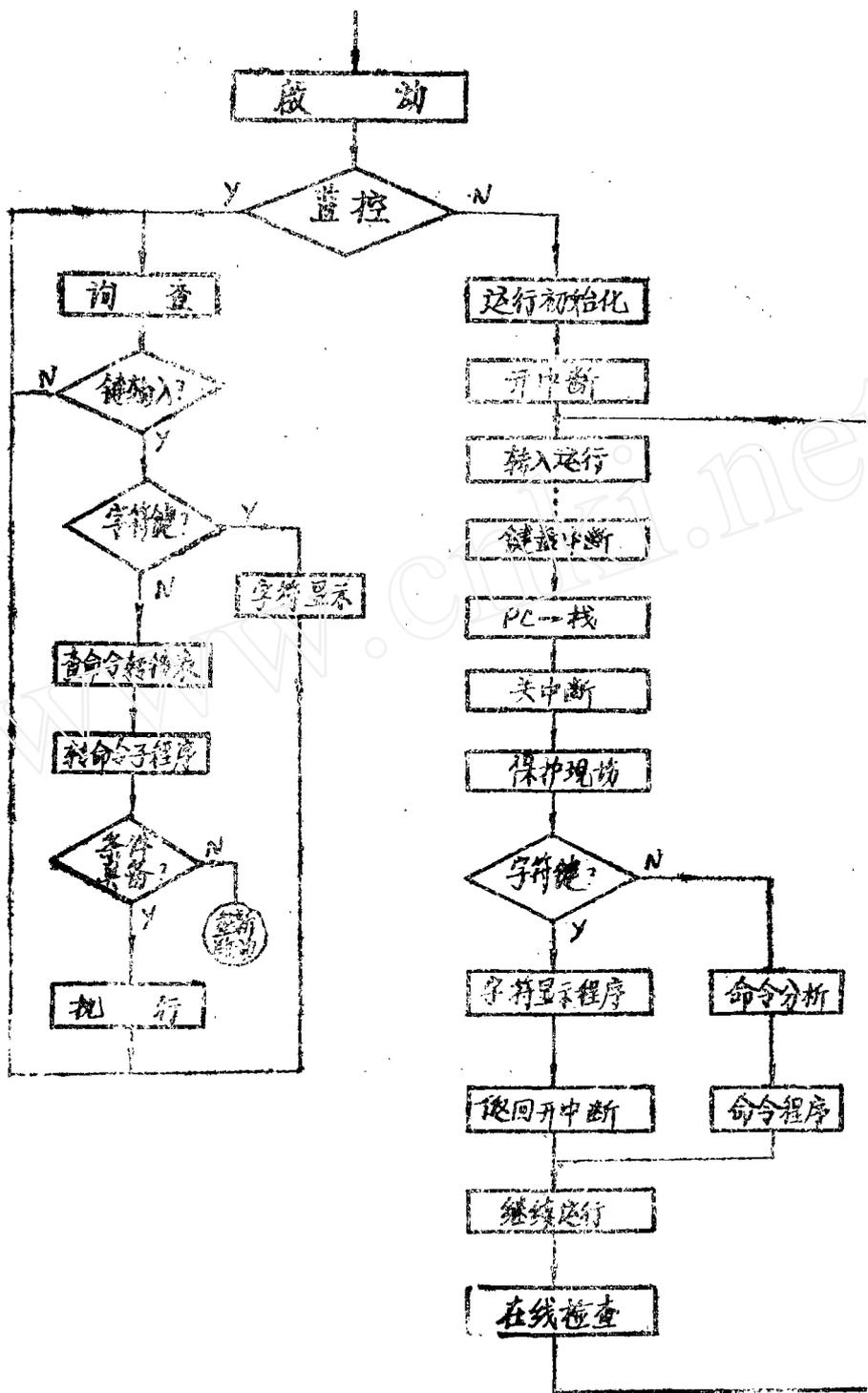


图6—12 监控程序框图