

机 床 自 动 控 制

计算机控制部分

503 教 研 室

目 录

第一章 概 述	1
第二章 CNC系统结构	5
§ 2—1 加工中心 CNC系统	5
§ 2—2 微型计算机控制线切割机床	11
第三章 Z80—CPU的结构	20
第四章 Z80—CPU指令系统	33
第五章 并行输入/输出接口芯片Z80—PIO	38
第六章 计数器/定时器芯片Z80—CTC	56

计 算 机 数 字 控 制

第一章 概 述

计算机数字控制 COMPUTER NUMERICAL CONTROL 简称 CNC, 也称软联接数控 SOFTWARED NC. CNC 机床就是用小型数字计算机或微处理机计算机控制的机床。

CNC 是在 NC 的基础上发展起来的, 1968 年美国出现了用小型数字计算机代替数控装置的动向。1971 年美国第八届数控学会开始广泛提出 CNC 和 SOFTWARED NC 论文。十年来, 电子计算机用来控制数控机床日益增长, 特别是微处理器的出现和迅速发展, 近年在 CNC 系统基础上发展起 MNC 系统, 把 CNC 系统中的小型计算机改为微处理机的微型数控 MICROCOMPUTER NUMERICAL CONTROL, 价格大大降低, 体积缩小, 使用方便, 易于普及推广, 将逐步取代 CNC, 成为数字控制机床的主要发展方向。

计算机数控是靠软件把数控逻辑的全部或部分存贮到计算机的存贮器里的方法, 对不同功能的机床可以通过软件来代替原来用电子线路等硬件的布线, 这种用软件的软联接数控与原来的硬联接数控相比就增加了扩大数控装置功能的可能性。由于能由软件实现全部功能, 所以变更功能只需改变软件而不影响硬件。随着计算机的发展, 演变的结果是软件工作量日益增大, 对不同的对象所需改变的只是程序或接口而不必改变硬件设计。采用计算机控制后机床的拖动控制电路简化到只有接触器、按钮、检测开关等。对不同用途的机床只需变换接口和软件, 这样不同机床采用不同控制硬件电路的现象将减少。

一切工业过程控制可归结为“状态量输入→决策→控制量输出”计算机不能自己理解什么是输入状态量, 什么是输出状态量。从计算

机本身角度看, 这些量只是一些二进制数据, 状态量只被计算机理解为输入的数据; 控制量只被理解为输出的数据; 决策只被理解为一系列算术与逻辑操作。控制的三个步骤对应于CNC系统的状态字节输入→决策→控制字节输出。用计算机控制机床, 也就是让机床运行的过程。我们把机床控制系统分成若干子系统, 以数字计算机为核心, 以子系统作为外围设备, 通过各类接口INTERFACE实现计算机和外围设备通讯。计算机配备实时操作系统全面管理各种资源, 正确组织状态量输入→决策→控制量输出, 通过输入/输出指令实现对机床的控制。

CNC系统的实时操作系统REAL-TIME OPERATING SYSTEM具有以下特点:

1. 出发点是以实时性(提高响应速度为主, 而以提高资源效率为辅。
2. 可靠性要求高。
3. 实时操作系统往往仅保留通用操作系统的基本功能, 即满足各专业用户种要求的逻辑。并在此基础上根据控制需要增加时钟管理, 输入/输出管理, CRT显示, 零件程序处理等功能。
4. 有丰富的适用于机床控制的子程序库, 有大量的中断服务程序。

CNC系统所用的信息必须经总线由接口转换, 总线BUS上只能出现标准二进制格式的I/O信号, 通过接口的组织变换和扩展, 计算机发出的一连串标准信号才能变成有效的过程控制, 程序设计就是要保证CPU正确发出这一连串的标准信号。从某种含义上讲, CNC系统中计算机仅仅相当于“标准信号源”而接口才使标准的输入/输出信号具有各种实际控制意义。因此计算机控制实质上是由接

口直接控制机床。

接口一般分为数据处理输入/输出 DATA PROCESSING INPUT/OUTPUT (DPI/O) 和过程输入/输出 PROCESS INPUT/OUTPUT (PI/O) 两类。DPI/O 接口是通用计算机系统具备的, 适用于卡片机, 读带机、电传等通用 I/O 设备。PI/O 接口包括模拟输入/输出 ANALOG I/O 和数字输入/输出 DIGITAL I/O。CNC 机床的触点输入/输出接口 (CTI/CTO), 主轴驱动模拟输入接口 AOI, 进给控制和伺服驱动接口 (FRT, SDR) 都属于 PI/O。

接口设计高度依赖 I/O 设备的性能, 国外已设计有微处理机标准接口, 例如 GPIB, CAMAC 等, 这样一个通用硬件可适用于不同功能的 I/O 设备, 各种不同的功能靠存入微处理机的不同程序提供。然而, 仅孤立考虑接口硬件设计是不行的, 为了使接口正确运用计算机的标准信号, 需要软件被控机床与外设接口共同协调和总体综合设计, 需要事先考虑一系列硬/软件协同工作, 必须有硬软件约定。它们既决定了接口线路的概况, 也决定了使用这个系统软件人员使用的指令段, 还决定了总体工作的面貌。接口与控制软件的兼容可以从下面几个方面考虑,

1. 硬、软件约定
2. 用什么通道和 CPU 变换数据
3. 接口设备代码的设置
4. 系统优先级与外设屏蔽功能的确定
5. 接口状态字及控制字格式的确定

综前所述, 计算机数字控制关键在于接口, 而接口的设计又必须先了解所使用的计算机与被控制的机床, 因此本章先介绍两个 CNC

机床的实例，使对CNC系统的组成有一初步概念，然后用较简单的单板机，介绍Z80计算机的基础知识，最后着重介绍PIO与CTC两种接口。

第二章 CNC 系统结构

§ 2. 1 加工中心 CNC 系统

加工中心适用于形状复杂、准确度与相对位置精度要求很高的箱体零件。利用机械手与刀库可以在一次安装中更换多种刀具完成钻孔、镗孔铣切成型表面等工作。不论采用小型通用计算机（如汽轮电机厂的 10VC 用 CIP/2200B 计算机）或微处理机（如 511 厂的 FP5C 用 SINUMERIK7，微处理机芯片为 INTEL 3000），由于控制对象的功能相同，CNC 系统的结构亦基本相同。故可从功能的要求来研究系统的结构。

一、加工中心与 CNC 有关的主要功能

1. 控制台（包括悬挂式控制板）。各式按钮用于启、停机床，紧急停车，找刀、换刀、主轴速度选择、分度台定位等。各式指示灯用以指示整机工作情况或故障报警。

2. 键盘与显示装置 利用键盘可以作程序编辑，零件程序的输入，修正程序段等工作。CRT 显示可以连续显示修正过的零件程序，能显示现在位置，主存贮器的内容，刀具补偿量的内容。特别在发生故障或输入错误时，能给使用者提供有用的信息。

3. 穿读带机 可以将纸带信息送入计算机，也可以进行纸带的复制，包括将编辑于存储器中的程序调出打成纸带，加以保存。

4. M、S、T 功能

主轴速度选择 S 功能，通常主轴转速是有级的，如 FP5C 为 71 ~ 4000 转/分，分 36 级，可以任选。在需要时，也可以通过软件作无级变速的控制（如恒切速控制）。

用于选择刀具的称 T 功能。每次换刀，主轴箱均回到换刀位置；

要换用的刀具，刀库亦已将它送至换刀位置。机械手分别对主轴与刀库进行接近、夹持刀具、取出刀具、转动 180° 、装上与松开等快速动作约3.5秒钟，在此其间液压与气压密切配合（机械手由液压操纵，主轴孔吹气，保持清洁保证定位精度由气压完成）。如何识别刀具，则因机床而异，如FP5C是按刀具编码、计算机识别刀柄上的四位数字；而10VC则按刀座孔位编码，需要操作人员根据程序单事先细心地将刀具安装在正确的刀座孔位上。

M为辅助功能，例如主轴正、反、停为M03, M04, M05；冷却液开、关为M08, M09；阅读机停为M31；链式刀库保护门开、关为M28, M32等。

5. 进给运动系统 加工中心采用闭环系统，由伺服电机、检测器（旋转变压器），相位比较电路功率放大器等部分组成。X轴、Y轴Z轴和转台B轴各有独立的外围设备。拖板位置的检测器反馈取自与丝杆同轴的旋转变压器。

二、加工中心CNC总系统框图

图2-1是加工中心CNC总系统框图。如前章所述，其核心中央处理单元是小型计算机或微处理器计算机。系统软件包括：引导程序、操作系统OS、零件程序的处理程序，MST功能服务程序等。为了便于诊断，提供了DCS诊断操作系统计算机与输入设备。机床执行部件的信息与动作的交往，主要依赖各种接口。在选定计算机和确定了控制的机床之后，CNC系统的设计，主要工作在接口设计。而接口设计，除对机床有深入了解外，既应掌握计算机的软件，又要熟悉计算机的硬件，下面就图2-1所示的接口，简单说明其功用。

/. PTI(PAPER TAPE INPUT INTERFACE)

系统程序带、零件程序带、DCS诊断带等都经过读带机和PTI接口输入，CNC机床允许零件程序一次读入内存，加工同一零件时，只需从存储器重复调用相应零件程序。CNC具备零件程序检索功能，将所需程序段号输入，启动检索按钮即可在快速读带过程中将所需程序自动检索出来。

2. CCI接口 (CNC CONSOLE INPUT INTERFACE)

CRT显示和键盘是人机通讯的工具。控制台输入接口CCI就是使操作者通过键盘向系统输入零件程序或其他指令数据。压动键时产生控制台中断并输入相应ASCII码，系统程序解释该键码并执行相应操作。系统程序扫描机床状态并在CRT上实时显示拖板实际位移和系统故障类型等信息。

3. CTI接口 (CONTACT IN INTERFACE)

机床按钮、限位开关和其他触点状态信息经触点输入CTI接口送给CPU，经识别后使CPU转入为该触点服务的中断服务程序ISR。所有触点状态保存在系统程序固定区域中，称为“触点表”，通过触点表可了解所有触点的状态，加工中心CTI接口最多与32个触点相联，共用五个CTI接口。

4. CTO接口 (CONTACT OUT INTERFACE)

CPU经触点输出接口CTO输出控制信号，控制接触器、指示灯、电磁阀。每个CTO接口最多可与32个触点相联。加工中心共用三个CTO接口。

触点输入和触点输出信息在普通机床中由继电器接触电路控制。

5. AOI接口 (ANALOG OUTPUT INTERFACE)

主轴驱动采用双向可控硅DC驱动系统控制给定电压可实现主轴正、反转和调速。模拟输出接口(AOI)有数模转换器，由CPU

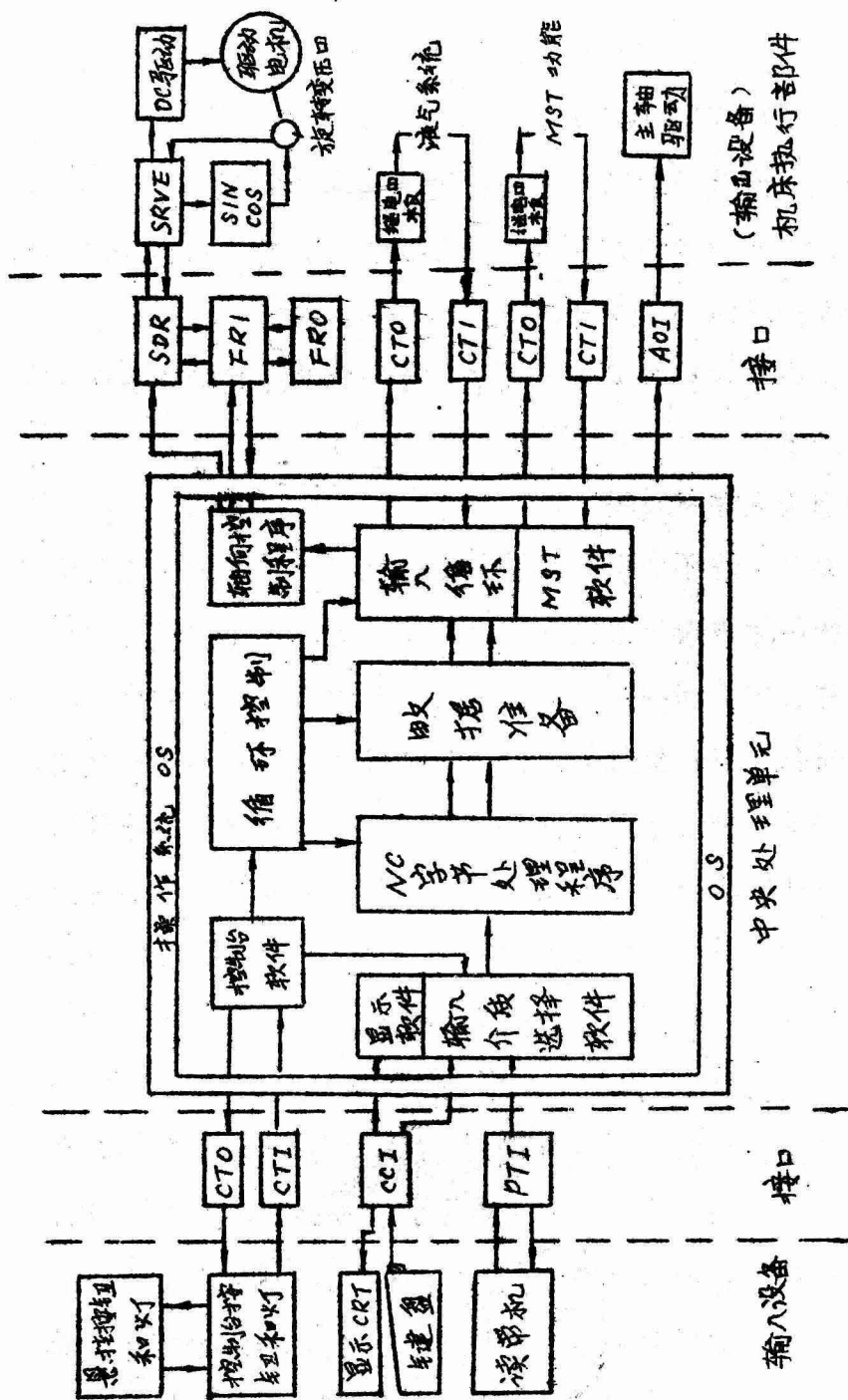


图2-1 加工中心CNC系统框图

输出数据经 A O I 转换成所需直流给定电压。

6. SDR, FRT 接口 (SLIDE DRIVER & FEEDRATE CONTROL INTERFACE)

伺服系统直接驱动拖板按给定进给率和指定方向移动, 并实现精确定位。拖板驱动接口 SDR 有 24 位插补器 (由微处理器组成), 指令计数器和位移误差计数器。

进给率控制接口 FRT 提供进给率脉冲序列送入各轴 SDR 决定拖板进给率。

三、触点输入中断过程

CNC 系统不同于科学计算之处就在于系统是由被控制的“过程”为主动的一方申请计算机来进行处理, 计算机无法完全预测“事件”的发生与状态量的变化。例如加工过程中人为的按钮干预, 各类限位触点的动作, 对计算机而言完全是随机发生而且还十分频繁。当发生某个“事件”时, 为了对这个“事件”进行处理, 中止现行程序的运行而引出处理事件的程序叫做“中断”。CNC 系统实际上是一个中断驱动系统, 所谓中断驱动就是对“事件”所启动的任何功能都必须通过中断方式完成。如图 2-1 所示的这些接口都是挂在 CNC 系统的输入/输出总线上的中断源, 它们都必须通过中断方式占有 CPU, 使控制转入其所需功能服务的中断服务程序实现所需的机床操作。

产生中断的“事件”称为中断源。中断源有内中断和外中断两类。

内中断如控制台中断 (执行 TRAP 指令或 INT 开关动作), 内时钟中断、存储器奇偶校验错中断、控制栈溢出中断、掉电中断、掉电恢复中断等。内中断使处理机转入自中断服务程序。内中断服务程序固定在存储器中某区域, 内中断转换单元内容就是内中断服务程序首址。

外中断是由外围设备产生通过接口向处理机请求中断的过程。它由优先且不屏蔽的外围设备向处理机发出中断请求，处理机响应中断请求后送入外围设备向量地址，由微程序控制转入中断转移续元内容（ISR 首址）开始的中断服务程序。

微程序由若干条微指令编制而成用以完成一条机器指令功能。它存放在控制存储器 ROM 中，执行某条指令时按顺序读出有关微指令送到微指令寄存器，产生相应微操作的控制信号控制机器执行规定的操作。每增加一条微指令只增加不到 $1\mu s$ 时间，所以通过调整中断处理微程序序列可提高中断响应速度，提高 CNC 系统实时响应能力。

现在以一个按钮动作为例，分析触点输入 CTI 外中断全过程：

设置 CTI 接口

——按钮动作（假设该按钮与地址 05 的 CTI 相联）

——若 CTI₀，具有优先权且不屏蔽，CTI₀，发出中断请求信号 EINT/CTI₀，进入等待 WAIT 状态。

——CPU 响应中断请求，送出中断请求已收到信号 IACK/CTI₀，用 ANXX 信号送出中断向量地址到输入数据总线。

——在中断处理微程序控制下经中断转移续元 INTERRUPT TRANSFER LOCATION 转入中断服务程序 ISR

——执行 ISR，完成按钮所启动的机床操作

——返回主程序

§ 2-2 微型计算机控制线切割机床

一机部机械工业自动化研究所研制的微处理计算机线切割机床数控样机系统是以莫托洛拉公司生产的MEK 6800 D2 EVALNATION KIT II 微型计算机为基础,并扩充了必要的硬件和软件所组成的控制系统。该样机系统的特性示于表2-1。由表可知该系统目前尚缺少和锥度切削、对称、缩放旋转等加工功能,也不能进行电极丝走丝控制、电解液处理控制、脉冲电源控制、加工恒速控制及加工中途停电处理。

一、样机系统的硬件

微型计算机线切割机床数控样机系统由微型计算机、行式打印机、音频合式磁带机及光电隔离等部分组成。其系统框图如图2-2。

1. 微型计算机部分

硬件部分以MEK 6800 D2 KIT II 微型计算机为基础,对存贮器和输入、输出接口作必要的补充。莫托洛拉公司提供的可由用户自行装配的微型机成套元件,包括二块印刷线路板即微型计算机模块和键盘显示模块,计算机模块包含的主要芯片及其功能可参阅表2-2。

例如控制机床工作台步进电机的PIA芯片有关信号联接为:

PB₀~PB₇, 作输出与X轴向步进马达的A相~E相相连

PA₀~PA₇, 作输出与Y轴向步进马达的A相~E相相连

CB, 作输入 断丝信号

CA, 作输入 步进请求信号

PB, 作输入 短路信号

2. 行印机部分

选用的是PRITNTA CSR 型行印机。打印纸应用标准的金属电敏纸,纸具有薄的金属铅层,打印时字符上加以脉冲电流,将薄的铝

表 2-1

特 性	说 明
控制方式	C N C 软件, 固件 1 可变型
插补	直线/圆弧
脉冲当量	0.001 毫米/脉冲
被控制的坐标轴	同时 2 坐标轴
读出器: 类型	音频合式磁带机
速度	约 30 字符/秒
校验	校验和检查
齿隙补偿	有
电极丝偏移补偿	修改圆弧加工指令的起点与终点坐标
最大偏移量	0255 毫米
零件程序显示	全部或单条由打字机打出
现行指令的显示	加工停止时由打字机打出执行/完成的指令序号
加工坐标位置显示	加工停止时或由操作员请求由打字机打出 X、Y 轴坐标
零件程序存贮介质	半导体随机存贮器, 音频合式磁带
零件程序复制	可复制于音频合式磁带
加工指令最大尺寸	9999.999 毫米
加工指令的控制	可实现加工指令执行顺序的转移
事故处理	短路回退, 电极丝断停工
回退速度	
走步方式	单方向快速/插补/快速回到加工原点
对机床的适应性	工作台驱动步进机, 三相/五相走丝, 高速/低速

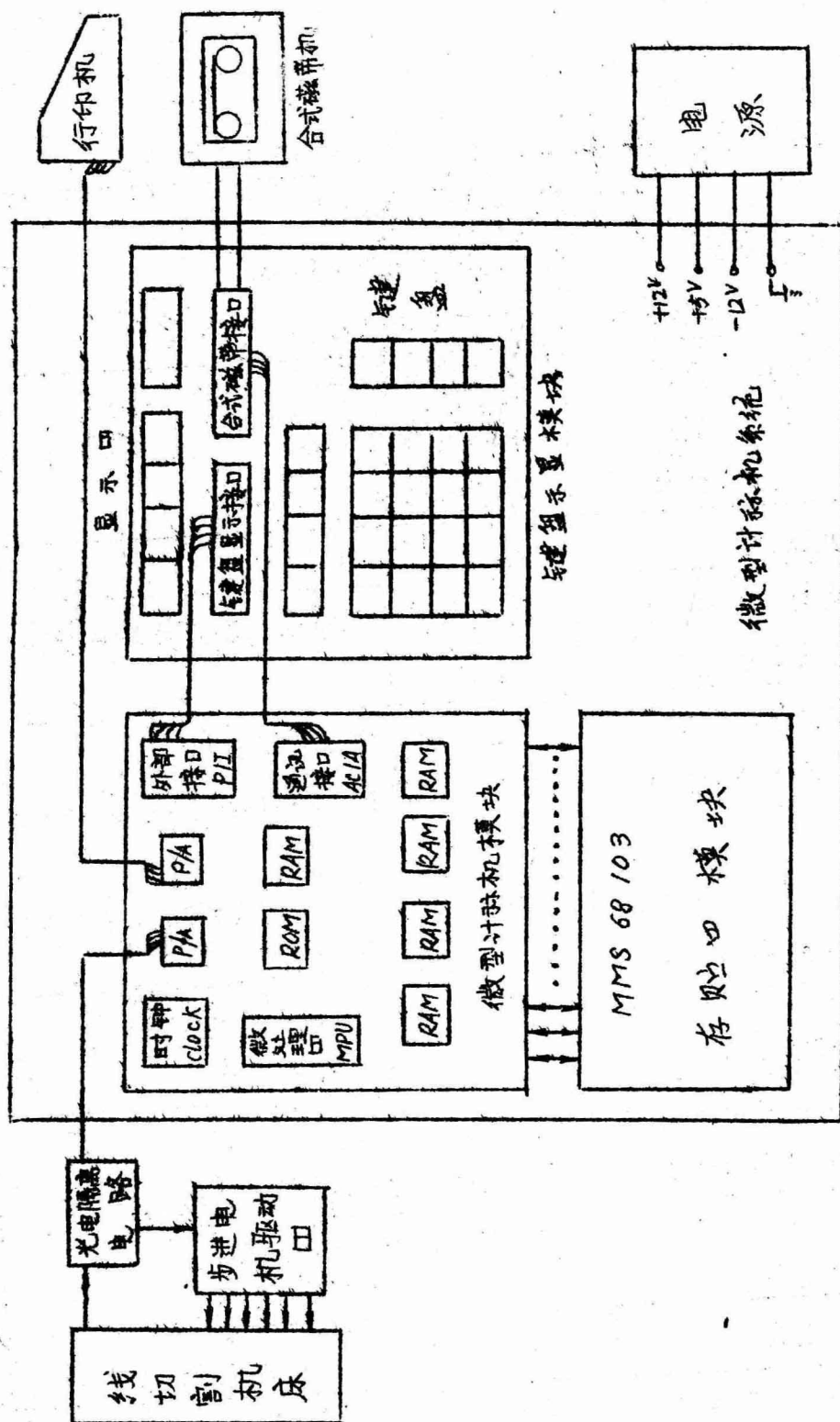


图 2-2 微型计算机 (线切割机床) 系统框图

表 2-2

型 号	名 称	地 址	功 能
M6800 MPU	微处理器		完成运算判断以及控制等
M6810 RAM	随机存贮器 1	\$0000—\$007F	系统程序工作单元暂存区
	2	\$0080—\$017F	走步控制字存贮区
	3	\$0180—\$01FF	系统程序堆栈
	4	\$A000—\$A07F	JBUG 程序工作单元暂存区堆栈
M6820 PIA	外部接口 1	\$8010—\$8013	控制打字机
	2	\$8020—\$8023	控制键盘与数码显示器
	3	\$8004—\$8007	控制机床工作台的步进电机
M6830 ROM	只读存贮器	\$E000—\$E3FF	JBUG 程序固件
M6850 ACIA	异步通讯接口适配器	\$8009—\$800A	控制台式磁带机接口
M6871B CLOCK	时钟发生器		系统时钟
M68708 EPROM	可改写的只读存贮器	\$6000—\$63FF	系统程序不可修改部分
M8T97	驱动/反相器		地址总线以及控制总线驱动
M8T26	总 线		数据总线双方驱动

层蒸发就形成鲜明的黑色痕迹。数字、字母由 5×7 的点阵产生。当具有 7 个电极组成一行的滑动头水平横扫过打印纸时，就打出一行字符。最快打印速率是每秒 12 行，每卷纸长 25 米可以打印 5000 行。

根据技术文件的要求，该行印机打印字符为 ISO 编码的后六位。

有64种字符。外部接口适配器PIA的PB。—PB，与行印机的数据总线D。—D，相联。行印机的启动应用低电平外部选择信号，该信号由PIA的PB，提供。

3. 音频盒式磁带机部分

音频盒带机主要将存贮器内所存贮的程序录入磁带，也可将磁带内的程序转贮到存贮器中，所以它可以看作为微型机的外存。

录入和存贮命令是由MC6850 ACIA 异步通讯接口适配器和盒式磁带机一起完成的。用户能以300波特（每秒30字符）串行时钟频率在普通音频磁带上存取数据，存取数据的格式是堪萨斯城标率（Kansas City Standard）的记录格式，对于每一个传号（逻辑1）应用2400Hz 记录

8周期来表示，每一个定号（逻辑0）用1200Hz记录4周期来表示，见图2-3。

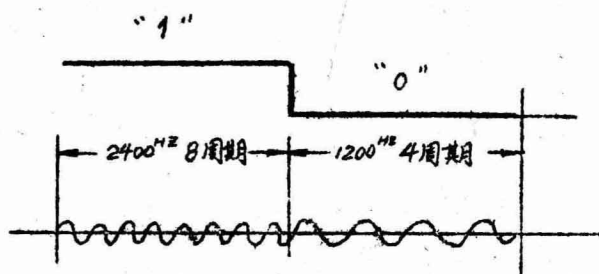


图 2-3

4. 光电隔离部分

微型计算机与机床之间的联结，需要通过光电隔离器件使微机与机床之间得到良好的隔离，这一措施起如下作用。

- ① 抑制微型计算机与线切割机床之间信号传入噪声干扰。
- ② 防止可能引起的事故蔓延。
- ③ 便于信号和信号驱动能力的匹配。

二、样机系统软件

样机除MEK6800D2所包含的JBNG 监控程序外，还包括执行线切割机床数控功能的系统程序。

系统程序在存贮器内被分成两部分。一部分写入EPROM，通常