

转换器接口技术

(第二辑)

ST-711和ST-732

模拟A/D—D/A 计算机I/O系统

赵 献 民



30100712



496286

A/D—D/A 转换器接口板

产 品 介 绍

为了推广微型计算机的应用, 厦门电子仪器厂和航空工业部六一二研究所联合成立微型计算机接口应用服务部。备有现货的产品有:

1. Z80AIO Z80AIO是十二位32通道A/D、2路D/A转换器接口板, 是目前与Z80系统和单板直接相连的高性能的板子。这种产品可以直接与MCZ、MCS计算机系统, 与RECZ—80、TP801、 μ C—Z80等各种Z80单板机相连, 也可以与TRS—80、YEE—8100、MDR—Z80等相兼容的微计算机系统相连。除提供板子外, 还可提供与TRS—80相兼容系统的AIO校准和测试文件, 并可配机箱、电源和零配件。产品的核心是Zilog公司的Z80AIO板, 精度高, 可靠性好, 可以根据用户需要与不同的机器进行连接以及其它特殊要求。

2. ST—732 ST—732是12位32通道A/D、2路D/A转换器接口板, 是目前与MULTIBUS兼容的转换器接口产品的佼佼者。可以与以8080、8085、8086、8088和iAPx432为CPU的MULTIBUS单板机和与MULTIBUS兼容的系统直接相连。该产品与ISBC—732完全兼容, 并做了重大改进。产品高速度、高性能和高可靠性, 采用INTER SIL—DATEL公司的ST—732板。该产品也可以与Z80的系统和单板机相连。

3. 订货和查询可与厦门电子仪器厂联系, 有关技术问题也可与河南洛阳市030信箱5分箱联系。

ST—732转换器接口技术学习班通知

航空工业部第六一二研究所拟于83年9月举办“ST—732转换器接口技术学习班”, 凡从事微计算机工作或有一定微计算机基础知识的同志均可报名参加。学习内容为与MULTIBUS兼容的模拟I/O接口设计、程序设计和ST—732的操作。

办班地点在河南省洛阳市航空工业部六一二所, 学习时间为10天, 学费每人30元(资料费在内), 食宿自理(招待所接待)。需要派人参加的单位请于8月20日前来函将名单报河南省洛阳市030信箱教育科。学员于9月12、13日两天到612所招待所报到, 9月14日正式上课。以上事项, 无变化时不另通知。

六一二所地址: 洛阳站下车乘5路公共汽车到百货楼下车, 然后步行往南到体育场路。

内 容 提 要

本书共八章。前四章主要介绍ST—732板的性能和使用说明。第五章叙述ST—732的诊断测试程序和程序的详细说明。第六章详述ST—732的程序设计和实际编程举例。第七章和第八章详述ST—732的硬件分析、器件说明、资源开发和扩充问题。

本书由浅入深，便于自学，内容新颖，独具一格。可作为使用和学习ST—732和ISBC—732板的用户参考；可作为与ISBC—732兼容的A/D—D/A系统的程序设计参考书，可作为设计与MULTIBUS兼容的A/D—D/A等系统的硬件和软件参考；也可作为大专院校某些专业的教学参考书。

目 录

序 言	(1)
第一章 引论	(2)
§1.1 概述	(2)
§1.2 功能介绍	(2)
§1.3 技术指标	(4)
总体指标(4) 模拟输入(4) 编程与体系结构(6) 模拟输出(6) 电压输出(6) 电流环输出(7) 接口连接器(7) 物理特征(7) 电源功耗(8)	
第二章 体系结构和编程	(9)
§2.1 概述	(9)
2.1.1 重复单一通道输入	(9)
2.1.2 顺序输入扫描	(9)
2.1.3 随机通道输入	(9)
§2.2 存贮器基本地址分配	(9)
§2.3 读/写格式	(10)
2.3.1 命令寄存器(M+0, 写)	(10)
2.3.2 状态寄存器(M+0, 读)	(11)
2.3.3 增益和多路转接器地址寄存器(M+1, 写/读)	(11)
2.3.4 末通道寄存器(M+2, 写)	(12)
2.3.5 清除中断位(M+3, 写)	(12)
2.3.6 ADC数据(M+4、M+5, 读)	(13)
2.3.7 DAC数据(M+8、M+9, M+A、M+B, 写)	(13)
§2.4 编程	(14)
第三章 用户选择和装配	(15)
§3.1 存贮器基本地址选择	(15)
§3.2 传输回答延迟	(16)
§3.3 中断	(16)
§3.4 A/D转换器的启动	(17)
§3.5 电流环输入	(18)
§3.6 多路转接器的输入配置	(19)

§3.7	模/数转换器量程和输出编码选择.....	(19)
§3.8	数/模转换器输出量程和输入编入编码选择.....	(20)
§3.9	校准过程.....	(20)
	PAG失调调整(21) ADC校准(21) 数/模转换器校准过程(23) 典型的DAC校准实例(23)	
第四章	输入—输出引脚连接.....	(26)
§4.1	概述.....	(26)
§4.2	总线接口(P1).....	(26)
§4.3	辅助连接器(P2)	(28)
§4.4	模拟输出连接器(J1)	(28)
§4.5	模拟输入连接器(J2和J3).....	(28)
第五章	诊断测试程序.....	(31)
§5.1	概述.....	(31)
§5.2	测试方式.....	(31)
5.2.1	PGA失调调整(控制字符—C).....	(31)
5.2.2	A/D校准测试(控制字符—D).....	(31)
5.2.3	A/D扫描测试(控制字符—E).....	(32)
5.2.4	起搏器和中断测试(控制字符—F).....	(32)
5.2.5	D/A校准测试(控制字符—G).....	(32)
5.2.6	D/A锯齿波测试(控制字符—H).....	(32)
§5.3	测试设备.....	(33)
§5.4	诊断程序装入.....	(33)
§5.5	启动测试程序.....	(33)
§5.6	典型的诊断测试过程.....	(34)
§5.7	诊断程序清单.....	(35)
§5.8	诊断测试程序说明.....	(49)
5.8.1	概述.....	(49)
5.8.2	诊断测试程序流程图.....	(50)
5.8.3	子程序库.....	(51)
	键盘输入例行程序(51) 打印回车换行例行程序(52) 打印例行程序(52)	
	十六进制ASCII码转换成二进制例行程序(53) 二进制转换成ASCII例行程序(54)	
	输出四个十六进制数据例行程序(54) 输入十六进制字符的例行程序(56)	
5.8.4	诊断测试功能模块.....	(57)
	D/A锯齿波测试模块(57) D/A校准测试模块(57) PGA失调调整测试模块(58)	
	A/D校准测试模块(59) A/D扫描测试模块(61) 起搏器和中断测试模块(64)	

第六章	ST—732编程举例	(68)
§6.1	伪指令表	(68)
§6.2	ADC 非中断子程序	(69)
6.2.1	LDDATA 子程序	(69)
6.2.2	读随机通道非中断子程序	(69)
6.2.3	读重复单一通道非中断子程序	(70)
6.2.4	顺序通道非中断子程序(SCAN)1	(71)
6.2.5	顺序通道非中断子程序(SCAN)2	(72)
§6.3	ADC中断程序编程	(76)
6.3.1	中断服务子程序	(76)
	EOC中断服务(76) EOS中断服务(78)	
6.3.2	中断子程序	(78)
	用起搏器时钟启动的顺序通道扫描(78) 用起搏器时钟启动的重复单一通道方式(79) 起搏器时钟启动的随机通道方式(80) 程序启动的顺序通道扫描方式(80) 程序启动的重复单一通道方式(81) 程序启动的随机通道方式(81)	
6.3.3	中断编程举例	(82)
	连续转换举例(82) 有限连续转换举例(83) 重复单一通道(I)举例(84) 重复单一通道(II)举例(84)	
第七章	ST—732的主要器件	(86)
§7.1	模拟器件	(86)
7.1.1	16通道CMOS多路转接器MX—1606	(86)
	特点(86) 概述(86) 技术指标(87) 结构和引脚排列(88) 技术说明(89)	
7.1.2	带采样保持器的12位微电子A/D转换器ADC—HS12B	(92)
	特点(92) 概述(92) 结构和引脚排列(93) 技术指标(94) 技术说明(96) 使用说明(98) 校准过程(100)	
7.1.3	带输入寄存器的12位混合工艺D/A转换器DAC—HK系列	(101)
	特点(101) 概述(101) 技术指标(102) 技术说明(104) 结构和引脚排列(104) DAC—HK12的使用(105) 校准过程(108)	
7.1.4	SPST CMOS模拟开关HI—201	(109)
	特点(109) 概述(110) 技术指标(110)	
7.1.5	单片JFET输入的宽带运算放大器LF356	(114)
	应用场合(114) 特点(114) 技术指标(114)	
7.1.6	通用运算放大器LM741	(116)
7.1.7	电源模块BPM—15/15—D5	(118)
§7.2	数字器件	(119)
第八章	ST—732硬件分析	(129)

§8.1	概 述	(129)
§8.2	ST—732 控制原理	(129)
8.2.1	多总线 和定时	(129)
8.2.2	基本地址译码和禁止信号产生电路	(133)
8.2.3	板内地址译码和控制信号产生电路	(134)
8.2.4	总线收发电路	(136)
8.2.5	装入命令(写M+0)	(137)
8.2.6	传输响应延迟产生电路	(137)
8.2.7	装入PGA和通道地址(写M+1)	(138)
8.2.8	装入末通道地址(写M+2)和EOS产生电路	(139)
8.2.9	数字多路转接器和板忙触发器	(140)
8.2.10	ADC控制逻辑	(142)
8.2.11	中断控制电路	(145)
§8.3	A/D 转换	(147)
8.3.1	ADC定时逻辑	(147)
8.3.2	通道转接器	(149)
8.3.3	可编程增益放大器	(150)
8.3.4	A/D转换器	(151)
8.3.5	A/D运行时间的估算	(151)
8.3.6	通道的扩展问题	(153)
§8.4	D/A 转换	(155)
8.4.1	保持寄存器	(155)
8.4.2	D/A转换器	(155)
8.4.3	电流环驱动电路	(155)
8.4.4	DAC的通道扩展	(155)
附录:	ST—711/732逻辑图(四幅)	(158)

序 言

为促进微型计算机在各个领域的应用,航空工业部第612研究所和厦门市电子仪器厂掌握了ST—732模拟A/D—D/A微计算机I/O系统接口板的使用和组装技术,并组织销售此项产品。ST—732是12位32通道(单端)模拟输入和2通道模拟输出的组合I/O板,是DATEL—INTELSIL新近推出的、在ISBC—732基础上进行重大改进的第二代产品。ST—732板具有高精度、高速度和高可靠性,其性能在转换器产品中是先进的。毫无疑问,它的开发和应用定会有较高的价值和广泛的影响。

ST—711/732与ISBC—711/732完全兼容,它们从结构(尺寸)、引脚到插头座与ISBC完全相同,而且ISBC—711/732的软件可以在ST—732上运行。ST—732的诊断程序对于ISBC模拟I/O扩展板有一定的参考。独具一格的ST—732硬件分析对挖掘板子的资源和用户的A/D和D/A系统设计可能会大有益处。

本辑主要参考书为:《SINETRAC SERIES MODELES ST—711&ST—732 ANALOG A/D—D/A COMPUTER I/O SYSTEMS USER'S MANUAL》,JULY 1981, Manual Part No.58-12140-38。由于水平有限,错误与不妥之处在所难免,敬望用户与读者批评指正。在编写过程中,得到肖宏遥同志的许多帮助,也得到《航空兵器》编辑部的同志们的大力支持,在此表示衷心感谢。

第一章 引 论

§1.1 概 述

本章将对ST—711和ST—732模拟输入/输出板进行概括介绍。该部件是一个模拟输入/输出系统，在微处理机控制之下，其基本功能：执行32通道模拟输入的数据采集，并控制两个通道的模拟输出。ST—711和ST—732是日益广泛应用的Intel单板机(ISBC)系列和其它与多总线兼容的微计算机的接口。该部件与系统总线的连接就好象一个读/写存储器一样。

§1.2 功能介绍

ST—711模拟输入板和ST—732模拟输入/输出板都提供16个差分或32个单端模拟输入通道。为了保证板子在错误操作条件下不致受到破坏性电压过载，所有模拟输入通道都被保护到 $\pm 35V$ 。为了容许用户进行电流环输入，在差分输入通道上已经做好了安装分立元件 $1/4W$ 电阻的准备。对于 $4 \sim 20mA$ 的电流环输入，要求安装 $250\Omega \pm 1\% - 1/4W$ 电阻。

此外，ST—732有两路12位非隔离的混合工艺的数字——模拟转换器，转换器内部有数字代码保持寄存器。两块数字——模拟转换器中的任何一块都能配置成 $+5V$ 、 $+10V$ 、 $\pm 5V$ 、 $\pm 10V$ 或 $4 \sim 20mA$ 电流环满刻度输出。数/模转换器的电流输出满足A型电流发送器的要求，它具有带内部电源的L级操作的能力，也具有带外部电源的U级操作的能力（见ANSI MC—12—1—1975或ISA S50—1）。

A/D转换可以由外部触发、内部起搏器时钟或由程序命令来启动。当需要用某外部事件来同步A/D转换时，外部触发是很有用的。内部起搏器时钟的间隔可以用跨接器选择，这个时间间隔从975毫微秒到1秒。内部起搏时钟以精确的、均匀的间隔进行A/D转换，适用于要求重复和定时采样的应用场合。ST—711/732板产生XACK/信号，以响应从系统计算机来的存储器读/写命令，通过跨接器跳线选择，通常作为系统计算机的定时。

ST—711和ST—732能够产生两个中断：INT A(中断A)和INT B(中断B)。(1)转换结束、(2)扫描结束、(3)内部起搏器时钟或(4)外触发时钟，四个信号中的任意一个都能通过跨接器选择产生INT A和INT B。INT A和INT B也可由跨接器跨接到计算机系统总线上的8级中断线上的任意一级。

§1.3 技术指标

总体指标

ST—711——32S/16D A/D通道, 无D/A通道。

ST—732——32S/16D A/D通道, 2 D/A通道。

模拟输入

- 通道数 32个单端或16个差分(跨接器选择, 出厂时提供标准的32S)。
- 通道扩展 可以通过另加的ST—711/732板, 用差分基本地址无限制地扩展, 扩展仅受机箱的插件板槽和电源的限制。
- 输入方式 非隔离的高阻抗电压输入, 差分输入采用平衡方式。
- 电流输入 利用提供的分流电阻位置由用户安装就能把16个差分电流输入转换成差分电压输入。板上的配置适合4~20mA、1~5mA、10~50mA和其它量程。4~20mA量程要求采用 $250\Omega-1/4W-\pm 1\%$ 的电阻, 电阻的最大温度系数为 $\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。
- 输入过压 经受住 $\pm 35\text{V}$ 不损坏。
- 对地输入电容 通道断开时—5 pF
通道接通时—100pF。
- 满刻度输入量程 $\pm 10\text{V}$ 、 $\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 2.5\text{V}$ 、 $\pm 1.25\text{V}$ (提供标准量程, 由2位可编程增益码选择)。腐蚀的板子可供用户安装一个固定增益电阻, 提供满刻度量程 $\pm 10\text{mV}$ 以下的输入。

表 1-1 满 刻 度 输 入 量 程

可编程 增 益	单 极 性		双 极 性		低 电 平	
	单 极 性	双 极 性	单 极 性	双 极 性	单 极 性	双 极 性
× 1	0 → +5V	0 → +10V	±5V	±10V	达到 +80mV	达到 ±1V
× 2	0 → +2.5V	0 → +5V	±2.5V	±5V	达到 +40mV	达到 ±0.5V
× 4	0 → +1.25V	0 → +2.5V	±1.25V	±2.5V	达到 +20mV	达到 ±0.2V
× 8	0 → +0.625V	0 → +1.25V	±0.625V	±1.25V	达到 +10mV	达到 ±0.1V

(标准形式, 偏移二进制码)

板上跨接器选择

要求用户改变板上的差分放大器的固定增益电阻

- 可编程增益放大器 提供 $\times 1$ 、 $\times 2$ 、 $\times 4$ 、 $\times 8$ 增益(见上表列出的量程); 固定高增益 $\times 1000$ 选择(见上)。
- 输入阻抗 电源接通时, 差分或单端对地输入阻抗的最小值为 $100\text{M}\Omega$;

	电源断开时, 最小阻抗值为 $1.5\text{K}\Omega$ 。	
• 输入源电阻	差分输入时, 最大为 $5\text{K}\Omega$; 单端输入时, 最大为 $1\text{K}\Omega$ 。	
• 输入偏置电流	典型值为 30pA ; 最大值为 200pA 。	
• 25°C 时的总精度	增益	精度
(在初始校准之后, 相对输入端而言, 包括3—Sigma 噪 声、量化误差和动 态响应误差)	$\times 1$	$\pm 0.05\% \text{FSR} \pm \frac{1}{2} \text{LSB}$
	$\times 2$	$\pm 0.07\% \text{FSR} \pm \frac{1}{2} \text{LSB}$
	$\times 4$	$\pm 0.07\% \text{FSR} \pm \frac{1}{2} \text{LSB}$
	$\times 8$	$\pm 0.07\% \text{FSR} \pm \frac{1}{2} \text{LSB}$
	$\times 100$	$0.1\% \text{FSR} \pm \frac{1}{2} \text{LSB}$
要求对高增益差分 放大器重新连线	$\times 1000$	$0.3\% \text{FSR} \pm \frac{1}{2} \text{LSB}$
• 共模电压范围	在模拟地的 $\pm 12\text{V}$ 范围之内(信号加上共模电压)	
• 共模抑制	增益 = 1 时	
	0 Hz	100db
	100Hz	80db
	1 KHz	60db
	增益 = 8 时	
	0 Hz	120db
	100Hz	100db
	1 KHz	80db
	增益 = 1000 时(要求对固定高增益差分放大器重新连线)	
	60Hz	100db
• 非线性度	$\pm \frac{1}{2} \text{LSB}$	
• 微变非线性度	$\pm \frac{1}{2} \text{LSB}$	
• 分辨力	12二进制位(4096分之一)	
• 多路转接器关 闭通道的串扰	从 0 Hz 到 1 KHz 时为 0.01%	
• 采样/保持开关 馈通	最大为 0.01%	

- 采样/保持孔径 最大为100nS
- 系统温度系数
 - 增益 漂 移
 - 增益 $\times 1$, FSR的 $\pm 25\text{ppm}/^\circ\text{C}$
 - 增益 $\times 2, 4, 8$ 时, FSR的 $\pm 30\text{ppm}/^\circ\text{C}$
 - 零 点 漂 移
 - $\pm 20\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- A/D转换周期 20 μS
- 放大器建立时 高电平输入时, 8 μS
间(输入 = FSR 低电平输入时, 110 μS
峰—峰值阶跃)
- 系统吞吐率 23 000次采样/秒
(高电平输入时)
- A/D数字输出 提供的标准形式是——偏移二进制(双极性);
用户通过跨接器重新连线可以得到:
2 的补码(双极性),
直接二进制(单极性)。
- 输出数据格式 与SBC系列兼容的12位二进制组。对于 2 的补码编码方式, 通过跨接器将A/D转换器的第 1 位(MSB)反相得到。

编程与体系结构

- 接口方式 存贮器编址接口。CPU就好象把ST—711/732作为16个连续存贮单元看待, 其中有六个单元不使用。
- 兼容性 引脚和插件导轨与多总线的SBC计算机兼容。
- 兼容的软件 RMX—80 模拟I/O驱动程序;
ASM—80 8080汇编语言。
- 兼容的计算机 iSBC—80/10
iSBC—80/05
iSBC—80/20
iSBC—80/20(—4)
iSBC—80/30
iSBC—86/12
- 存贮器基本地址 16位的起始基本地址由工厂设置在F700(H), 通过提供一个双列直插式跨接器, 可以将基本地址配置在65K存贮单元的任何地方。
提供的诊断程序是从基本地址F700开始。

模拟输出

电 压 输 出

- 通道数 2 个, 非隔离
 - 满刻度电压输出量程
 - 0 — + 5 V
 - 0 — + 10 V
 - 5 V — + 5 V
 - 10 V — + 10 V (提供标准连接)
 } 由用户或由DATEL公司使用跨接器重新连线
 - 数字输入编码
 - 直接二进制
 - 2 的补码
 } 由用户或由DATEL公司使用跨接器重新连线
 - 输出阻抗 200mΩ
 - 输出电流 ± 5 mA, 有对地短路保护
 - 摆率 10V/μS(无外部电容负载时)
 - 建立时间 在达到离终值有 $\pm \frac{1}{2}$ LSB 时, 为 4 μS
 - 25℃ 时的精度 FSR 的 ± 0.05% (包括噪声和非线性)
 - 温度系数 FSR 的 ± 50ppm/℃
- 电 流 环 输 出
- 满刻度电流输出 单极性 4 ~ 20mA, 也可由用户配置或其它量程
 - 量程
 - 电流环负载阻抗 0 ~ 500Ω
 - 电流环依从电压 由用户提供单极性直流电压 15 ~ 30V。
 - 25℃ 时的精度 FSR 的 ± 0.075% (包括噪声和非线性)
 - 温度系数 FSR 的 ± 50ppm/℃

接口连接器

名称	功 能	引脚数	引脚中心 间距(吋)	配接的插头座
P 1	SBC多总线总线 连接器	86	0.156	CDCVPB0LE43A00A1
P 2	± 15V辅助电源	60	0.1	CDCVPB0LB30A00A2
J 1	2 D/A模拟输出 通道	50	0.1	3M3415—000或TIH312125
J 2	第一个8D/16S 输入通道A/D	50	0.1	3M3415—000或TIH312125
I 3	第二个8D/16S 输入通道A/D	50	0.1	3M3415—000或TIH312125

物理特征

- 外形尺寸 12 × 6.75 × 0.5吋(305 × 171 × 13mm)。引脚和插件导轨与多总线的

SBC系列计算机兼容

- 重量 22盎司(0.6公斤)
- 工作温度范围 $0 \sim +70^{\circ}\text{C}$
- 存贮温度范围 $-25^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$
- 相对湿度 $10 \sim 90\%$ 无凝结
- 高度 $0 \sim 15000$ 呎(4600米)

电源功耗

直流 $+5\text{V} \pm 5\%$ 最大2.5A 板上有直流/直流电源变换器, 把 $+5\text{V}$ 转换成线性电路所需的 $\pm 15\text{V}$ 稳定电源

名称	功能	引脚数	引脚中心间距(吋)	连接的插座
P1	SBC总线总线连接器	86	0.126	CDCVPB0LE43A00V1
P2	$\pm 15\text{V}$ 辅助电源	60	0.1	CDCVPB0LB30A00A3
11	S/D/A 模拟输出通道	20	0.1	3M3415-000或TH315152
12	第一个8D/162输入通道A/D	20	0.1	3M3415-000或TH315152
13	第二个8D/162输入通道A/D	20	0.1	3M3415-000或TH315152

物理特性

外形尺寸: $12 \times 6.75 \times 0.5$ 吋 (305 $\times$ 171 $\times$ 13mm)。引脚和插座号就号总线的

第二章 体系结构和编程

§2.1 概述

本章从硬件/软件寄存器角度来说明ST—711/732功能的执行过程，这是ST—711/732编程的起码要求。

ST—711和ST—732最基本的功能是数据采集。对于模拟输入信号的采集，板子有三种工作方式：

- 重复单一通道输入
- 顺序输入扫描
- 随机通道输入

2.1.1 重复单一通道输入

在这种工作方式下，选择模拟输入通道是通过一条写多路转接器地址寄存器(MAR)的命令进行的。设置转换允许位(第0位)为“1”，自动增量位(第1位)为“0”和外部触发位(第3位)为“0”，并将其写入命令寄存器就启动首通道。接着进行的转换通过读A/D寄存器(ADCR)来启动。若把外部触发位置成“1”代替前面设置的“0”，则每一次转换都由内部起搏器时钟或外部触发命令来启动。

2.1.2 顺序输入扫描

除了命令寄存器的第1位置“1”与重复单一通道输入不同外，这种方式的其余过程同前。

2.1.3 随机通道输入

这种方式与重复单一通道输入以相同的办法启动。在从A/D寄存器读出现行转换数值之前，通过一条对多路转接器地址寄存器的写命令来选择下一通道。

除了数据采集功能之外，ST—732还有两路12位数字—模拟转换器。除程序控制外，两路数/模转换器通道不需要再输出数据字控制。

§2.2 存储器地址分配

在系统总线上，ST—711/732占用了16个连续的存储器单元。其中，有6个单元用于数据采集部分，两路数/模转换器使用4个单元，剩下的6个单元ST—732不使用。表2—1列出了ST—732与基本地址M有关的存储器分配。ST—732的所有操作命令都是通过寻址预先分配好的单元来实现。