
第7章 模拟量模块与PID闭环控制

模拟量输入/输出处理模块

- 1、模拟量A/D转换输入模块FX2N-4AD
- 2、模拟量D/A转换输出模块FX2N-2DA

模拟量闭环控制系统方框图

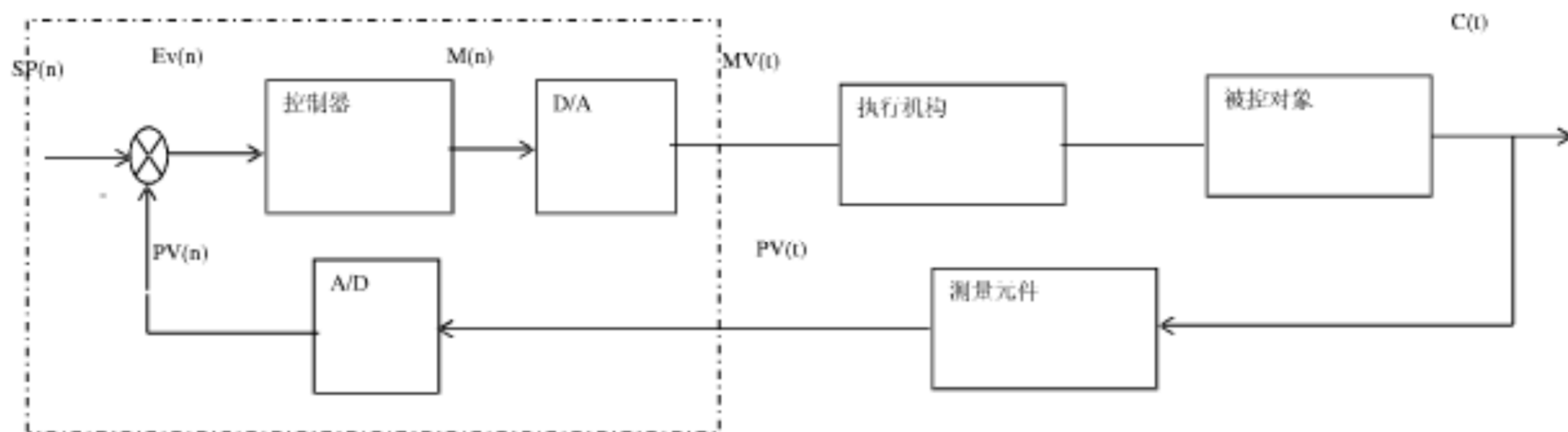


图9-1 PLC模拟量闭环控制系统方框图

1、模拟量A/D转换输入模块FX2N-4AD

■选择合适的传感器和前置放大器可以用于温度、压力、重量、速度、风力、电力、电流和电压等模拟信号的监视和控制。

■4通道12位高精度模拟量输入模块

■4通道电压输入（-10至10V直流）或电流输入（-20~20mA直流）。

■对每一通道，可以规定电压或电流输入

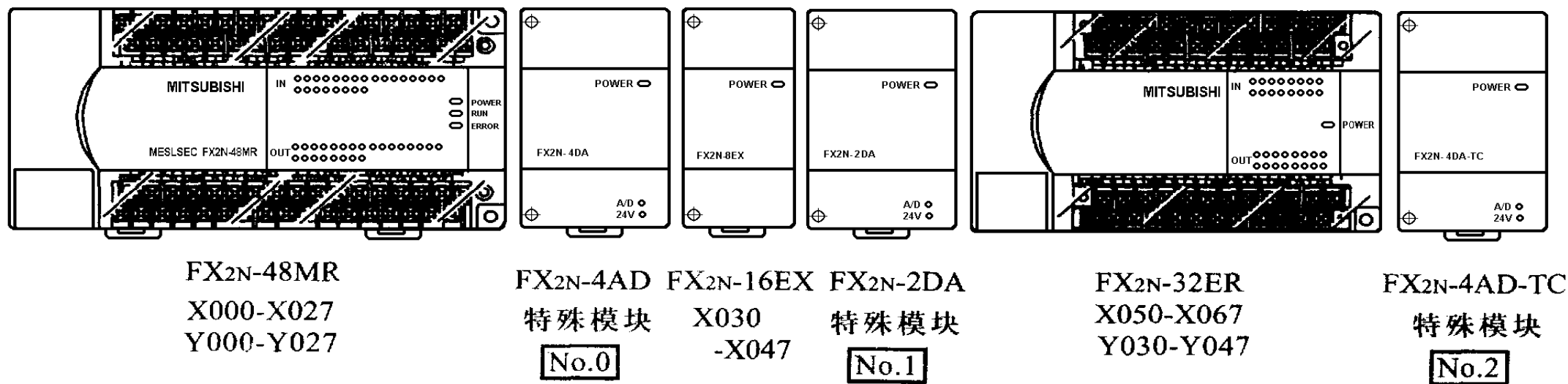
■模块中瞬时值和设定值等数据的读出和写入可用FROM/T0指令。

(1) FX-4AD技术指标

项目	电压输入	电流输入
	根据是电流输入还是电压输入，使用端子有不同	
模拟量输入范围	DC-10~+10V(输入电阻 200K Ω) 绝对最大输入 $\pm 15V$	DC-20~+20mA(输入电阻250 Ω) 绝对最大输入 $\pm 32mA$
数字量输出范围	带符号位的16位二进制（有效数值11位）+2047以上固定为+2047，-2048以下固定为-2048	
分辨力	5mV(10V $\times 1/2000$)	20 μA (20mA $\times 1/1000$)
综合精确度	$\pm 1\%$ (相对于最大值)	
转换速度	15ms \times （1~4）通道（高速转换方式时为6ms $\times 1\sim 4$ 通道）	
隔离方式	光电隔离及采用DC/DC转换器使输入和PLC电源间隔离（各输入端子间不隔离）	
模拟量用电源	DC（24V $\pm 2.4V$ ），50mA	
输入输出占有点数	程序上为8点（计输入或输出点均可），由PLC供电的消耗功率为5V30mA	

(2) 模块的编号与外部连线

■特殊功能模块通过软电缆接在FX2主机右侧的I/O扩展总线上，从最近主机的那个特殊功能模块开始顺序编号为0~7号。



同一模拟量输入模块既可连接电压信号也可连接电流信号。接线方式如图4-2。

电压信号：接在V+与COM端

电流信号：接在I+和COM端，短接该通道的V+与I+

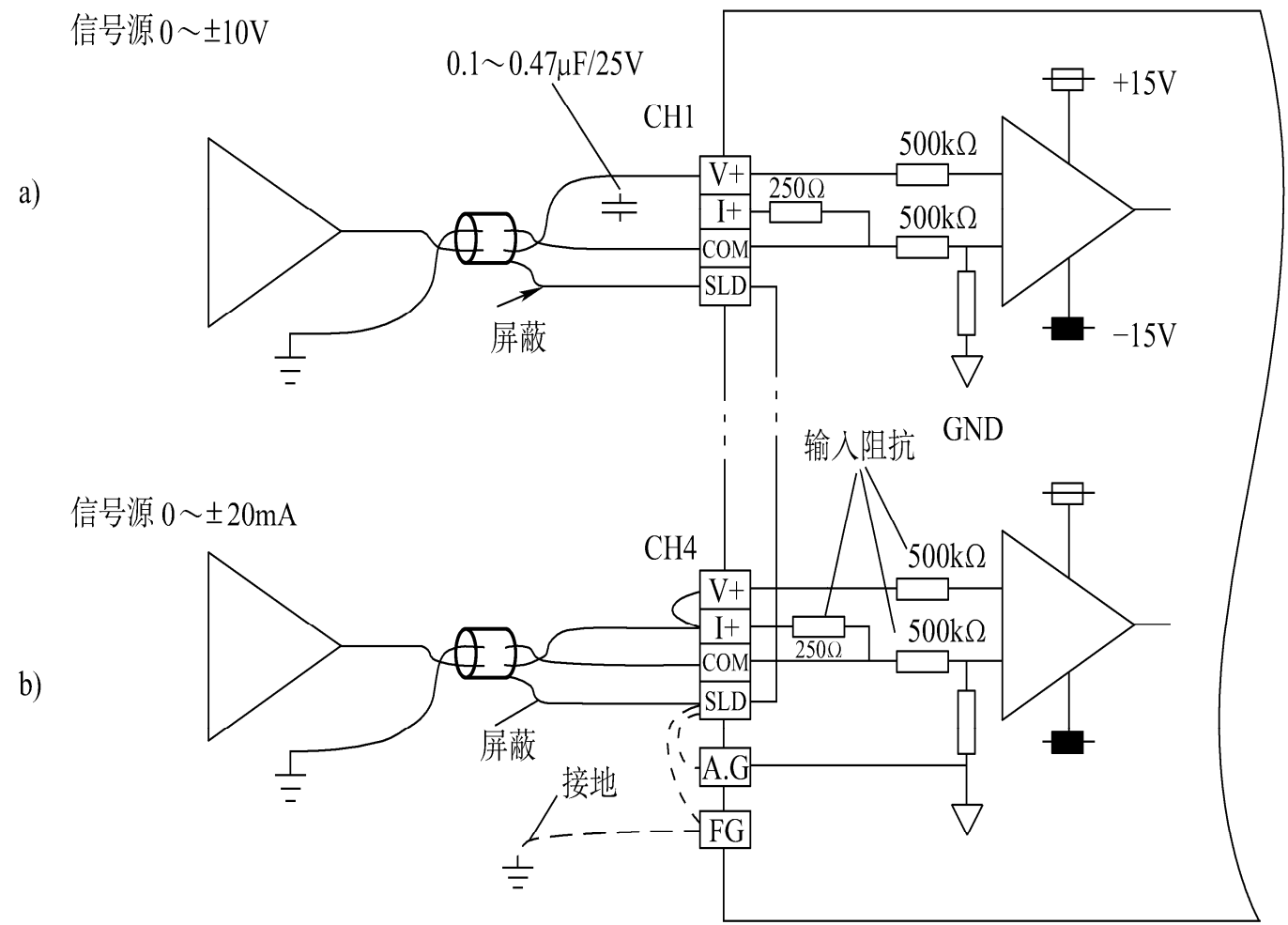


图4-2 输入电压信号和电流信号时模块的外部接线

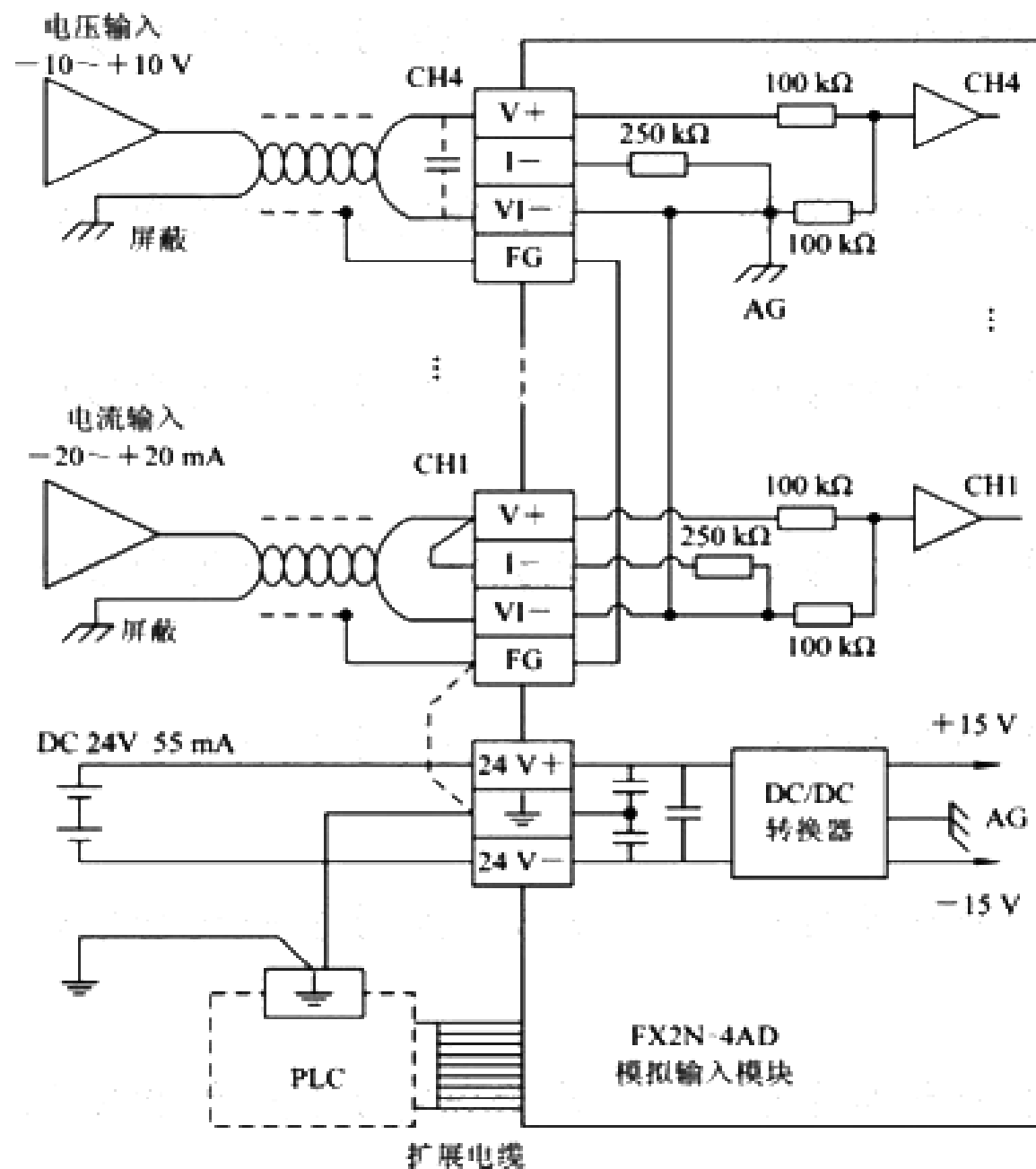
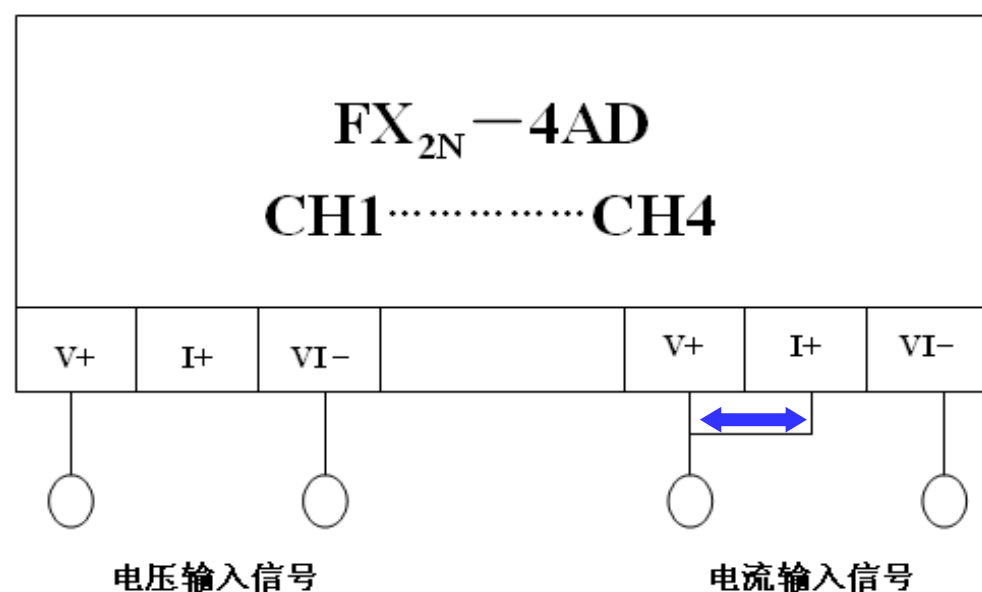
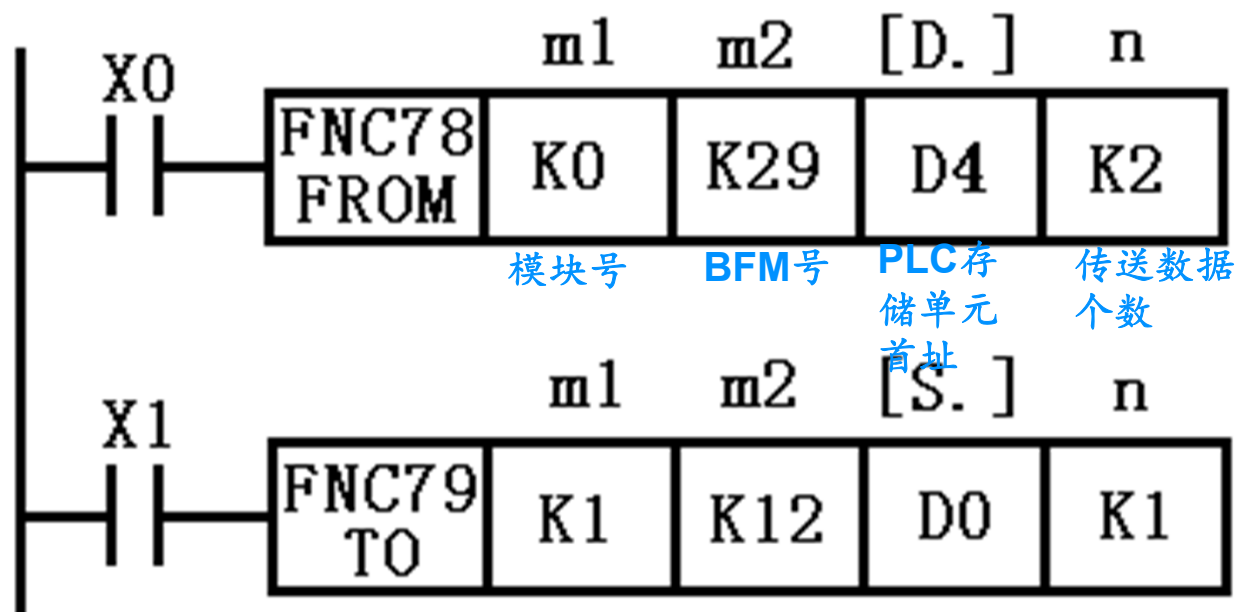


图8.4 FX_{2N}-4AD接线图

(3) 模拟量模块的编程(读写指令)



读：把数据从模块的
BFM存储单元复制到
PLC指定的存储单元

写：将数据写入模块
的**BFM**存储单元

m1为特殊功能模块的编号，m1=0~7；

m2为该特殊功能模块中缓冲寄存器(BFM)的编号，m2=0~32767；

n是待传送数据的字数，n=1~32（16位操作）或1~16（32位操作）

（4）缓冲数据寄存器（BFM）的编号与分配

- 存放经ADC转换后得到的数字量
- FX2-4AD内的缓冲数据寄存区间是由32个16位的数据寄存器组成，其编号为BFM # 0～BFM # 31。
- 各缓冲数据寄存器的用途及存放内容如表4-3所示
- 带*号的10个BFM：用于初始化设置
- 不带*号的22个BFM：10个BFM用于存放数据供PLC读取，另外12个空置不用

BFM	内容		#13～ #19	不能使用								
*#0	通道初始化设定： 默认设定值＝H0000， BFM # 0中 写入4位十六进制分别设定4个通 道工作方式		*#20	重新设置模块为默认值 默认设定值＝H0000若 BFM # 20＝1， 设定值均恢复到设定值								
*#1	通道1	平均采样次数设 定1～4096，默 认设定值＝8。 设定值超出范围 按默认值8处理	*#21	禁止零点0和增益G调整 默认设定值b1， b0＝0 ， 1（允许）； b1， b0＝1， 0（禁止）								
*#2	通道2		*#22	零点增 益调整	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
*#3	通道3				G4	04	G3	03	G2	02	G1	01
*#4	通道4											
#5	通道1	存放各通道经 A/D转换的数字 量平均值，数据 由FROM指令读取	*#23	零点值：默认设定值＝0， 调整值以5mV/20 μ A 为步距。零点： 数字量输出为0时的输入值								
#6	通道2		*#24	增益值：默认设定值＝5000， 调整值以 5mV/20 μ A为步距。增益： 数字量输出为+1000 时的输入值								
#7	通道3											
#8	通道4											
#9	通道1	存放各通道当前 A/D转换的数字 量，数据由FROM 指令读取	#25～ #28	空置								
#10	通道2		#29	出错信息								
#11	通道3		#30	4A/D模块识别码： K2010								
#12	通道4		#31	不能使用								

（4）缓冲数据寄存器（BFM）的编号与分配

- 说明：
- (1)带*号的缓存器（BFM）可以使用TO指令从PLC写入。
不带*号的缓存器内的数据可以使用FROM指令读入PLC。
- (2)零点（偏移）：当数字输出为0时的模拟量输入值。
增益：当数字输出为+1000时的模拟量输入值。

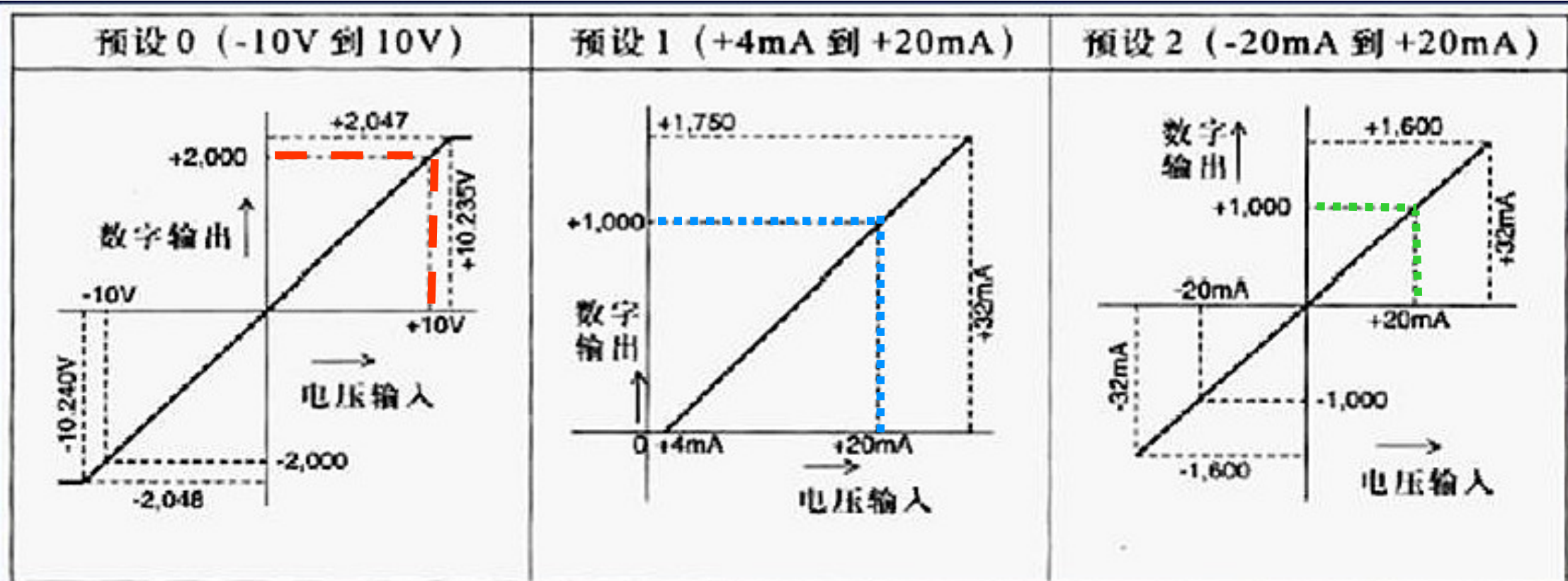
(4) 缓冲数据寄存器 (BFM) 的编号与分配

1) BFM#0: 输入方式设定, 十六进制4位数表示各通道的初始化内容, 从最低开始依次控制通道CH1~CH4, 每一位的有效数范围是0~3:

- 0—输入为电压信号, 信号范围为-10~+10V;
- 1—输入为电流信号, 信号范围为+4~+20mA;
- 2—输入为电流信号, 信号范围为-20~+20mA;
- 3—通道关闭, 不接受任何信号
- BFM#0 的默认值为H0000, CH1~CH4都以电压信号输入方式工作。

(4) 缓冲数据寄存器 (BFM) 的编号与分配

FX2N-4AD 输入输出特性曲线说明



分辨率
 $=10/2000=5\text{mV}$

分辨率
 $=20/1000=20\mu\text{A}$

(4) 缓冲数据寄存器 (BFM) 的编号与分配

■ 例如：

TOP	K0	K0	H3210	K1
	模块号	BFM号	源数据	待送字数

CH1~CH4的工作方式分别是：

■ CH1为电压信号输入，信号范围是-10V~+10V

0

■ CH2为电流信号输入，信号范围是+4mA~+20mA

1

■ CH3为电流信号输入，信号范围是-20mA~+20mA

2

■ CH4关闭

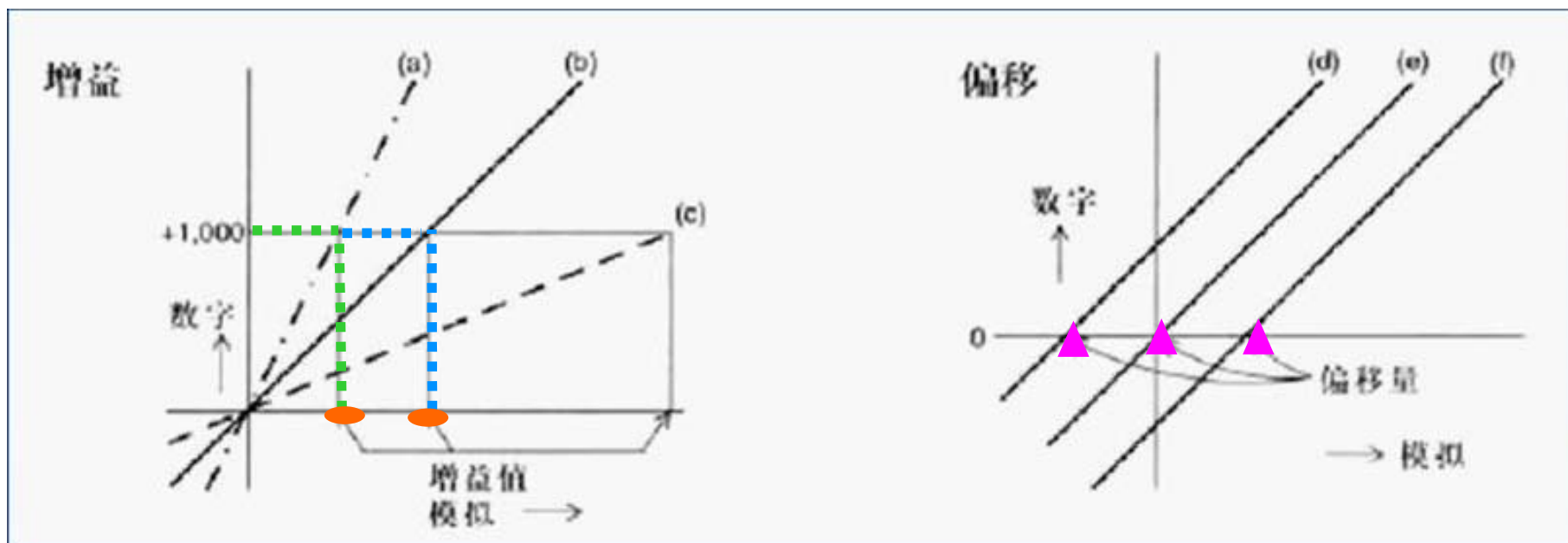
3

（4）缓冲数据寄存器（BFM）的编号与分配

- 2) BFM#1～#4：平均值**采样次数**设定。设定范围为1～4096。超过此范围按默认值8处理。
- 3) BFM#5～#8：存放输入的**平均值**数字量
- 4) BFM#9～#12：存放输入的**当前值**数字量
- 5) BFM#20 ：快速重置默认位。置1时各设定值恢复到默认值；置0时允许重新设置，默认值定为H0000。

(4) 缓冲数据寄存器 (BFM) 的编号与分配

- 6) BFM # 21: 零点和增益调整控制。b1、b0值为1、0时禁止零点、增益设定值改动；为0、1时允许零点与增益设定值改动；。



零点（偏移）：当数字输出为0时的模拟量输入值。

增益：当数字输出为+1000时的模拟量输入值。

（4）缓冲数据寄存器（BFM）的编号与分配

- 7) BFM # 22：需要调整的输入通道的零点与增益值允许改动与否。由G1、01（即b1、b0状态）、G2、02（b3、b2状态）、G3、03（b5、b4状态）、G4、04（b7、b6状态）分别来控制通道CH1～CH4的增益、零点允许改动与否。**对应位为1，表示对应允许改动。**

例如：若BFM # 22的G1、01位（增益、零点位）均置1，则存放在BFM # 23和BFM # 24中的零点和增益设定值就可送入CH1中的零点和增益值寄存器中。各输入通道的增益与零点既可统一调整也可单独调整。

(4) 缓冲数据寄存器 (BFM) 的编号与分配

- 8) BFM#23: 存放设定零点值 (以5mV/20 μ A为步距), 默认值为0。
- 9) BFM#24: 存放设定增益值 (以5mV/20 μ A为步距), 默认值为5000。

增益和偏移量的单位是mv或uA。即数字值=1, 表示1mv或1uA。由于单位的分辨率, 应将5mV或20uA为最小单位。

- 10) BFM#29: 存放出错信息, 由各位状态决定。如b2为0表示DC24V电源正常, 为1表示电源有故障。在用户程序中可用FROM指令将其读入以便进行相应的故障处理, BFM # 29其他各位出错信息如表4-4所示。
- 11) BFM # 30: 存放模块识别码K2010。

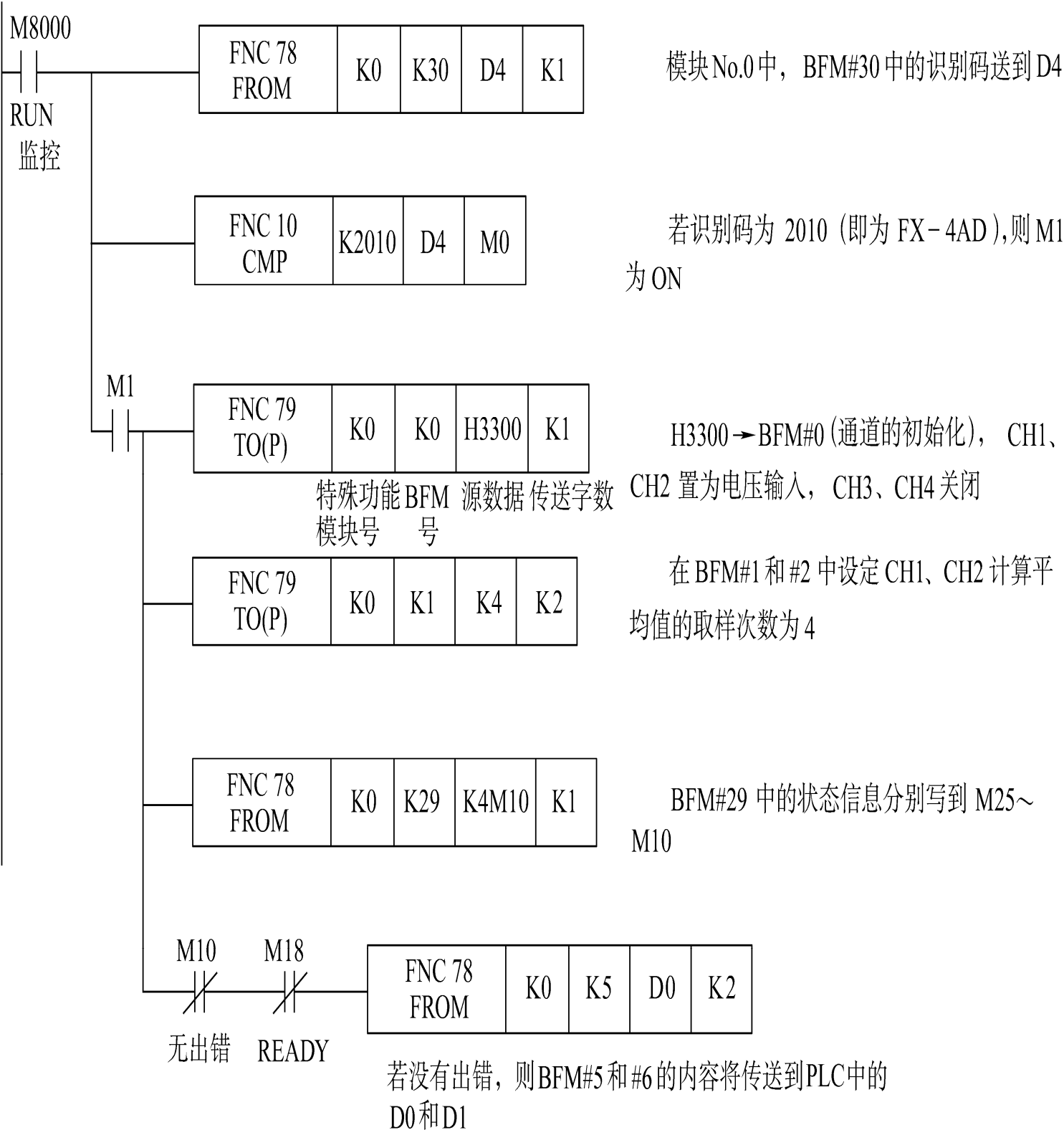
识别码: 每一个特殊功能模块都有一个识别码, 其固化在BFM#30单元

表4-4 BFM # 29状态

位	功能	接通 (1)	断开 (0)
b0	A/D模块出错	模块硬件或软件出错，各A/D通道停止转换	无错误
b1	G-0出错	EPR0M中的增益/偏置数据无用或出错	G-0数据正常
b2	电源异常	DC24V电源断电或故障	电源正常
b3	硬件损坏	A/D转化模块或相应硬件损坏	A/D硬件正常
b8	READY位置判断	FX-4AD方式开关位置在READY以外位置	在READY位置
b10	转换值异常	A/D转换值小于-2048或大于+2047	转换值在范围内
b11	平均数出错	平均次数大于4097或小于0，模块自动取值8	平均数在范围内
b12	调整禁止/允许	BFM # 21的b1b0为10B，处于禁止状态	b1b0为01B

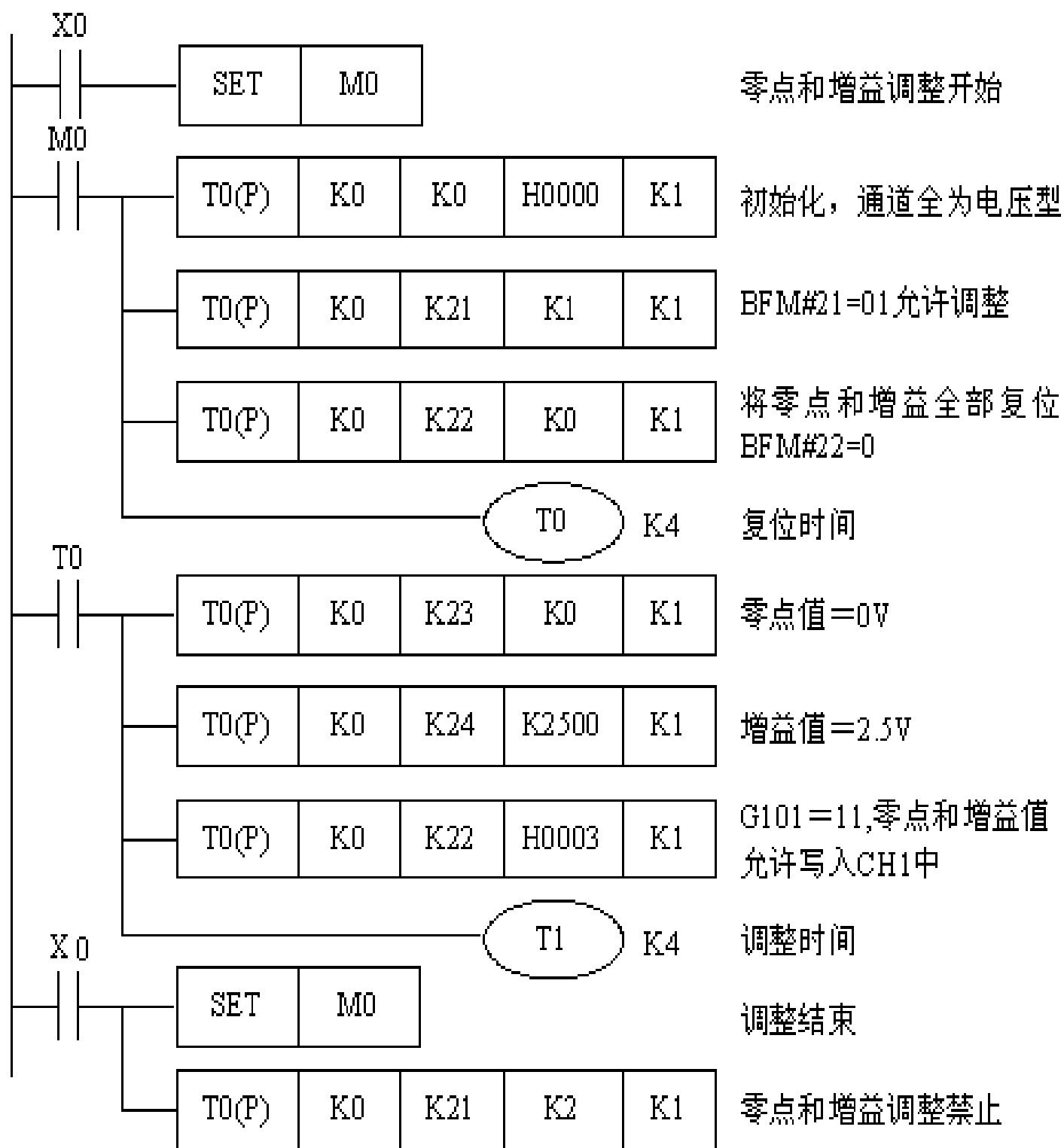
例4-1：

FX2N-4AD模块在0号位置，其通道CH1和CH2作为电压输入，CH3、CH4关闭，平均值采样次数为4，数据存储器D1和D2用于接收CH1、CH2输入的平均值。



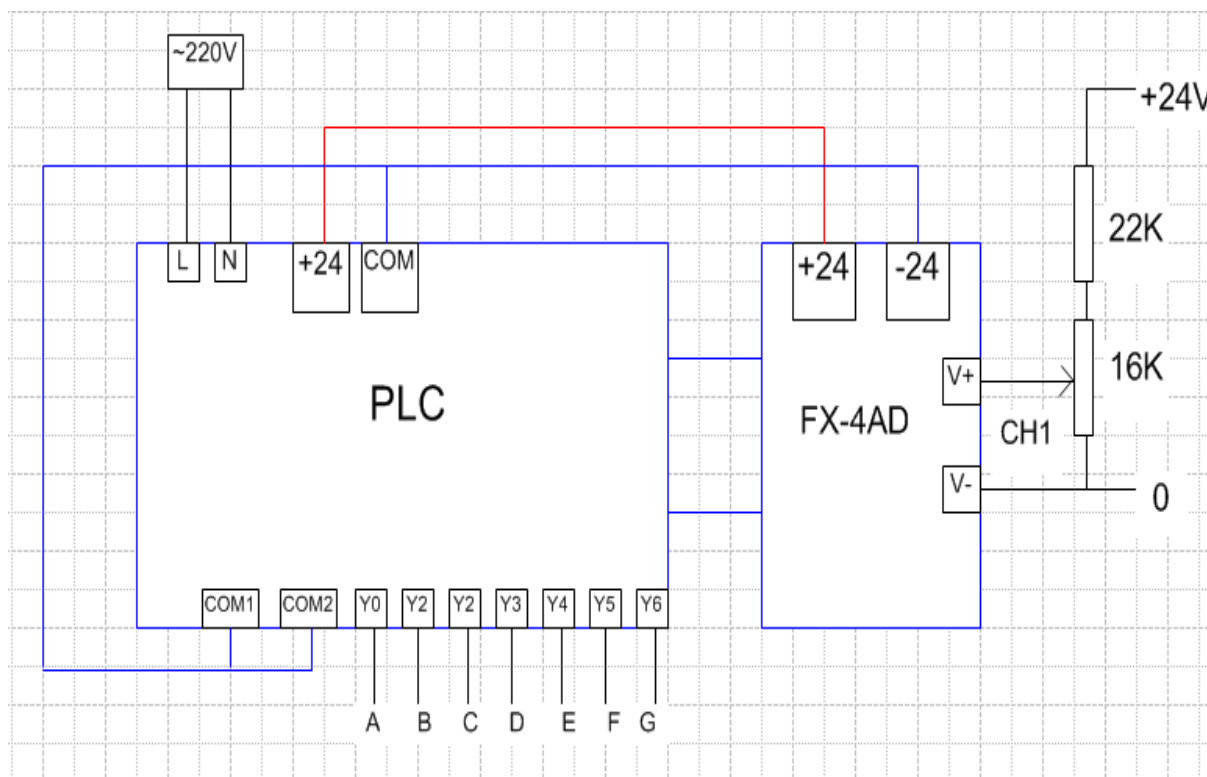
例4-2:

要求FX2N-4AD的CH1
~CH4均设置成电
压输入方式，CH1
通道设置成零偏置
，增益值为2.5V。
试设计其初始化设
置程序。



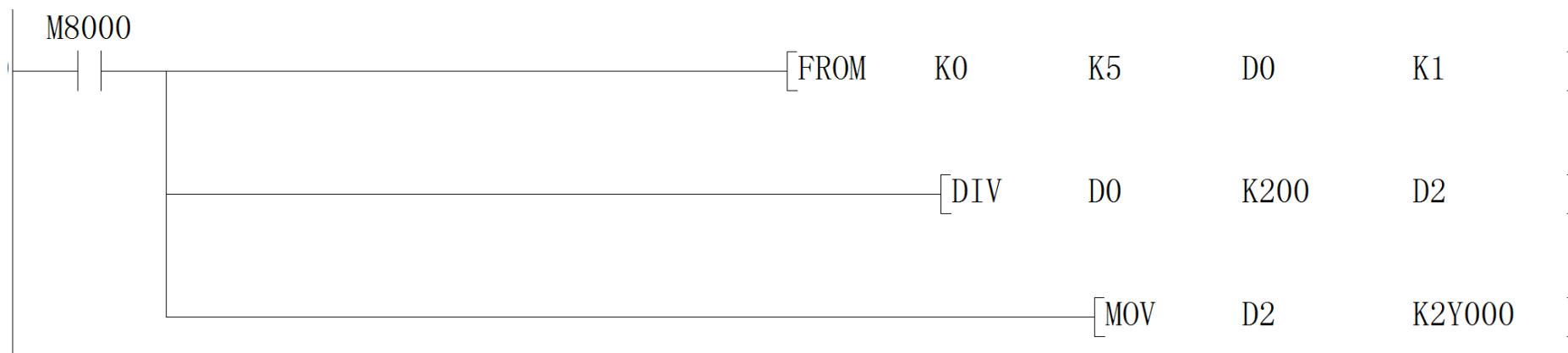
FX2N-4AD实验

■ 线路图：



将外部可调电压（0-9.7V）通过A/D模块输入到PLC中，并通过数码管显示出电压值

FX2N-4AD实验



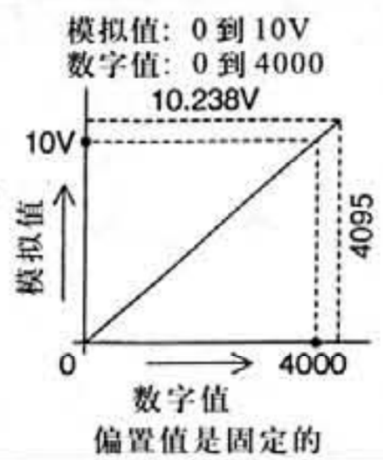
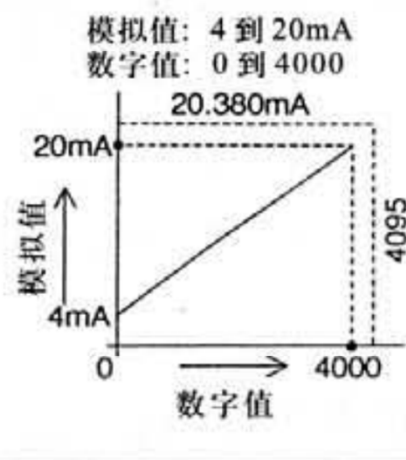
默认情况下：数值2000对应10v,特性曲线增益（斜率）是200

第2节、模拟量D/A转换输出模块FX2N-2DA

- 2通道、12位高精度
 - 主要功能：输出的数字量→电压信号（**-10V~+10V**）或电流信号（**+4~+20mA**）
 - 模块中每个通道可以独立设置电压输出或电流输出方式，并且可以通过简易的调节或通过程序方便地改变模拟量的输出范围。
-

(1) FX-2DA的技术指标

项目	电压输出	电流输出
数字输入	12 位	
分辨率	2.5mV(10V/4000) 1.25mV(5V/4000)	4 μ A {(20-4)/4000}
集成精度	± 1%(全范围 0 到 10V)	± 1%(全范围 4 到 20mA)
处理时间	4ms/1 通道(顺序程序和同步)	

项目	电压输出	电流输出
输出特性	 <p>模拟值: 0 到 10V 数字值: 0 到 4000</p> <p>10.238V</p> <p>10V</p> <p>4095</p> <p>0 4000</p> <p>数字值</p> <p>偏置值是固定的</p>	 <p>模拟值: 4 到 20mA 数字值: 0 到 4000</p> <p>20.380mA</p> <p>20mA</p> <p>4mA</p> <p>4095</p> <p>0 4000</p> <p>数字值</p>
	<p>当 13 位或更多位的数据输入时，只有最后 12 位是有效的。高端位忽略。 在 0 到 4095 的范围内使用数字值。 可对两个通道中的每个进行输出特性的设置。</p>	

(2) FX-2DA的外部接线

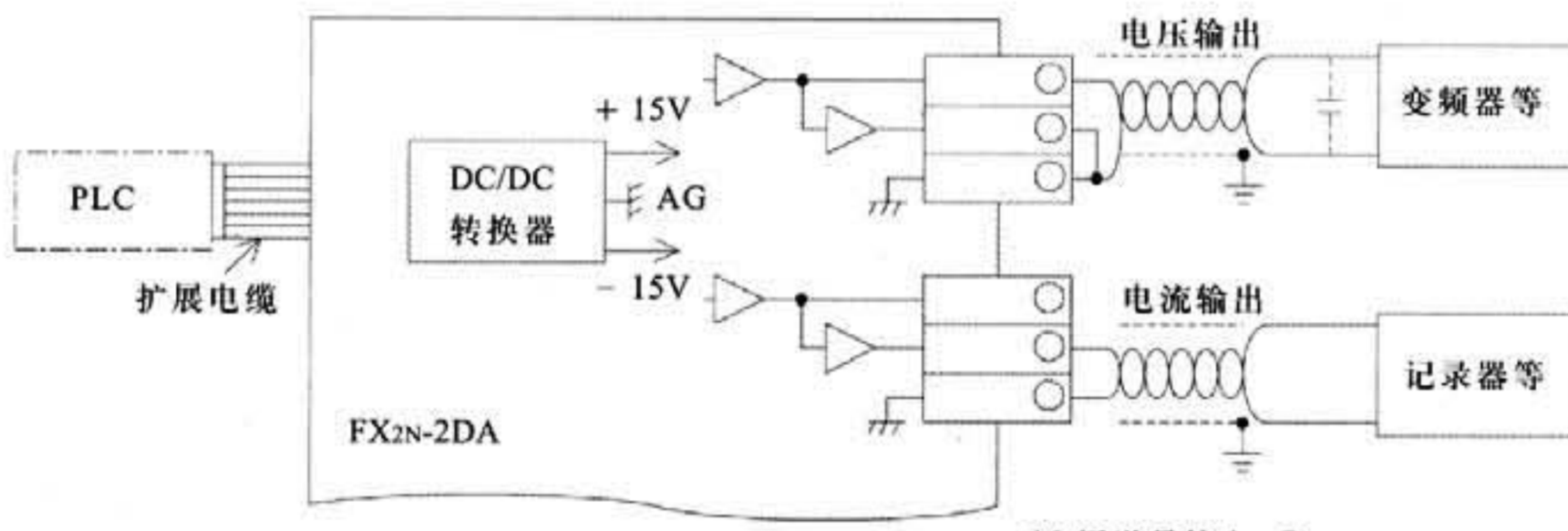


图4 电压信号与电流信号输出时的外部接线

缓冲存储器分配 (BFM)

BFM 编号	b15 到 b8	b7 到 b3	b2	b1	b0
#0 到 #15	保留				
#16	保留	输出数据的当前值(8 位数据)			
#17	保留		D/A 低 8 位 数据保持	通道 1D/A 转换开始	通道2 D/A转换开始
#18 或更大	保留				

BFM#16:由 BFM#17(数字值)指定的通道的 D/A 转换数据被写。D/A 数据以二进制形式, 并以下端 8 位和高端 4 位两部分的顺序进行写。

BFM#17: b0……通过将 1 改变成 0, 通道 2 的 D/A 转换开始。

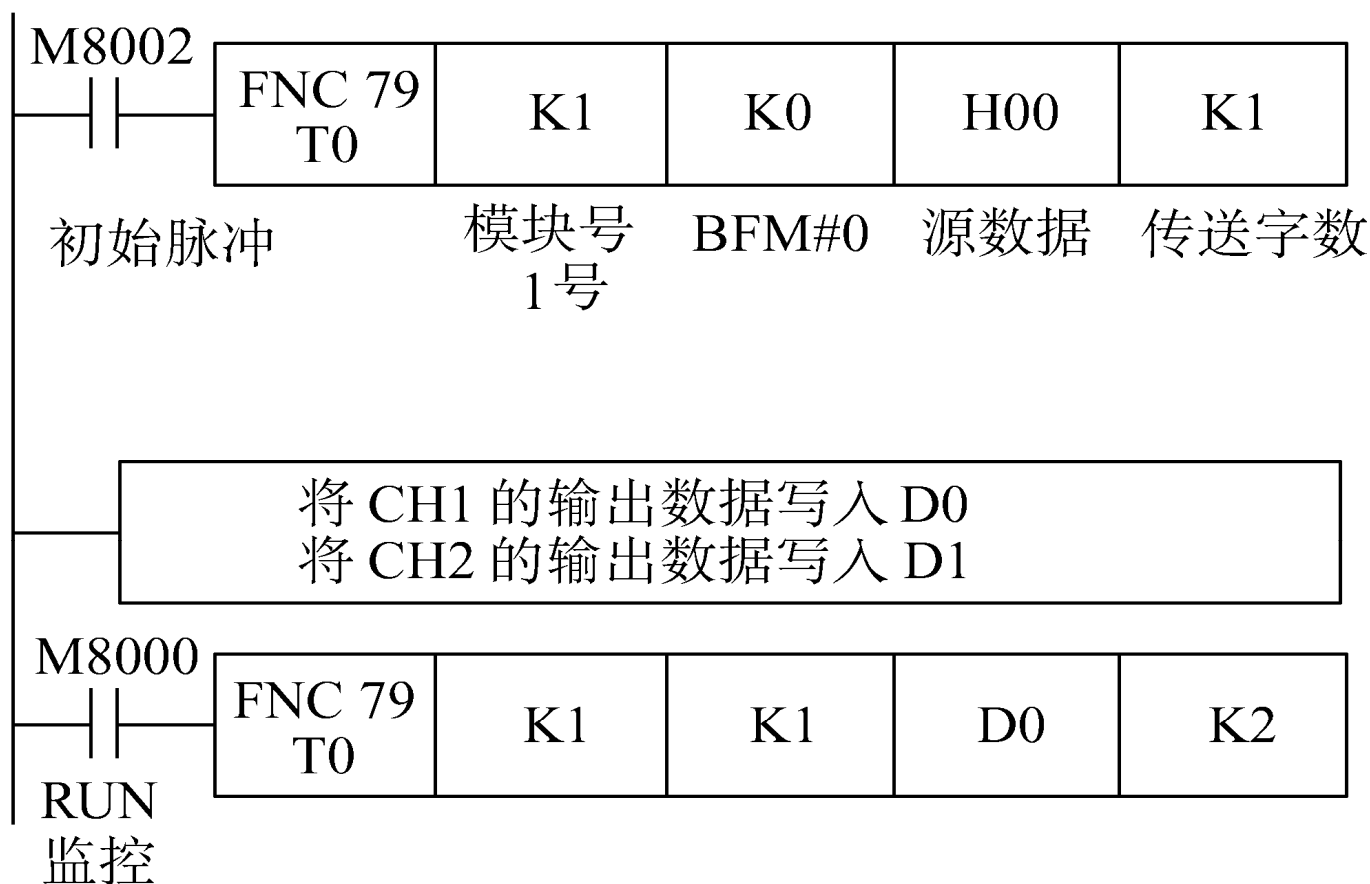
b1……通过将 1 改变成 0, 通道 1 的 D/A 转换开始。

b2……通过将 1 改变成 0, D/A 转换的下端 8 位数据保持。

偏置及增益的调整请详见数据手册

(4) 模块读、写操作程序设计举例

■例4-3：图4-1所示。若保持FX-2DA原有的零点与增益缺省值，也不需要读取状态信息且CH1、CH2输出数字量分别存放在PLC的D0、D1则采用图4-7所示简单程序。



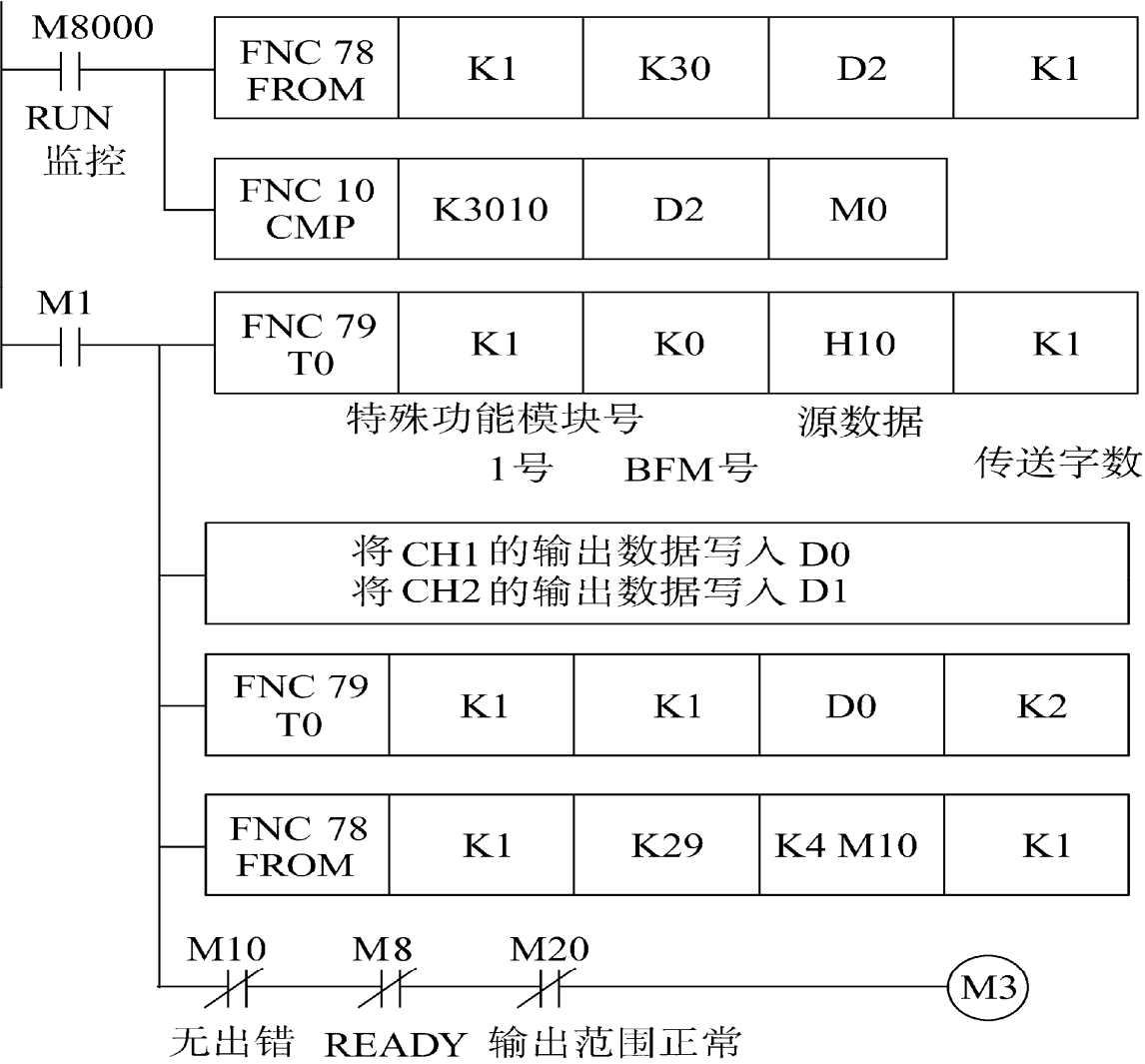
设置 CH1 和 CH2 为电压输出

设置范围：-2048~2047

D0 → BFM#1 (输出至CH1)

D1 → BFM#2 (输出至CH2)

例4-4：使CH1为电压输出方式，CH2为电流输出方式，CH1、CH2的输入数字量分别存放在PLC的D0、D1中，当PLC从RUN到STOP状态后，最后的输出值保持不变。试设计其应用程序。



模块 1 的 BFM#30 (识别码) 送到 D2

(D2)=K3010(FX-2DA 的识别码)，则 M1 为 ON

H10 → 模块1的BFM#0，CH1：电压输出，
CH2：电流输出

(D0) → BFM#1(输出到CH1)

(D1) → BFM#2(输出到CH2)

BFM#29(b15~b0) → (M25→M10)
读状态信息

输出正常

8.3 与PT100型温度传感器匹配的模拟量输入模块

FX2N-4AD-
PT

1、特点

- (1) 它与白金测温电阻 (**Pt100**、**3线型**) 温度传感器匹配
- (2) **4路输入通道**
- (3) 测量单位为摄氏度或华氏度
- (4) 分辨率很高: **$0.2^{\circ}\text{C}\sim 0.3^{\circ}\text{C}$**
或 **$0.36^{\circ}\text{F}\sim 0.54^{\circ}\text{F}$**

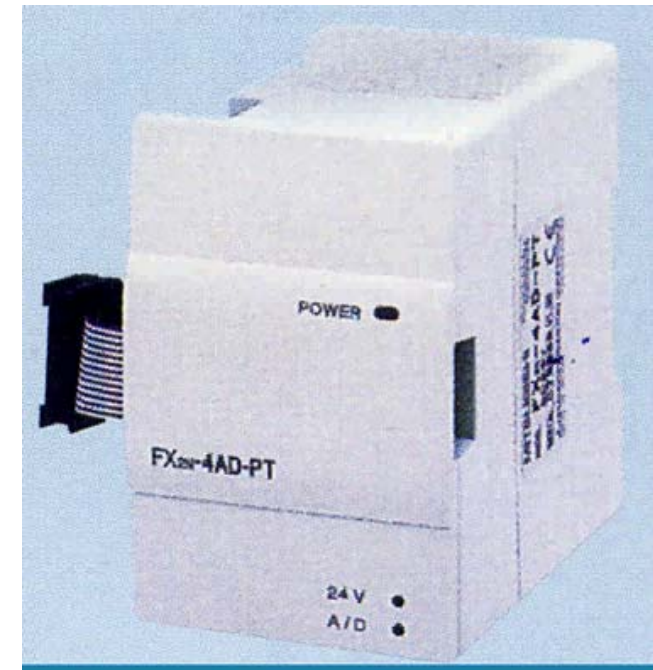


表8-4

FX2N-4AD-PT的技术指标

项 目	摄氏度℃	华氏度°F
模拟量输入信号	箔温度PT100传感器（100W），3线，4通道	
传感器电流	PT100传感器100 W时1mA	
补偿范围	-100~+600℃	-148°F ~+1112°F
数字输出	-1000~+6000	-1480~+11120
	12转换（11个数据位+1个符号位）	
最小分辨率	0.2~0.3℃	0.36~0.54°F
整体精度	满量程的±1%	
转换速度	15ms	
电源	主单元提供5V/30mA直流，外部提供24V/50mA直流	
占用I/O点数	占用8个点，可分配为输入或输出	
适用PLC	FX _{1N} ，FX _{2N} ，FX _{2NC}	

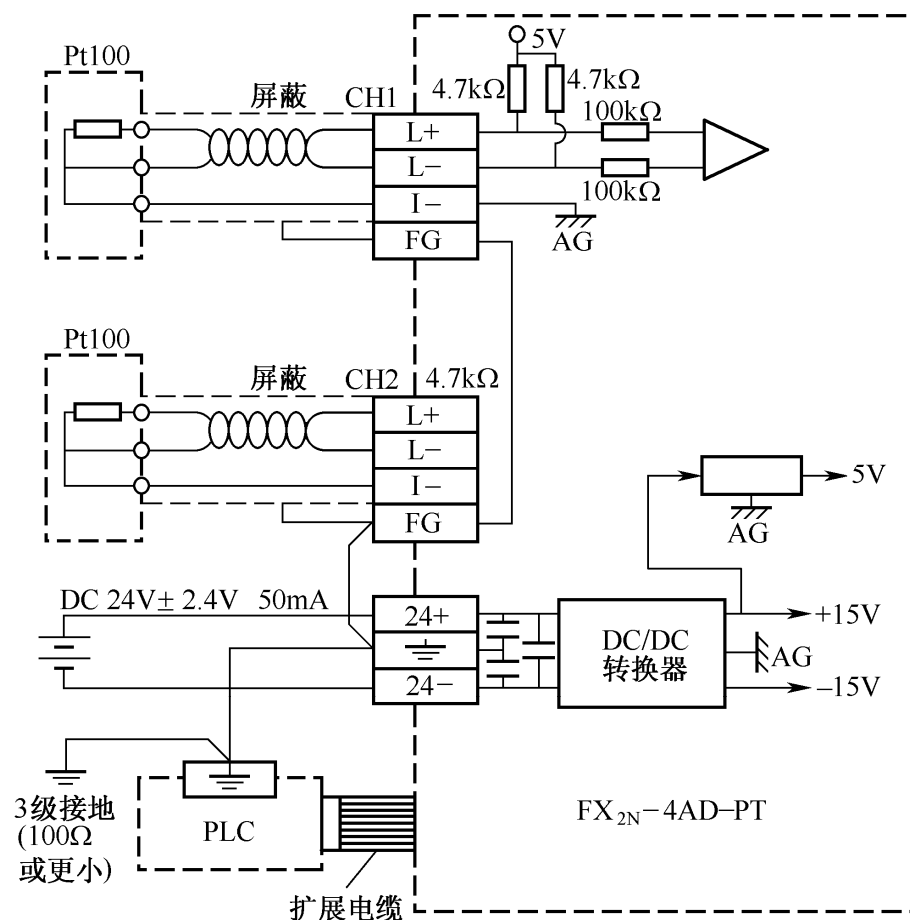
2. 接线

(2) 注意事项

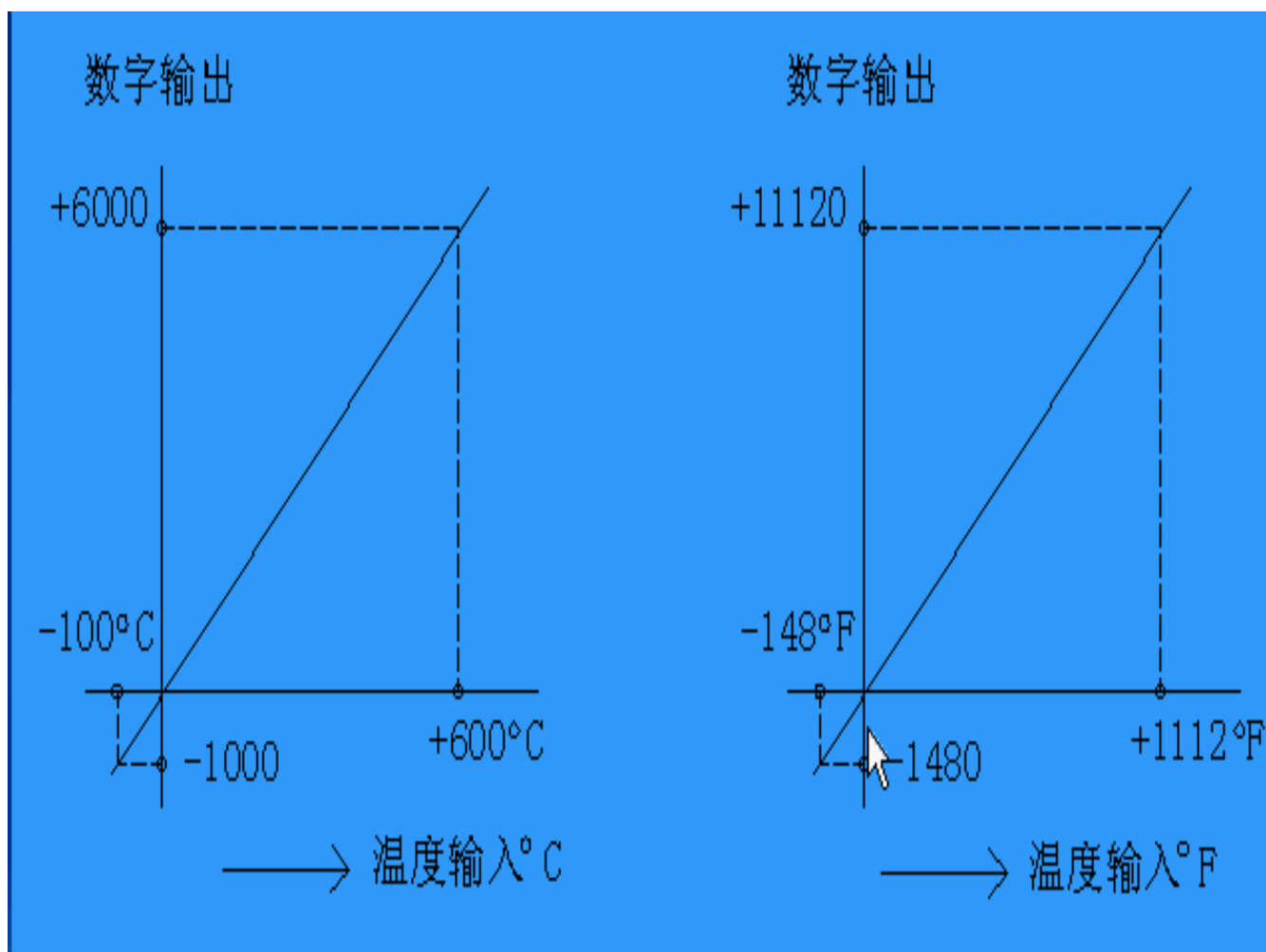
■① **FX2N-4AD-PT**应使用**PT100**传感器的电缆或双绞屏蔽电缆作为模拟输入电缆，并且和电源线或其他可能产生电气干扰的电线隔开。

■② 可以采用压降补偿的方式来提高传感器的精度。如果存在电气干扰，将电缆屏蔽层与外壳地线端子（**FG**）连接到**FX2N-4AD-PT**的接地端和主单元的接地端。如可行的话，可在主单元使用**3级接地**。

■③ **FX2N-4AD-PT**可以使用可编程控制器的外部或内部的**24V**电源。



温度转换特性



(1) 缓冲存储器BFM#28

BFM#28是数字范围错误锁存，它锁存每个通道的错误状态如表8-6所示，据此可用于检查热电阻是否断开。

表8-6

FX2N-4AD-PT BFM#28位信息

b15到b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
未用	高	低	高	低	高	低	高	低
	CH4		CH3		CH2		CH1	

注：“低”表示当测量温度下降，并低于最低可测量温度极限时，对应位为0N；
“高”表示当测量温度升高，并高于最高可测量温度极限或者热电偶断开时，对应位为0N。

当错误消除后，可用TO指令向BFM#28写入K0或者关闭电源，以清除错误锁存。

表8-7

FX2N-4AD-PT BFM#29位信息

BFM#29中各位的状态是FX2N-4AD-PT运行正常与否的信息，具体规定如表8-7所示。

BFM#29各位的功能	ON（1）	OFF（0）
b0： 错误	如果b1～b3中任何一个为ON，出错通道的A/D转换停止	无错误
b1： 保留	保留	保留
b2： 电源故障	DC 24V电源故障	电源正常
b3： 硬件错误	A/D转换器或其他硬件故障	硬件正常
b4～b9： 保留	保留	保留
b10： 数字范围错误	数字输出/模拟输入值超出指定范围	数字输出值正常
b11： 平均值的采样次数错误	采样次数超出范围，参考BFM#1～#4	正常（1～4096）
b12～b15： 保留	保留	保留

■4. 实例程序

- 下图所示的程序中，FX2N-4AD-PT模块占用特殊模块0的位置（即紧靠可编程控制器），平均采样次数是4，输入通道CH1～CH4以℃表示的平均温度值分别保存在数据寄存器D0～D3中。

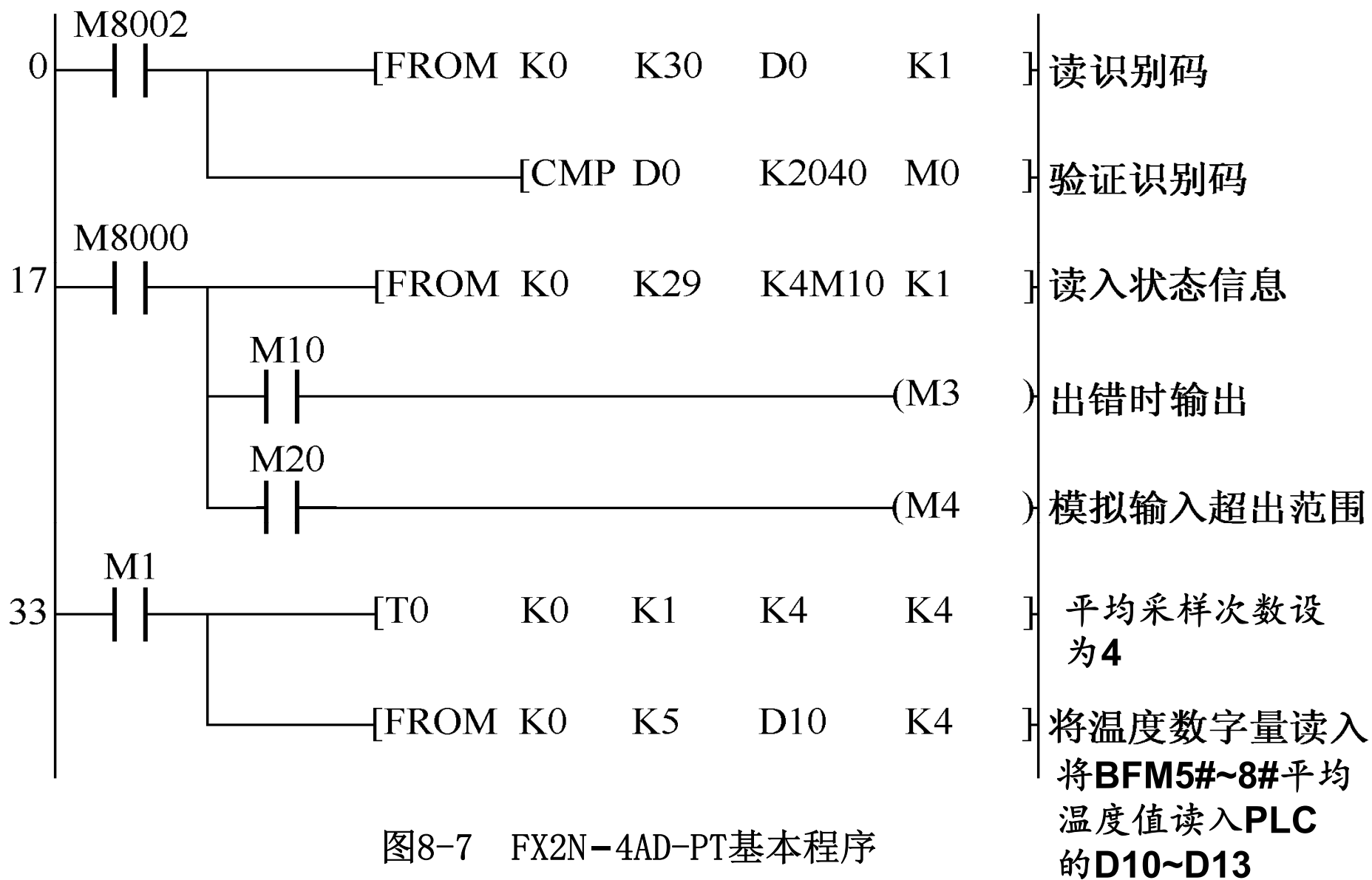


图8-7 FX2N-4AD-PT基本程序