





4-5. 应答代码详述				
1). 读命令和写命令的应答总是包括应答代码, 应答代码分成两类: 正常应答代码和异常应答代码。 应答代码由8位二进制数组成, 按每4位一组转换为ASCII码数据。 2). 应答代码的优先级 当产生多个应答代码时, 优先返回优先级高的应答代码。 3). 应答代码类型及含义见下表				
应答代码表				
应答代码		代码类型	代码内容	优先级
二进制	ASCII			
0000 0000	"0", "0" (30H, 30H)	正常应答	• 正常应答	1
0000 0111	"0", "7" (30H, 37H)	文本部分数据格式错误	• 当非 0~9 数字被指定为数据的数字时 • 当包含非 0~9 和 A~F 的十六进制数字时 • 当逗号", "和结束控制字符没有在指定位置时	2
0000 1000	"0", "8" (30H, 38H)	数据地址、数据项数目错误	• 指定的地址不存在 • 只读写地址 • 读写地址 • 数据量未指定	3
0000 1001	"0", "9" (30H, 39H)	数据错误	• 写入数据超量程	4
0000 1010	"0", "A" (30H, 41H)	执行命令错误	• 收到的执行命令与当前状态下应收到的执行命令不符 1. 复位、自整定时收到写命令要转换到手动控制 2. 复位、手动状态、超量程时收到写命令执行 AT	5
0000 1011	"0", "B" (30H, 42H)	写入模式错误	• 当接收写命令时处于不可能写数据的环境 1: AT 执行时不可改变的数据 2: 分配给 D1 外部事件输入种类中的数据 3: 自动调节输出时设定 OUT1, OUT2 的输出值	6
0000 1100	"0", "C" (30H, 43H)	规格、选项错误	• 对选件不存在的地址的读写	7

5.MODBUS RTU通信协议

5-1. 数据格式

数据格式遵循MODBUS RTU通信协议, 主机发送的命令和从机返回的响应都包含在数据块中, 定义为帧。  
下面对命令帧和响应帧的构成进行说明, 在以下说明中, 数值后加H的表示十六进制, 不加H的数字表示十进制。

1). 命令帧

在MODBUS RTU模式下, 命令帧至少在3. 5个字符时间的停顿后开始, 并且至少在3. 5个字符时间的停顿后结束。

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
3. 5个字符停顿	从机地址	功能码	数据区域	CRC-16校验码	3. 5个字符停顿

(1) 3. 5个字符时间以上的停顿。  
(2) 从机地址(1个字节)  
可设定的从机地址范围:1~255。  
主机传送的命令帧被所有连接的从机接收, 仅与命令帧中的从机地址对应的从机产生响应帧。  
(3) 功能码(1个字节)  
指定命令帧的读或写。  
TP20系列温度调节器支持的功能代码如下表所示:

功能代码	功能码类型	功能说明
03H	读	读取指定地址内的数据, 一次可以读取一个或多个
10H	写	向指定地址内写入数据, 一次可以写入一个或多个

(4) 数据区域  
执行功能码所必须的数据, 数据区域的构成因功能码而异, 详情请参见“5-3. 读命令帧及响应帧详述”及“5-4. 写命令帧及响应帧详述”。  
(5) CRC-16 校验码  
为2字节十六进制数, (2) (3) (4) 为校验对象。关于CRC-16计算详情, 请参考“5-2. CRC-16校验详述”。  
(6) 3. 5个字符时间以上的停顿。

2). 命令帧响应帧

■命令帧正常响应帧

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
3. 5个字符停顿	从机地址	功能码	数据区域	CRC-16校验码	3. 5个字符停顿

(1) 3. 5个字符时间以上的停顿。  
(2) 从机地址(1个字节)  
接收到的命令帧中的从机地址。  
(3) 功能码(1个字节)  
接收到的命令帧中的功能码。  
(4) 数据区域  
与功能码对应的文本数据, 数据区域的构成因功能码而异, 详情请参考“5-3. 读命令帧及响应帧详述”及“5-4. 写命令帧及响应帧详述”。  
(5) CRC-16校验码(2个字节)  
(2) (3) (4) 为校验对象。关于CRC-16计算详情, 请参考“5-2. CRC-16校验详述”。  
(6) 3. 5个字符时间以上的停顿。

■命令帧异常响应帧

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
3. 5个字符停顿	从机地址	功能码	错误代码	CRC-16校验码	3. 5个字符停顿

(1) 3. 5个字符时间以上的停顿  
(2) 从机地址(1个字节)  
接收到的命令帧中的从机地址。  
(3) 功能码(1个字节)  
接收到的命令帧中的功能码加上十六进制值80H, 表示该响应是错误响应。  
示例: 接收到的功能码为03H  
发送错误时, 响应帧中的功能码为83H。  
(4) 错误代码(1个字节)  
表示发生错误的类型, 详情参考下面的错误应答代码表。  
(5) CRC-16校验码  
为2字节十六进制数, (2) (3) (4) 为校验对象。  
有关CRC-16计算的详情, 请参考“5-2. CRC-16校验详述”。  
(6) 3. 5个字符时间以上的停顿

错误应答代码表

错误代码	名称	说明	优先级
01H	功能码错误	• 接收到不支持的功能码	1
02H	地址错误	• 当写入只读地址时 • 当读出只写地址时 • 当指定地址不存在时 (选件没有安装)	2
03H	数据错误	• 写入数据超出写入数据范围 • 当读取或写入数据量超出范围 (01H ~ 10H) 时 • 写命令时处于不可能写数据的环境 (AT自整定等)	3

注: 当产生多个错误代码时, 优先返回优先级高的错误代码。

3). 无响应

下列情况中, 不处理接收到的命令, 同时无响应帧返回。

- 接收的命令帧中的从机地址与设定的从机地址不一致。
- 产生奇偶校验错误、帧错误或溢出错误。
- 接收命令帧时发生CRC-16校验错误。
- 命令帧内数据之间存在3. 5个字符时间以上的停顿。
- 如果收到命令帧起1秒内还未收到命令帧结束字符时称为超时, 该命令无效。

5-2. CRC-16校验详述				
自从机地址开始到数据区域结束, 计算CRC-16, 计算结果(2字节十六进制数)作为校验码按低位/高位顺序排列在帧数据之后。如果CRC-16计算结果与接收的命令帧中的CRC校验数据不一致时, 从机无应答。 CRC-16计算详情如下所示: 1. 初始化CRC寄存器值为0xFFFF。 2. 用CRC寄存器与信息的一个字节异或, 计算结果写入CRC寄存器。 3. 右移CRC寄存器一位。 4. 如果移出位为0: 重复第3步(再次右移一位); 如果移出位为1: CRC寄存器与多项式A001H进行异或运算。 5. 重复步骤3和4, 直到右移8次, 这样整个8位数据全部进行了处理。 6. 对所有数据执行2 ~ 5步。 7. 将该通讯信息帧所有字节按上述步骤计算完成后, 将计算的CRC寄存器值按低位和高位排列分配到帧数据之后。 CRC运算结果添加示例: 如果CRC运算结果为1234H, 按下图将CRC值赋给命令帧				
从机地址	功能码	数据	CRC低位(34H)	CRC高位(12H)
5-3. 读命令帧及响应帧详述				
1). 读命令帧 当主机读取从机的各种数据时使用功能码03H。				
■读命令帧格式:				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3. 5个字符停顿	从机地址	功能码	数据地址	数据量
(1) 3. 5个字符时间以上的停顿。 (2) 从机地址(1个字节) 接收到的读命令帧中的从机地址。 (3) 功能码(1个字节) 接收到的读命令帧中的功能码, 固定为03H。 (4) 数据地址(2个字节) 指定读取数据的首地址。 (5) 数据量(2个字节) 指定读取数据的数量, 可以读取数据的数据范围: 0001H ~ 0010H。 (6) CRC-16校验码(2个字节) (2) (3) (4) (5) 为校验对象。有关CRC-16计算的详情, 请参考“5-2. CRC-16校验详述”。				
(7) 3. 5个字符时间以上的停顿。				
2). 读命令帧的响应帧				
■读命令帧正常响应帧				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3. 5个字符停顿	从机地址	功能码	数据字节数	数据
(1) 3. 5个字符时间以上的停顿。 (2) 从机地址(1个字节) 接收到的读命令帧中的从机地址。 (3) 功能码(1个字节) 接收到的读命令帧中的功能码, 固定为03H。 (4) 数据字节数(1个字节) 指定读取数据的数量, 可以读取数据的数据范围: 0003H时, 响应帧中数据字节数为06H。 (5) 数据 (6) CRC-16校验码(2个字节) (2) (3) (4) (5) 为校验对象。有关CRC-16计算的详情, 请参考“5-2. CRC-16校验详述”。				
(7) 3. 5个字符时间以上的停顿。				
■产生错误时读命令帧响应帧				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3. 5个字符停顿	从机地址	功能码	错误代码	CRC-16校验码
(1) 3. 5个字符时间以上的停顿。 (2) 从机地址(1个字节) 接收到的命令帧中的从机地址。 (3) 功能码(1个字节) 接收到的命令帧中的功能码加上80H, 固定为83H, 表示该响应帧是错误响应。 (4) 错误代码(1个字节) 表示发生错误的类型, 请参考“5-2数据格式”中的错误应答代码表。 (5) CRC-16校验码(2个字节) (2) (3) (4) (5) 为校验对象。有关CRC-16计算的详情, 请参考“5-2. CRC-16校验详述”。				
(7) 3. 5个字符时间以上的停顿。				
实例: 从机地址为1, 读取SV值。 主机发送读命令帧:				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3. 5个字符停顿	从机地址	功能码	数据地址	数据量
(1) 3. 5个字符时间以上的停顿。 (2) 从机地址(1个字节) 接收到的命令帧中的从机地址。 (3) 功能码(1个字节) 接收到的命令帧中的功能码加上80H, 固定为83H, 表示该响应帧是错误响应。 (4) 错误代码(1个字节) 表示发生错误的类型, 请参考“5-2数据格式”中的错误应答代码表。 (5) CRC-16校验码(2个字节) (2) (3) (4) (5) 为校验对象。有关CRC-16计算的详情, 请参考“5-2. CRC-16校验详述”。				
(7) 3. 5个字符时间以上的停顿。				
从机正常响应帧:				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3. 5个字符停顿	从机地址	功能码	数据字节数	数据
(1) 3. 5个字符时间以上的停顿。 (2) 从机地址(1个字节) 接收到的命令帧中的从机地址。 (3) 功能码(1个字节) 接收到的命令帧中的功能码。 (4) 数据区域 与功能码对应的文本数据, 数据区域的构成因功能码而异, 详情请参考“5-3. 读命令帧及响应帧详述”及“5-4. 写命令帧及响应帧详述”。				
(5) CRC-16校验码(2个字节) (2) (3) (4) 为校验对象。关于CRC-16计算详情, 请参考“5-2. CRC-16校验详述”。				
(7) 3. 5个字符时间以上的停顿。				
从机异常响应帧:				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3. 5个字符停顿	从机地址	功能码	错误代码	CRC-16校验码
(1) 3. 5个字符时间以上的停顿。 (2) 从机地址(1个字节) 接收到的命令帧中的从机地址。 (3) 功能码(1个字节) 接收到的命令帧中的功能码加上80H, 固定为83H, 表示该响应帧是错误响应。 (4) 错误代码(1个字节) 表示发生错误的类型, 请参考“5-2数据格式”中的错误应答代码表。 (5) CRC-16校验码(2个字节) (2) (3) (4) 为校验对象。有关CRC-16计算的详情, 请参考“5-2. CRC-16校验详述”。				
(7) 3. 5个字符时间以上的停顿。				
5-4. 写命令帧及响应帧详述				
1). 写命令帧 当主机向从机写入数据时使用功能码10H。				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3. 5个字符停顿	从机地址	功能码	数据地址	数据量
(1) 3. 5个字符时间以上的停顿。 (2) 从机地址(1个字节) 接收到的命令帧中的从机地址。 (3) 功能码(1个字节) 接收到的命令帧中的功能码加上十六进制值80H, 表示该响应是错误响应。 示例: 接收到的功能码为03H 发送错误时, 响应帧中的功能码为83H。 (4) 错误代码(1个字节) 表示发生错误的类型, 详情参考下面的错误应答代码表。 (5) CRC-16校验码 为2字节十六进制数, (2) (3) (4) 为校验对象。 有关CRC-16计算的详情, 请参考“5-2. CRC-16校验详述”。				
(7) 3. 5个字符时间以上的停顿。				
写入数据格式如下:				
第一个数据 高位字节	第一个数据 低位字节	-----	第N个数据 高位字节	第N个数据 低位字节
(8) CRC-16校验码(2个字节) (2) (3) (4) (5) 为校验对象。有关CRC-16计算的详情, 请参考“5-2. CRC-16校验详述”。				
(9) 3. 5个字符时间以上的停顿。				

2). 写命令帧响应帧

■写命令帧正常响应帧

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
3. 5个字符停顿	从机地址	功能码	数据地址	数据量	CRC-16校验码	3. 5个字符停顿

(1) 3. 5个字符时间以上的停顿。  
(2) 从机地址(1个字节)  
为接收到的写命令帧中的从机地址。  
(3) 功能码(1个字节)  
为接收到的写命令帧中的功能码, 固定为10H。  
(4) 数据地址(2个字节)  
为接收到的写命令帧中的数据地址。  
(5) 数据量(2个字节)  
为接收到的写命令帧中的数据量。  
(6) CRC-16校验码(2个字节)  
(2) (3) (4) (5) 为校验对象。有关CRC-16计算的详情, 请参考“5-2. CRC-16校验详述”。  
(7) 3. 5个字符时间以上的停顿。

■产生错误时写命令帧的响应帧

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
3. 5个字符停顿	从机地址	功能码	错误代码	CRC-16校验码	3. 5个字符停顿

(1) 3. 5个字符时间以上的停顿。  
(2) 从机地址(1个字节)  
接收到的命令帧中的从机地址。  
(3) 功能码(1个字节)  
接收到的命令帧中的功能码加上80H, 表示该响应是错误响应。  
发送错误时, 响应帧中的功能码固定为90H。  
(4) 错误代码(1个字节)  
表示发生错误的类型。请参考“5-1. 数据格式”中的错误应答代码表。  
(5) CRC-16校验码(2个字节)  
(2) (3) (4) 为校验对象。有关CRC-16计算的详情, 请参考“5-2. CRC-16校验详述”。  
(6) 3. 5个字符时间以上的停顿。

实例: 从机地址为1, 设定SV = 100。  
主机发送写命令帧:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3. 5个字符停顿	从机地址 01	功能码 10	数据地址 0300	数据量 0001

(6)	(7)	(8)	(9)
写入数据字节数 02	写入数据 0064H	CRC-16校验码 94BBH	3. 5个字符停顿

从机正常响应帧:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
3. 5个字符停顿	从机地址 01	功能码 10	数据地址 0300	数据量 0001	CRC-16校验码 018DH	3. 5个字符停顿

从机异常响应帧:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
3. 5个字符停顿	从机地址 01	功能码 90	错误代码 02	CRC-16校验码 CDC1H	3. 5个字符停顿

6.通信数据地址

1. 数据地址及读/写  
数据地址用16位二进制按每4位组成1位十六进制表示。  
R/W表示数据可以读出和写入  
R: 表示只读出数据  
W: 表示只写入数据  
如果一个只写数据地址用于读命令或只读数据地址用于写命令时, 产生数据地址错误。  
错误应答代码为02H(MODBUS RTU协议)或“0”, “8” (30H, 38H) (YOSHINAGA标准通信协议)。

2. 数据地址与数据量  
如果命令帧中的指定的数据首地址不在TP20系列数字温度调节器提供的数据地址内时, 产生数据地址错误。  
错误应答代码为02H(MODBUS RTU协议)或“0”, “8” (30H, 38H) (YOSHINAGA标准通信协议)。  
对于读命令中根据读取数据量增加的地址, 如果超出地址列表的范围时, 总是将“0000H”作为应答数据。  
对于写命令中根据写入数据量增加的地址, 如果超出地址列表的范围时, 写入数据无效, 且不返回错误代码。

3. 数据  
数据是由16位二进制数据表示的, 所以不需要检查数据类型和小数点位置, 小数点位置由测量范围决定。  
带小数点数据示例:  
10. 0 → 100 → 0064FH  
-20. 0 → -200 → FF38H

4. 选件地址  
选件没有安装时, 当用读命令或写命令访问其对应的地址时, 产生数据地址错误, 错误应答代码为02H(MODBUS RTU协议)或“0”, “C” (30H, 43H) (YOSHINAGA标准通信协议)。

附表

表一. 输入种类和测量范围一览表

热 电 偶	类型	显示代码	测量范围
	K	K1	-199. 9~+400. 0℃
	K	K2	0. 0~800. 0℃
	K	K3	0~1200℃
	R	R	0~1700℃
	J	J	0 ~ 600℃
	E	E	0~700 ℃
	S	S	0~1700℃
	T	T	-199. 9~+200. 0℃
	N	N	0~1300℃
	B	B	0~1800℃
	PL1I	PL	0~1300℃

铂 电 阻	WrE5-26	WrES	0~2300℃
	U	L	-199. 9~+200. 0℃
	L	L	0~+600℃
	Pt100	Pt1	-200~+600℃
	Pt100	Pt2	-100. 0~+100. 0℃
	Pt100	Pt3	-50. 0~+50. 0℃

电 压	Pt100	Pt4	0. 0~200. 0℃
	Pt100	Pt5	-100. 0~350. 0℃
	-1~1V	-1_1	在-1999~+9999单位范围内, 可设定测量范围上下限: 10~50V 1_ 5 0~10V 0_ 10 0~20mA 0_ 20 下限值小于上限值
	0~1V	0_ 1	
	0~2V	0_ 2	

电 流	0~5V	0_ 5	测量范围如下: 10~10000 单位, 下限值小于上限值
	1~5V	1_ 5	

注意:

1. 显示代码请对照操作流程中显示字符对照表。  
2. 热电偶 B: 用于 400℃或更低时精度不保证。  
3. 显示代码为 pt3 的铂电阻显示精度为 0. 25% 。  
4. 热电偶 K, T, U: 温度低于-100℃时精度为± 0. 7%满量程。  
5. 电流: 外接 250Ω 电阻。  
7. 改变输入类型代码将初始化所有与量程相关的数据。  
8. 除定制外, 出厂时测量范围将设置如下:

输入	显示代码	测量范围
多种输入 (M)	K2	0. 0~800. 0℃
电压 (V)	0_ 10	0. 0~100. 0%
电流 (mA)	4_ 20	0. 0~100. 0%