

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
3. 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 • 写只读地址 • 读只写地址 • 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为手动控制 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 DI 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	• 对选项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字节)
指定命令帧的读或写。
TU40系列温度调节器支持的功能代码如下所示:

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(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(选项没有安装)	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A011H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)	(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)
- (3) 功能码(1个字节)
固定为: 03H, 表示读命令帧。
- (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)	(6)	(7)
3.5个字符停顿	从机地址	功能码	数据字节数	数据	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)
为接收到的读命令帧中的数据量的2倍, 如当读命令帧中数据量为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)	(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, 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”。
- (6) 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)	(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
	01	03H	0300	0001	844EH	

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	功能码	数据字节数	数据	CRC-16校验码	3.5个字符停顿
	01	03H	02	0064H	B9AFH	

从机异常响应帧命令帧:

(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
	01	83H	02H	C0F1H	

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

(6)	(7)	(8)	(9)
写入数据字节数	写入数据	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)
 - (3) 功能码(1个字节)
固定为10H, 表示写命令帧。
 - (4) 数据地址(2个字节)
指定写入数据的首地址。
 - (5) 数据量(2个字节)
指定写入数据的数量, 为2字节十六进制数。
可以写入数据数量的范围为: 0001H ~ 0010H。
 - (6) 写入数据的字节数(1个字节)
指定写入数据的字节数, 是写入数据量的2倍。
如写入数据量为0002H, 则写入数据字节数为04H。
 - (7) 写入数据
写入数据格式如下:
- | (7) | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第一个数据 | 第一个数据 | ----- | 第N个数据 | 第N个数据 |
| 高位字节 | 低位字节 | | 高位字节 | 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
	01	10	0300	0001

(6)	(7)	(8)	(9)
写入数据字节数	写入数据	CRC-16校验码	3.5个字符停顿
02	0064H	94BBH	

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	功能码	数据地址	数据量	CRC-16校验码	3.5个字符停顿
	01	10	0300	0001	018DH	

从机异常响应帧:

(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
	01	90	02	CDC1H	

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
如果命令中指定的数据首地址不在TU40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. 选项地址
选项没有安装时, 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)。

7. 通信数据地址表

通信地址(HEX)	参数	说明	R/W	备注
0040	S_CODE1	产品型号代码 1	R	
0041	S_CODE2	产品型号代码 2	R	
0042	S_CODE3	产品型号代码 3	R	
0043	S_CODE4	产品型号代码 4	R	

以上地址为产品型号代码, 由8位ASCII数据组成。

例如TU40系列数字温度调节器中的TU49, 对应地址中的数据如下所示:

地址	H	L
0040	"T"(54H)	"U"(55H)
0041	"4"(34H)	"9"(39H)
0042	"0"(30H)	"0"(30H)
0043	"0"(30H)	"0"(30H)

0100	PV_W	PV测量值(输入异常时见 *输入异常时应答数据表)	R	
0101	SV_W	执行SV值	R	
0102	OUT1_W	调节输出1 的输出值	R	
0103	OUT2_W	调节输出2 的输出值(选项)	R	
0104	EXE_FLG	状态标志(见 *标志位信息说明)	R	
0105	EV_FLG	事件输出标志(见 *标志位信息说明)	R	
0106	SVNO.	执行SV模式(0:SV1, 1:SV2, 2:REM)	R	
0107	EXE_PID	当前执行的PID号	R	
0108	REM	模拟遥控输入值(输入异常时见 *输入异常时应答数据表)	R	
010B	DI_FLG	DI 输入状态(见 *标志位信息说明)	R	

*输入异常时应答数据表

异常种类	应答数据
HHHH, C_JHH, R_HH, B---	7FFFH
LLLL, C_JLL, R_LL	8000H

*标志位信息说明:
关于温度调节器的状态标志、事件输出标志、DI外部事件输入标志的参数说明:
(无输出时: 标志位=0 有输出时: 标志位=1)

数据位	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
地址																
0104	0	0	0	0	0	0	ATW	COM	RHLD	RMP	0	0	REM	STBY	MAN	AT
0105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	EV2	EV1
010B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	D13	D12	D11

AT: AT执行 MAN: 手动调节 STBY: 复位 REM: 模拟遥控输入模式 COM: 通信模式
ATW: AT等待 EV1, EV2: EV事件输出 RMP: 斜率控制 RHLD: 斜率控制保持
DI1, DI2, DI3: DI外部事件输入接通状态

通信地址(HEX)	参数	说明	R/W	备注
0111	RANG	输入种类(请参考附表 表一: 输入种类和测量范围一览表)	R	

0113	DP	小数点位置(0:无, 1:1位, 2:2位, 3:3位)	R	
0114	SC_L	PV测量刻度下限值(请参考附表 表一: 输入种类和测量范围一览表)	R	
0115	SC_H	PV测量刻度上限值(请参考附表 表一: 输入种类和测量范围一览表)	R	

0180	SV_NO	执行SV号(1:SV1, 2:SV2)	W	
------	-------	---------------------	---	--

0182	OUT1_W	调节输出1 手动操作设定值(0.0~100.0%)	W	
0183	OUT2_W	调节输出2 手动操作设定值(选项)(0.0~100.0%)	W	
0184	AT	AT自整定(0:OFF, 1:ON)	W	
0185	MAN	手动操作(0:AUTO, 1:MAN)	W	
0186	RST	复位(1:RST(复位), 0:RUN(运行))	W	
0187	REM_MD	模拟遥控收入模式(0:SV(可选), 1:REM)	W	

当设定定值控制模式时, 执行模式为0x0180地址单元中设定的执行SV号对应的定值控制模式, 例如: 0x0180地址单元中设定的执行SV号为SV1, 则执行模式即为定值控制模式1。

018B	SP_HLD	斜率保持(0:不保持, 1:保持)	W	
018C	COM	通信方式(0:Loc(本机), 1:Com(通信))	W	

0300	SV1	定值控制 目标设定值1(SV限幅内)	R/W	
0301	SV2	定值控制 目标设定值2(SV限幅内)	R/W	

030A	SV_L	SV设定值下限值(测量范围下限值~测量范围上限值-1)	R/W	
030B	SV_H	SV设定值上限值(测量范围下限+1~测量范围上限值)	R/W	
030C	SP_UP	上升斜率幅度单位(0:OFF, 1~9999)	R/W	
030D				