自定义 RS485 通信协议_V3.02b0

协议版本：

- Rev.3.01b0 – 01.06.2024：初始版本；
- Rev.3.01b1 – 25.06.2024：添加更多通信数据帧例子；
- Rev.3.02b0 – 21.11.2024：添加多摩川 RS485 协议编码器支持；添加抱闸输出控制命令；故障码添加编码器故障；

协议简介：

RS485 接口默认通信波特率为 **115200**（数据位: 8，校验位: 0， 停止位: 1），上位机可配置波特率为：921600，460800，115200，57600，38400，19200，9600。所有字节均采用**小端字节顺序**。

产品出货**默认的设备地址为 0x01**。设备地址可通过上位机配置为 1-254；其中，设备地址 0 为广播地址，从机执行命令但不应答主机；设备地址 255（0xFF）为公共地址（所有从机均应答该地址命令），主机可单独使用该地址与从机通信获取配置参数。产品当前设备地址可以根据驱动板上绿色 LED 的闪烁状态获得。（ 设备地址 1: [__ -__-__] ）（ 设备地址 2: [__-_-__-_-__] ）（ 设备地址 3: [__-_-_-__-_-_-__] ）等。

说明：RS485 总线特性决定，总线上只能有一个主机，且从机设备地址不能相同。如果总线有多个设备地址一样的从机，主机通过该地址与从机通信，设备地址相同从机会同时应答主机，从而导致总线短路损坏电路板。**因此，当多个从机挂载在同一总线上时，需提前通过上位机或通信协议配置好从机的设备地址。**

RS485_V3.x 版本协议通信数据包的命令格式如下:

字段名	字节数	说明
协议头	1Byte	主机发送的协议头为 **0xAE**，从机应答的协议头为 **0xAC**;
包序号	1Byte	从机应答主机的包序号与主机发送给从机的包序号一致;
设备地址	1Byte	地址范围为 0-0xFE；0x00 为广播地址；0xFF 为公共地址;
命令码	1Byte	不同的命令有不同的命令码;
数据包长度	1Byte	【数据字段】字节数量（可以为 0）;
数据字段	0-248(Bytes)	命令码附带的数据;
CRC16 校验	2Bytes	【协议头】至【数据字段】**CRC16_MODBUS** 校验值; 校验计算可参考资料包《CRC16_MODBUS 校验 C 语言源码》

数据类型说明:

- 1u – 1 个无符号字
- 1s – 1 个有符号字节
- 2u – 2 个无符号字节（小端字节顺序）
- 2s – 2 个有符号字节（小端字节顺序）
- 4u – 4 个无符号字节（小端字节顺序）
- 4s – 4 个有符号字节（小端字节顺序）
- 4f – 单精度浮点数（小端字节顺序）
- Nb – 大小为 N 的字节数组

RS485_3.x 版本协议控制命令如下：

类别	命令码	命令功能描述
系统	**0x00**	重启从机，主控制器发送该命令包后，从机立即重启不应答主控制器
	0x0A	读取 Boot、软件、硬件、RS485 协议和 CAN 协议版本及 UID；
	0x0B	读单圈绝对值角度、多圈绝对值角度、速度、Q 轴电流等实时信息；
	0x0F	清除故障；
参数	**0x10**	读取用户参数；
	0x11	写入并保存用户参数；
	0x12	读取电机硬件参数；
	0x13	写入并保存电机硬件参数；
	0x14	读取运动控制参数；
	0x15	写入运动控制参数但不保存；
	0x16	写入并保存运动控制参数；
	0x1D	设置当前位置为原点；
	0x1E	编码器校准；校准过程中电机需空载，且不能干扰电机转动；
	0x1F	参数恢复默认值；
控制	**0x20**	Q 轴电流控制；（力矩 = 力矩常数*Q 轴电流）
	0x21	速度控制；
	0x22	绝对值位置控制；
	0x23	相对位置控制；
	0x24	电机按照最短的距离回到设定的原点，旋转的角度不大于 180 度；
	0x2E	抱闸控制开关输出控制；
	0x2F	关闭电机输出，电机进入自由态不受控制（**电机上电后为该状态**）；

- 重启从机，主控制器发送该命令包后，从机立即重启不应答主控制器；**【命令码：0x00】**
  - 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x00**
[4]	数据包长度	1u	0x00
[5]-[6]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[4]字节 CRC16 校验

- 读取 Boot、软件、硬件、RS485 协议和 CAN 协议版本以及唯一序列号；**【命令码：0x0A】**
  - 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x0A**
[4]	数据包长度	1u	0x00
[5]-[6]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[4]字节 CRC16 校验

  - 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

序号	字段名称	字节	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAC
[1]	包序号	1u	0x00-0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x0A**
[4]	数据包长度	1u	0x16
[5]-[6]	Boot 软件版本	2u	
[7]-[8]	应用软件版本	2u	
[9]-[10]	硬件型号	2u	驱动板硬件代号；
[11]	RS485-自定义	1u	RS485-自定义协议版本；
[12]	RS485-Modbus	1u	RS485-Modbus 协议版本；（0 表示不支持）
[13]	CAN-自定义	1u	CAN-自定义协议版本；
[14]	CAN-CanOpen	1u	CanOpen 协议版本；（0 表示不支持）
[15]-[26]	UID 唯一序列号	12b	唯一设备序列号
[27]-[28]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[26]字节 CRC16 校验

- 读取实时数据（单圈绝对值角度、多圈绝对值角度、速度、Q 轴电流、母线电压、母线电流、工作温度、运行状态、电机状态、故障码）；单圈分辨率为 14 位；**【命令码：0x0B】**
  - 主控制器发送给电机

序号	字段名称	字节	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE

[3]	命令码	1u	**0x0B**
[4]	数据包长度	1u	0x00
[5]-[6]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[4]字节 CRC16 校验

- 电机应答主控制器

序号	字段名称	字节	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAC
[1]	包序号	1u	0x00-0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x0B**
[4]	数据包长度	1u	0x16
[5]-[6]	单圈绝对值角度	2u	Angle° = value*(360/16384);
[7]-[10]	多圈绝对值角度	4s	Total Angle° = value*(360/16384)
[11]-[14]	机械速度	4s	单位 0.01Rpm;
[15]-[18]	Q 轴电流	4s	单位 0.001A;（力矩=Q 轴电流*力矩常数）
[19]-[20]	母线电压	2u	单位 0.01V;
[21]-[22]	母线电流	2u	单位 0.01A; 编码器校准过程中该值无效;
[23]	工作温度	1u	单位℃;
[24]	运行状态	1u	0: 关闭状态 1: 电压控制 2: Q 轴电流控制 3: 速度控制 4: 位置控制
[25]	电机状态	1u	0: 失能 其它: 使能
[26]	故障码	1u	[Bit0]: 电压故障 [Bit1]: 电流故障 [Bit2]: 温度故障 [Bit3]: 编码器故障 [Bit6]: 硬件故障 [Bit7]: 软件故障 *(Bitn 表示字节的第 n 位; Bit0 表示第 0 位)*
[27]-[28]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[26]字节 CRC16 校验

➢ 清除故障;**【命令码：0x0F】**

- 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x0F**
[4]	数据包长度	1u	0x00
[5]-[6]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[4]字节 CRC16 校验

- 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

序号	字段名称	字节	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAC
[1]	包序号	1u	0x00-0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x0F**
[4]	数据包长度	1u	0x01

[5]	当前故障	1u	[Bit0]: 电压故障 [Bit1]: 电流故障 [Bit2]: 温度故障 [Bit3]: 编码器故障 [Bit6]: 硬件故障 [Bit7]: 软件故障 *(Bitn 表示字节的第 n 位；Bit0 表示第 0 位)*
[6]-[7]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[5]字节 CRC16 校验

- 读用户参数；**【命令码：0x10】**
  - 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x11**
[4]	数据包长度	1u	0x00
[5]-[6]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[4]字节 CRC16 校验

  - 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

序号	字段名称	字节	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAC
[1]	包序号	1u	0x00-0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x11**
[4]	数据包长度	1u	0x1A
[5]-[6]	电角度偏移	2u	编码器校准得到的角度偏移;
[7]-[8]	机械角度偏移	2u	零点设置得到的角度偏移;
[9]-[10]	U 相电流偏移	2u	U 相电流校准得到的偏移;
[11]-[12]	V 相电流偏移	2u	V 相电流校准得到的偏移
[13]-[14]	W 相电流偏移	2u	W 相电流校准得到的偏移;
[15]	编码器型号	1u	0: AS504x_SPI 1: Ma7xx_SPI 2: MT6835_SPI 3: TLx5012_SSI 4: AS504x_PWM 5: Tamgawa （板载编码器的驱动板该参数无效）
[16]	改变编码器方向	1u	0: 不改变方向 其它: 改变方向
[17]	校准 2 次编码器	1u	0: 校准 1 次 其它: 校准 2 次 （低分辨率编码器校准 2 次可提升性能）
[18]	速度滤波系数	1u	数值 1~100 表示系数 0.01~1;
[19]	设备地址	1u	地址范围为 0x01~0xFE (1~254)
[20]	RS485 波特率	1u	0: 921600 1: 460800 2: 115200 3: 57600 4: 38400 5: 19200 6: 9600 (默认值为 115200)
[21]	CAN 波特率	1u	0: 1M 1: 500K 2: 250K 3: 125K 4: 100K (默认值为 1M)
[22]	使能 CanOpen	1u	0: Can 自定义协议 其它:Canopen 协议
[23]-[24]	最大母线电压	2u	单位为 0.01V

[25]	报电压故障时长	1u	持续过压时长大于该时长, 报故障; 单位秒;
[26]-[27]	最大母线电流	2u	单位为 0.01A
[28]	报电流故障等级	1u	持续过流时长大于该时长, 报故障; 单位秒;
[29]	最大温度	1u	最大温度，单位℃;
[30]	报温度故障等级	1u	持续过温时长大于该时长, 报故障; 单位秒;
[31]-[32]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[30]字节 CRC16 校验

- 写入并保存用户参数;**【命令码：0x11】**
  - 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	字节	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x11**
[4]	数据包长度	1u	0x10
[5]	编码器型号	1u	0: AS504x_SPI 1: Ma7xx_SPI 2: MT6835_SPI 3: TLx5012_SSI 4: AS504x_PWM 5: Tamgawa （板载编码器的驱动板该参数无效）
[6]	改变编码器方向	1u	0: 不改变方向 其它: 改变方向
[7]	校准 2 次编码器	1u	0: 校准 1 次 其它: 校准 2 次 （低分辨率编码器校准 2 次可提升性能）
[8]	速度滤波系数	1u	数值 1~100 表示系数 0.01~1
[9]	设备地址	1u	地址范围为 0x01~0xFE (1~254)
[10]	RS485 波特率	1u	0: 921600 1: 460800 2: 115200 3: 57600 4: 38400 5: 19200 6: 9600 （默认值为 115200）
[11]	CAN 波特率	1u	0: 1M 1: 500K 2: 250K 3: 125K 4: 100K (默认值为 1M)
[12]	使能 CanOpen	1u	0: Can 自定义协议 其它:Canopen 协议
[13]-[14]	最大母线电压	2u	单位为 0.01V
[15]	报电压故障时长	1u	持续过压时长大于该时长, 报故障; 单位秒;
[16]-[17]	最大母线电流	2u	单位为 0.01A
[18]	报电流故障等级	1u	持续过流时长大于该时长, 报故障; 单位秒;
[19]	最大温度	1u	最大温度，单位℃;
[20]	报温度故障等级	1u	持续过温时长大于该时长, 报故障; 单位秒;
[21]-[22]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[20]字节 CRC16 校验

  - 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

    除了应答的命令码不同外，从机应答主机的内容与 0x10 命令的内容一致;

- 读取电机硬件参数;**【命令码：0x12】**
  - 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）

[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x12**
[4]	数据包长度	1u	0x00
[5]-[6]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[4]字节 CRC16 校验

- 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

序号	字段名称	字节	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAC
[1]	包序号	1u	0x00-0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x12**
[4]	数据包长度	1u	0x1E
[5]-[20]	电机名称	16b	电机名称的 ASSIC 字符
[21]	电机极对数	1u	
[22-25]	相电阻	4f	两相之间的电阻/2；单位为Ω;
[26-29]	相电感	4f	两相之间的电感/2; 单位为 mH;
[30-33]	力矩常数	4f	单位为 N/m;
[34]	减速比	1u	
[35]-[36]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[34]字节 CRC16 校验

➢ 写入并保存电机硬件参数;**【命令码：0x13】**

- 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x13**
[4]	数据包长度	1u	0x1E
[5]-[20]	电机名称	16b	电机名称的 ASSIC 字符
[21]	电机极对数	1u	
[22-25]	相电阻	4f	两相之间的电阻/2；单位为Ω;
[26-29]	相电感	4f	两相之间的电感/2; 单位为 mH;
[30-33]	力矩常数	4f	单位为 N/m;
[34]	减速比	1u	
[35]-[36]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[34]字节 CRC16 校验

- 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

  除了应答的命令码不同外，从机应答主机的内容与 0x12 命令的内容一致;

➢ 读取运动控制参数;**【命令码：0x14】**

- 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE

[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x14**
[4]	数据包长度	1u	0x00
[5]-[6]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[4]字节 CRC16 校验

- 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

序号	字段名称	字节	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAC
[1]	包序号	1u	0x00-0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x14**
[4]	数据包长度	1u	0x18
[5]-[8]	位置环 Kp	4f	
[9]-[12]	位置环 Ki	4f	
[13]-[16]	位置环输出限制	4u	位置模式最大速度，单位为 0.01Rpm；
[17]-[20]	速度环 Kp	4f	
[21]-[24]	速度环 ki	4f	
[25]-[28]	速度环输出限制	4u	速度/位置模式最大 Q 轴电流,单位 0.001A
[29]-[30]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[28]字节 CRC16 校验

➢ 写入运动控制参数但不保存；**【命令码：0x15】**

- 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x15**
[4]	数据包长度	1u	0x18
[5]-[8]	位置环 Kp	4f	
[9]-[12]	位置环 Ki	4f	
[13]-[16]	位置环输出限制	4u	位置模式最大速度，单位为 0.01Rpm；
[17]-[20]	速度环 Kp	4f	
[21]-[24]	速度环 ki	4f	
[25]-[28]	速度环输出限制	4u	速度/位置模式最大 Q 轴电流,单位 0.001A
[29]-[30]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[28]字节 CRC16 校验

- 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

  除了应答的命令码不同外，从机应答主机的内容与 **0x14 命令**的内容一致；

➢ 写入并保存运动控制参数；**【命令码：0x16】**

- 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

  除了发送的命令码不同外，主机发送从机的内容与 **0x15 命令**的内容一致；

- 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

  除了应答的命令码不同外，从机应答主机的内容与 **0x14 命令**的内容一致；

- 设置当前位置为原点；**【命令码：0x1D】**
  - 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x1D**
[4]	数据包长度	1u	0x00
[5]-[6]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[4]字节 CRC16 校验

  - 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

序号	字段名称	字节	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAC
[1]	包序号	1u	0x00-0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x1D**
[4]	数据包长度	1u	0x02
[5]-[6]	机械角度偏移	2u	
[7]-[8]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[6]字节 CRC16 校验

- 编码器校准；校准过程中电机需空载，且不能干扰电机转动；如需停止当前编码器校准，可发送 **0x2F** 命令停止操作；**【命令码：0x1E】**
  - 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x1E**
[4]	数据包长度	1u	0x00
[5]-[6]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[4]字节 CRC16 校验

  - 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

    除了应答的命令码不同外，从机应答主机的内容与 **0x0B 命令**的内容一致；

- 参数恢复默认值；（设备地址、编码器校准参数、电机硬件参数不变）**【命令码：0x1F】**
  - 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x1F**
[4]	数据包长度	1u	0x00
[5]-[6]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[4]字节 CRC16 校验

  - 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

序号	字段名称	字节	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAC
[1]	包序号	1u	0x00-0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x1F**
[4]	数据包长度	1u	0x00
[5]-[6]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[4]字节 CRC16 校验

- Q 轴电流控制；**【命令码：0x20】**
  - 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x20**
[4]	数据包长度	1u	0x08
[5]-[8]	目标 Q 轴电流	4s	单位 0.001A；力矩 = 目标电流*力矩常数；
[9]-[12]	Q 轴电流斜率	4u	单位 0.001A/S；值为 0 时为最大斜率；
[13]-[14]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[12]字节 CRC16 校验

  - 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

    除了应答的命令码不同外，从机应答主机的内容与 **0x0B 命令**的内容一致；

- 速度控制；**【命令码：0x21】**
  - 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x21**
[4]	数据包长度	1u	0x08
[5]-[8]	目标速度	4s	单位为 0.01Rpm
[9]-[12]	加速度	4u	单位为 0.01Rpm/s；值为 0 为最大加速度；
[13]-[14]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[12]字节 CRC16 校验

  - 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

    除了应答的命令码不同外，从机应答主机的内容与 **0x0B 命令**的内容一致；

- 绝对值位置控制；**【命令码：0x22】**
  - 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x22**

[4]	数据包长度	1u	0x04
[5]-[8]	绝对值位置	4s	单位为 Count；旋转一圈为 16384Count
[9]-[10]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[8]字节 CRC16 校验

- 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

  除了应答的命令码不同外，从机应答主机的内容与 **0x0B 命令**的内容一致；

➢ 相对值位置控制；**【命令码：0x23】**

- 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x23**
[4]	数据包长度	1u	0x04
[5]-[8]	相对位值位置	4s	单位为 Count；旋转一圈为 16384Count
[9]-[10]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[8]字节 CRC16 校验

- 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

  除了应答的命令码不同外，从机应答主机的内容与 **0x0B** 命令的内容一致；

➢ 最短距离回原点；**【命令码：0x24】**

- 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x24**
[4]	数据包长度	1u	0x00
[5]-[6]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[4]字节 CRC16 校验

- 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

  除了应答的命令码不同外，从机应答主机的内容与 **0x0B** 命令的内容一致；

➢ 抱闸控制开关输出控制；**【命令码：0x2E】**

- 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x2E**
[4]	数据包长度	1u	0x01
[5]	操作类型	1u	0x00：开关断开　0x01：开关闭合 0xFF：读取状态
[6]-[7]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[5]字节 CRC16 校验

- 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

序号	字段名称	字节	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAC
[1]	包序号	1u	0x00-0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x2E**
[4]	数据包长度	1u	0x01
[5]	抱闸开关状态	1u	0x00：开关断开　　0x01：开关闭合
[6]-[7]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[5]字节 CRC16 校验

- 电机失能 OFF；**【命令码：0x2F】**
  - 主控制器（上位机）发送给从机（下位机）

序号	字段名称	类型	内容说明（数据）
[0]	协议头	1u	0xAE
[1]	包序号	1u	0x00~0xFF
[2]	设备地址	1u	0x01~0xFE
[3]	命令码	1u	**0x2F**
[4]	数据包长度	1u	0x00
[5]-[6]	CRC16 校验	2u	DATA[0]~DATA[4]字节 CRC16 校验

  - 从机（下位机）应答主控制器（上位机）

    除了应答的命令码不同外，从机应答主机的内容与 **0x0B** 命令的内容一致；

自定义通信协议通信示例：

1. [0x0B 命令]读取单圈绝对值角度、多圈绝对值角度、速度、Q 轴电流等实时信息；假设从机设备地址为 1，通信数据帧如下：

主控制器发送数据帧（Hex）：（数据包长度为 0，数据字段为空）							
AE	00	01	0B	00	9B	28	
从机应答数据帧(Hex)：							
AC	00	01	0B	16	27	39	27
					①		②

39	19	00	1E	C8	00	00	19	00	00	00	94	0C	04	00	24	03	01	00	3B	DD
			③				④				⑤		⑥		⑦	⑧	⑨	⑩		

根据 0x0B 协议内容解析**从机应答**数据字段：

序号	字段名称	16 进制(Hex)	10 进制(Dec)	对应参数值/含义
①	单圈绝对值角度	0x3927	14631	14631*(360/16384) = 321.48°
②	多圈绝对值角度	0x00193927	1653031	1653031*(360/16384) = 36321.48°
③	机械速度	0x0000C81E	51230	51230*0.01 = 512.3Rpm
④	Q 轴电流	0x00000019	25	25*0.001 = 0.025A
⑤	母线电压	0x0C94	3220	3220*0.01 = 32.2V

序号	字段名称	16 进制(Hex)	10 进制(Dec)	对应参数值/含义
⑥	母线电流	0x0004	4	4*0.01 = 0.04A
⑦	工作温度	0x24	36	36℃
⑧	运行状态	0x03	3	速度控制模式
⑨	电机状态	0x01	1	使能
⑩	故障码	0x00	0	无故障

2. [0x23 命令]相对位置控制从机转动 90 度；假设**从机地址为 1**，通信数据帧如下：

主控制器发送数据帧（Hex）：（90 度对应的 Count 值为 90/360*16384 = 4096，转换为 16 进制为 0x00001000，协议为小端字节顺序，填入的内容分别为 00 10 00 00）										
AE	00	01	23	04	00	10	00	00	59	01
从机应答数据帧(Hex)：（应答内容格式与 0x0B 命令一致）										
AC	00	01	23	16	F6	22	F6	E2	73	00

00	00	00	00	00	00	00	00	94	0C	00	00	23	04	01	00	40	67