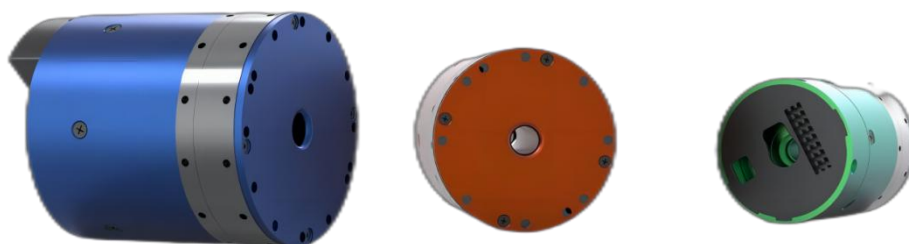




**微悍动力关节驱动器**  
**CANFD 广播帧通信协议 V1.1**



---

**北京微悍动力科技有限公司**



文件修订记录

版本号	时间	备注
V1.0	2024-01-30	拟制
V1.1	2025-01-16	1. 解抱闸 2. 低功耗说明 3. 修改内存向量表



# 目录

前言 .....	3
一、 广播帧协议 .....	4
1. 指令类型 .....	4
2. FADCAN 总线协议 .....	4
3. 常用指令包 .....	4
4. 应答标志说明 .....	5
5. 关节寄存器普通读写 .....	5
6. 位置伺服指令包 .....	6
7. 电流伺服指令包 .....	7
8. 关节状态查询指令包 .....	8
9. 末端板指令包 .....	9
二、 关节协议示例 .....	10
1. 环境配置 .....	10
2. 主程序启动（必要操作） .....	10
3. 获取当前关节状态 .....	10
4. 位置模式控制 .....	11
(1) 设置工作模式为位置模式 .....	11
(2) 关节通过位置伺服指令运动 .....	11
5. 电流模式控制 .....	12
(1) 设置工作模式为电流模式 .....	12
(2) 关节通过电流伺服指令运动 .....	12
6. 清除关节错误 .....	13
7. 设置关节零位 .....	14
8. 设置使能状态 .....	14
9. 内存控制表 .....	15
三、 末端板协议示例 .....	19
1. 末端版本查看 .....	19
2. 末端板的 IO 状态切换 .....	19
3. 末端电源切换 .....	20
4. Modbus RTU 读写多个保持寄存器 .....	20
5. 内存控制表 .....	23
四、 附录 .....	24
附录一：错误代码定义 .....	24
附录二：标志说明 .....	24
附录三：相关单位说明 .....	26



# 前言

RealMan 广播帧 CANFD 通信协议，是原有协议的补充，在形式上实现了广播，并同时支持原有协议。

在内存控制表中新增 Broad\_cast\_clr: 0X4E，为广播自动计数

广播普通读写时：每组关节指令的第 1 个字节是 0XFF 代表无效数据。

广播位置指令时：每组关节指令的第 4 个字节是 0X7F 代表无效数据。

广播电流指令时：每组关节指令的第 4 个字节是 0X7F 代表无效数据。

周期广播位置伺服指令时，连续 20ms 接收不到新指令，则认为通讯中断，关节开始自动停止。

不需要伺服时，优先发查询 ID，

关节禁使能时，接到伺服指令只返回当前状态

普通关节 D5.XX 以上版本支持广播帧

多圈关节 E2.XX 以上版本支持广播帧

注：伺服广播时，最大正数：0x FF FF FF 7F 代表无效数据。



# 一、广播帧协议

## 1. 指令类型

可用指令类型如下：

指令	功能	值	数据段长度
CMD_RD (读)	查询控制表里的数据	0x01	1
CMD_WR (写)	往控制表里写入数据	0x02	2

## 2. FADCAN 总线协议

使用 CANFD 的标准帧格式，只使用数据帧，远程帧无应答。

CANFD 协议的数据帧最长 64 个字节，通讯速率可达 5M，CANFD 协议的数据长度码如下所示。

CANFD 数据域																
DLC	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Data Bytes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	12	16	20	24	32	48	64

## 3. 常用指令包

帧 ID	0x2F	0x4F	0x0F	0x7F
数据字节数	64	48	64	24
功能	广播位置	广播电流	广播普通读写	状态查询
关节回复帧 ID	0x8(ID+1); 6 轴 特殊回复 5FE	0x8(ID+1); 6 轴 特殊回复 5FE	0xF(ID+1); 6 轴 特殊回复 3FE	0x8(ID+1); 6 轴 特殊回复 5FE
关节回复内容	24 个字节的关节 状态	24 个字节的关节 状态	读写寄存器的内 容	24 个字节的关 节状态
末端板数据位置	D56-D62	D28-D46	D50-D62	D0-D22
末端板可支持数 据长度	7	19	13	23



应答标志	D63 低四位	D63 低四位	D63 低四位	D23 低四位
末端回复帧 ID	0x87	0x87	0xF7	0x87

指令包格式如下:

**仲裁域:** 仲裁域: 仲裁域 ID 即为功能 ID, 具体含义如上表所示

**控制域:** DLC 长度, 即数据域字节长度, 最大位 64 个字节。

**数据域:** 普通读写 (低位在前, 如想发送目标电流值 0x 00 11 22 33, 则实际下发的字节顺序为 0x 33 22 11 00), 具体字节含义举例如下:

Byte1 (数据长度)	Byte2 (读或写)	Byte3 (地址)	Byte4 (具体内容)	Byte5 (具体内容)	Byte6 (具体内容)	Byte7 (具体内容)
0x06	0x02	0x36	0x10	0x27	0x00	0x00

## 4. 应答标志说明

广播帧通过应答标志位来制定需要回包的关节, 应答标志通过 4 个 bit 来标识, 具体含义如下表所示:

回复标志	含义	回复标志	含义
0	不回复	8	关节 2 回复
1	关节 1、2、3、4 回复	9	关节 3 回复
2	关节 5、6、末端、7 回复	a	关节 4 回复
3	关节 1、2 回复	b	关节 5 回复
4	关节 3、4 回复	c	关节 6 回复
5	关节 5、6 回复	d	关节 7 回复
6	末端、7 回复	e	末端回复
7	关节 1 回复	f	全回复

## 5. 关节寄存器普通读写

关节寄存器普通读写指令帧:



帧 ID	数据区								D63
	D0~D6	D7~D13	D14~D20	D21~D27	D28~D34	D35~D41	D42~D48	D50~D62	
0x0F	关节 1 数据区	关节 2 数据区	关节 3 数据区	关节 4 数据区	关节 5 数据区	关节 6 数据区	关节 7 数据区	末端数据区	应答标志

注：数据区的格式如下，若不操作该关节，则置为 0xFF

关节寄存器读数据格式：

D0	D1	D2	D3-D4	D5-D6
有效数据长度 (不包含本身)	01 (读)	0x14 (地址)	读数据长度 (地址长度)	0xFF

关节寄存器普通读数据返回帧：

帧率 ID	D0	D1	D2
0xF(ID+1); 6 轴特殊回复 3FE	读标志位 0x01	0x14 (地址)	数据

关节寄存器写数据格式：

D0	D1	D2	D3-D6
有效数据长度 (不包含本身)	02 (读)	0x14 (地址)	实际要写入的数据

关节寄存器普通写数据返回帧：

帧 ID	D0	D1	D2
0xF(ID+1); 6 轴特殊回复 3FE	写标志位 0x02	0x14 (地址)	状态 (1 成功 0 失败)

## 6. 位置伺服指令包

当关节处于位置伺服模式下，关节进入周期性位置伺服控制阶段，控制器通过广播帧的形式向各个关节模块发送位置指令帧，其中包含了速度前馈信息，各个关节模块在收到指令帧之后进行相应的位置伺服控制，并将当前的位置信息、电流信息、速度信息、使能状态和错误代码通过一帧反馈帧发送给控制器。如果一个总线上有 7 个模块参与周期性伺服控制，总线上将会产生 7 帧的回复帧，并根据广播帧中的回复标志位轮流回复，以此降低总线负载。



位置伺服指令帧:

帧 ID	关节一			关节二~ 关节七	末端板	速度前馈使能/电流 前馈使能/回复标志
	目标位置	速度前馈	电流前馈			
0x2F	D0~D3	D4~D5	D6~D7	D8~D55	D56~D62	D63

注:

- (1) D63 的低 4 位是应答标志, 详情见应答标志表。
- (2) D63 的高 0~1 位是速度前馈使能, 其中 0 为不使能, 1 为使用伺服内部速度前馈, 2 为使用控制器的速度前馈。
- (3) D63 的高 2~3 位是电流前馈使能, 其中 0 为不使能, 1 为使用伺服内部电流前馈, 2 为使用控制器的电流前馈。
- (4) 0x7F 为无效数据, 作为填充位, 用于单关节示教等情况。

伺服反馈帧:

帧 ID	当前 电流	当前 速度	当前 位置	错误 代码	系统 电压	系统 温度	抱闸/使 能状态	电机编码 器计数	广播接 收计数
0x8(ID+1 ); 6 轴特 殊回复 5FE	D0~ D3	D4~ D7	D8~ D11	D12 ~D1 3	D14~ D15	D16~ D17	D18	D19~D22	D23

注:

- (1) 使能/抱闸状态, D18 的第一位(低位)是使能, 第八位是抱闸
- (2) 广播接收计数, 关节每接收一个广播帧自加一, 计数范围 0~255

## 7. 电流伺服指令包

当机械臂拖动示教模式下, 通过控制机械臂关节的电流, 配合外部力矩完成拖动示教, 根据广播帧中的回复标志位轮流回复, 以此降低总线负载。



电流伺服指令帧:

帧 ID	关节一	关节二~关节七	末端板	回复标志
	目标电流			
0x4F	D0~D3	D4~D27	D28~D46	D47

注:

(1) D47 的低 4 位是应答标志, 详情见应答标志表。

(2) 0x7F 为无效数据, 作为填充位, 用于单关节示教等情况。

伺服反馈帧:

帧 ID	当前 电流	当前 速度	当前 位置	错误 代码	系统 电压	系统 温度	抱闸/使 能状态	电机编码 器计数	广播接 收计数
0x8(ID+1) ); 6 轴特 殊回复 5FE	D0~ D3	D4~ D7	D8~ D11	D12 ~D1 3	D14~ D15	D16 ~D1 7	D18	D19~D2 2	D23

注:

(1) 使能/抱闸状态, D18 的第一位(低位)是使能, 第八位是抱闸

(2) 广播接收计数, 关节每接收一个广播帧自加一, 计数范围 0~255

## 8. 关节状态查询指令包

当机械臂在运行过程中, 可以周期性的查询关节的状态, 根据广播帧中的回复标志位轮流回复, 以此降低总线负载。

关节状态查询指令帧:

帧 ID	末端板数据	回复标志
------	-------	------



0x7F	D0~D22	D23
------	--------	-----

关节状态反馈帧:

帧 ID	当前 电流	当前 速度	当前 位置	错误 代码	系统 电压	系统 温度	抱闸/使 能状态	电机编码 器计数	广播接 收计数
0x8(ID+1); 6 轴特殊回复 5FE	D0~D3	D4~D7	D8~D11	D12~D13	D14~D15	D16~D17	D18	D19~D22	D23

## 9. 末端板指令包

末端的所有指令均通过读写寄存器完成, 因为末端的数据是包含在关节的协议中, 因此数据的位置不固定。

帧 ID	第一个数据	第二个数据	第三个数据
0x0F/0x2F/0x3F/0x4F/0x7F	cmd 读写标志 1: 读指令 2: 写指令	index 寄存器偏移地址	读写数据长度(寄存器长度)

末端板反馈帧格式:

帧 ID	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8-
0xF7/0x87	广播帧计数	status 0	status 1 (预留)	modbus read len	sys error	cmd	index(addr)	len	data

status状态:

名称	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
status0	数字通道 1 模式	数字通道 2 模式	拖动示教按钮状态	轨迹复现按钮状态	数字通道 1 状态	夹爪到位状态	灵巧手到位状态	数字通道 2 状态

## 二、关节协议示例

### 1. 环境配置

仲裁域波特率：1Mbps 80%

数据与波特率：5Mbps 75%

### 2. 主程序启动（必要操作）

指令包：

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x01	0x03	0x02	0x49	0x00

应答包：

CAN-ID	DLC	INDEX	DATA	DATA
0x101	0x03	0x02	0x49	0x01

### 3. 获取当前关节状态

指令包：

帧 ID	末端板数据	回复标志
0x7F	00 00	07

应答包：

帧 ID	当前 电流	当前 速度	当前 位置	错误 代码	系统 电压	系统 温度	抱闸/使 能状态	电机编码 器计数	广播接 收计数
0x82	8F FF FF FF	00 00 00 00	E0 44 0b 00	00 00	FC 08	FA 00	01	00 00 00 00	15

## 4. 位置模式控制

### (1) 设置工作模式为位置模式

关节一工作模式切换为位置模式：

指令包：

帧 ID	数据区			回复标志
	D0~D6	D7~D48	D49~D62	D63
0x0F	03 02 30 03 FF FF FF	FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF	07

应答包：

帧 ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0xF2	0x03	0x02	0x30	0x01

### (2) 关节通过位置伺服指令运动

通过关节状态查询指令查询到当前角度后，发送位置伺服指令，使关节运动  $\pm 10^\circ$  以内。

例如当前角度为  $1^\circ$ ，关节运动到  $2^\circ$ 。

指令包：

帧 ID	数据区			回复标志
	D0~D7	D8~D55	D56~D62	D63
0x2F	10 27 00 00 00 00 00 00	FF FF FF 7F FF FF FF FF FF FF 7F FF FF FF FF FF FF FF 7F FF FF FF FF FF FF 7F FF FF FF FF FF FF 7F FF FF FF FF FF FF FF 7F FF FF FF FF	FF FF FF FF FF FF FF	07



应答包:

帧 ID	当前 电流	当前速 度	当前位 置	错误 代码	系统 电压	系统 温度	抱闸/使 能状态	电机编码 器计数	广播接 收计数
0x82	20 00 00 00	00 00 00 00	00 27 00 00	00 00	FC 08	AE 01	01	00 00 00 00	1F

再次获取关节状态，当前关节角度相交于开始前的位置  $\pm 1^\circ$

## 5. 电流模式控制

### (1) 设置工作模式为电流模式

关节一工作模式切换为电流模式:

指令包:

帧 ID	数据区			回复标志
	D0~D6	D7~D48	D49~D62	D63
0x0F	03 02 30 01 FF FF FF	FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF	07

应答包:

帧 ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0xF2	0x03	0x02	0x30	0x01

### (2) 关节通过电流伺服指令运动

发送电流伺服指令，关节根据电流值，正向或反向运动（数据为负值时关节反向运动，数据为正值时，关节正向运动），例如电流为 500MA



指令包:

帧 ID	数据区			回复标志
	D0~D3	D4~D27	D28~D47	D48
0x4F	F4 01 00 00	FF FF FF 7F FF FF FF 7F FF FF FF 7F FF FF FF 7F FF FF FF 7F FF FF FF 7F	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF	07

应答包:

帧 ID	当前 电流	当前速 度	当前位 置	错误 代码	系统 电压	系统 温度	抱闸/使 能状态	电机编 码器计 数	广播 接收 计数
0x82	00 00 00 00	00 00 00 00	36 4E 00 00	00 00	FC 08	AE 01	01	00 00 00 00	27

## 6. 清除关节错误

指令包:

帧 ID	数据区			回复标志
	D0~D6	D7~D48	D49~D62	D63
0x0F	03 02 0F 01 FF FF	FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF	07

应答包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0xF2	0x03	0x02	0x0F	0x01

备注:

清除关节错误后，将工作模式切换到位置伺服模式，发送使能指令，关节使能成功

## 7. 设置关节零位

指令包:

帧 ID	数据区			回复标志
	D0~D6	D7~D48	D49~D62	D63
0x0F	03 02 0E 01 FF FF	FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF	07

应答包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0xF2	0x03	0x02	0x0E	0x01

## 8. 设置使能状态

上使能:

指令包:

帧 ID	数据区			回复标志
	D0~D6	D7~D48	D49~D62	D63
0x0F	03 02 0A 01 FF FF	FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF	07

应答包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0xF2	0x03	0x02	0x0A	0x01

禁使能:



指令包:

帧 ID	数据区			回复标志
	D0~D6	D7~D48	D49~D62	D63
0x0F	03 02 0A 00 FF FF	FF FF	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF	07

应答包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0xF2	0x03	0x02	0x0A	0x01

## 9. 内存控制表

模块本身的信息和控制参数形成了一张一维控制表，在控制芯片的 RAM 和 Flash 中各保存一份。在系统上电时，控制芯片从 Flash 读取控制表到 RAM 中，在模块运行过程中用户对 RAM 中的控制表进行读写操作，获取模块状态或对模块进行控制。

若用户对表中的“保存数据到 Flash 标志”写 1，则控制芯片将当前 RAM 表的内容复制到 Flash 中，实现断电保存。

控制表内容如下:

地址	名称	命令项	权限	初始值
0x00	保留	保留	--	0x1314
0x01	SYS_ID	驱动器 ID	R/W	1
0x02	SYS_MODEL_TYPE	驱动器型号	R	--
0x03	SYS_FW_VERSION	固件版本，如 0x0102 表示版本号 1.2	R	--
0x04	SYS_ERROR	错误代码	R	--
0x05	SYS_VOLTAGE	系统电压 (0.01V)	R	--
0x06	SYS_TEMP	系统温度 (0.1℃)	R	--
0x07	SYS_REDU_RATIO	模块减速比:	R	与程序编译一致 80/100
0x0a	SYS_ENABLE_DRIVE R	驱动器使能标志,1:使能, 0: 未使能。(禁使能后需要等待 5ms 再下发指令)	R/W	0





0x0b	SYS_ENABLE_ON_POWER	上电使能驱动器标志, 1:使能, 0: 不使能。	R/W	1
0x0c	SYS_SAVE_TO_FLASH	保存数据到 Flash 标志, 1: 保存, 0: 不保存。在掉使能的状态下保存。(发送保存 Flash 后需要等待 50ms 再下发指令)	R/W	0
0x0e	SYS_SET_ZERO_POS	将当前位置设置为零点标志, 1 设置 0 不设置	R/W	0
0x0f	SYS_CLEAR_ERROR	清除错误标志, 1 清除, 0 不清除	R/W	0
0x10	CUR_CURRENT_L	当前电流低 16 位 (mA)	R	0
0x11	CUR_CURRENT_H	当前电流高 16 位 (mA)	R	--
0x12	CUR_SPEED_L	关节当前速度低 16 位 (RPM, 分辨率 0.02RPM)	R	--
0x13	CUR_SPEED_H	关节当前速度高 16 位 (RPM, 分辨率 0.02RPM)	R	--
0x14	CUR_POSITION_L	当前位置低 16 位(units), 精度 0.0001 °	R	--
0x15	CUR_POSITION_H	当前位置高 16 位(units), 精度 0.0001 °	R	--
0x1f	ON_DELAY	0 使能关节上电延迟 1 关节上电无延迟	R/W	0
0X2A	MOT_MODEL_ID0	模块全球唯一 ID[15:0]	R	--
0X2B	MOT_MODEL_ID1	模块全球唯一 ID[31:16]	R	--
0X2C	MOT_MODEL_ID2	模块全球唯一 ID[47:32]	R	--
0X2D	MOT_MODEL_ID3	模块全球唯一 ID[63:48]	R	--
0X2E	MOT_MODEL_ID4	模块全球唯一 ID[79:64]	R	--
0X2F	MOT_MODEL_ID5	模块全球唯一 ID[95:80]	R	--
0x30	TAG_WORK_MODE	工作模式: 0-开环, 1-电流模式, 2-速度模式, 3-位置模式	R/W	3
0x32	TAG_CURRENT_L	目标电流低 16 位 (mA)	R/W	0
0x33	TAG_CURRENT_H	目标电流高 16 位 (mA)	R/W	0
0x34	TAG_SPEED_L	关节目标速度低 16 位 (RPM,分辨率 0.002RPM)	R/W	0
0x35	TAG_SPEED_H	关节目标速度高 16 位 (RPM,分辨率 0.002RPM)	R/W	0
0x36	TAG_POSITION_L	目标位置低 16 位(units), 精度 0.0001 °	R/W	0
0x37	TAG_POSITION_H	目标位置高 16 位(units), 精度 0.0001 °	R/W	0
0X39	Speed feed forward switch	存储的数值是位置环跟随系数, 有效值 0 到 10, 默认值 0	R/W	0



0x40	LIT_MAX_CURRENT	最大电流 (mA) (预留)	R/W	--
0x41	LIT_MAX_SPEED	关节最大速度 (RPM, 分辨率 0.01RPM)	R/W	3000
0x42	LIT_MAX_ACC	关节最大加速度 (0.1rpm/s)	R/W	5000
0x43	LIT_MAX_DEC	关节最大减速度 (0.1rpm/s) (预留)	R/W	--
0x44	LIT_MIN_POSITION_L	最小位置低 16 位(units), 精度 0.0001 °	R/W	--
0x45	LIT_MIN_POSITION_H	最小位置高 16 位(units), 精度 0.0001 °	R/W	--
0x46	LIT_MAX_POSITION_L	最大位置低 16 位(units), 精度 0.0001 °	R/W	--
0x47	LIT_MAX_POSITION_H	最大位置高 16 位(units), 精度 0.0001 °	R/W	--
0x49	IAP_FLAG	IAP 在线更新标志位 0-不更新	R/W	0
0x51	SEV_CURRENT_P	电流环 P 参数	R/W	--
0x52	SEV_CURRENT_I	电流环 I 参数	R/W	--
0x53	SEV_CURRENT_D	电流环 D 参数	R/W	--
0x54	SEV_SPEED_P	速度环 P 参数	R/W	--
0x55	SEV_SPEED_I	速度环 I 参数	R/W	--
0x56	SEV_SPEED_D	速度环 D 参数	R/W	--
0x57	SEV_SPEED_DS	速度 P 死区	R/W	--
0x58	SEV_POSITION_P	位置环 P 参数	R/W	--
0x59	SEV_POSITION_I	位置环 I 参数	R/W	--
0x5a	SEV_POSITION_D	位置环 D 参数	R/W	--
0x5b	SEV_POSITION_DS	位置 P 死区	R/W	--
0x5c	SEV_POS_SMOOTH	位置环平滑系数	R/W	系数越大跟随效果越好
0x5D	SEV_SPD_FF	速度前馈系数	R/W	系数越大跟随效果越好
0x69	LOW_POWER_MODE	低功耗模式	R/W	0
0x6a	STATE_BRK_DIRECT_ENABLE	抱闸直接使能 (仅限特殊机械限位恢复使用)	R/W	0
0x78	ERROR	错误代码	R	0
0x79	END_BOARD_MODE	末端板模式	R/W	0

需要注意的地方有：

- (1) ID 设置成功后将立即起作用，模块将以新 ID 进行通讯。
- (2) 固件版本的定义为：低 4 位修正版本步进号，第 5 位到第 8 位代表小版本号，第 9 位到第 16 位代表大版本号。其定义示例为：

```
#define _SW_VERSION      (u16)((2<<8)|(0<<4)|(0))      //固件版本 2.0.0
```

- (3) 设置后必须保存到 Flash 中后，下次上电时才生效。

## 10. 低功耗模式说明

低功耗模式开启后，每个关节的单个关节功耗最大不超过 80W，当给内存向量表地址 0x69 写标志位为 1 时开始低功耗模式，写 0 时关闭低功耗模式进入正常关节状态。（仅支持关节 WHJ10N/WHJ30/WHJ60 固件版本 519 及后续版本）

## 11. 末端板模式说明

末端板模式，当内存向量表地址 0x79 为 0 时，表示末端板为非关节，当内存向量表地址 0x79 为 1 时，表示末端板为关节模式，此模式下末端板为关节。（仅 519 及后续固件版本支持）

## 12. 分时上电模式说明

关节分时模式，当内存向量表地址 0x1f 为 0 时，表示关节上电延时，当内存向量表地址 0x1f 为 1 时，表示表示关节上电无延时。（仅 519 及后续固件版本支持）

## 13. 抱闸直接使能说明（仅限特殊机械限位恢复使用）

使用寄存器 0x6a 地址，在掉使能的情况下，给 0x6a 寄存器值 1，则抱闸在人力向上拖住关节所受重力的情况抱闸可解锁，0x6a 寄存器值 0 则放开抱闸。  
（仅支持关节 WHJ30/WHJ60 固件版本 DA05\DA24\DA522 及后续版本）

注意点：

- 1、手动拖动的力需在抱闸上下机械可移动的范围内，手感取中间状态，让抱闸销钉并不直接受重力下压才可解锁，再使用人工方式移动机械臂移出机械卡死限位处。
- 2、每次上电的状态，此寄存器只能使能一次，下次无效，并且只能清零此寄存器才能再次进行正常使能抱闸。
- 3、关节解抱闸后，所连机械臂就自由重力下坠，必须进行托扶，否则可能造成设备损坏。



### (3) 驱动器型号定义

驱动器型号的内存向量表地址0x02 对应的关节型号说明如下：

关节类型：	字符定义：	内存向量表定义：
关节10	J14	0x02
关节30	J17	0x03
关节60	J20	0x04
关节120	J25	0x05
关节03	J3	0X07

## 三、末端板协议示例

### 1. 末端版本查看

指令包：

帧 ID	数据区			回复标志
	D0~D7	D8~D55	D56~D62	D63
0x2F	FF FF FF 7F FF FF FF FF	FF FF FF 7F FF FF FF FF FF FF FF 7F FF FF FF FF FF FF FF 7F FF FF FF FF FF FF FF 7F FF FF FF FF FF FF FF 7F FF FF FF FF FF FF FF 7F FF FF FF FF	01 03 01 01 FF FF FF 02	0E

应答包：

帧 ID	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8-(DATA)
0x87	06	09	00	00	00	01	03	02	01 89 00 00

### 2. 末端板的 IO 状态切换

末端板IO1的状态由输入切换为输出

指令包：

帧 ID	数据区			回复标志
	D0~D6	D7~D48	D49~D62	D63



0xF	FF FF FF FF FF FF FF	FF FF	FF 02 1D 01 01 FF FF 7F FF FF FF FF FF FF	0E
-----	----------------------------	---	---	----

应答包:

帧 ID	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8-
0xF7	0F	81	00	00	00	02	1d	01	01

### 3. 末端电源切换

末端板电源由0V切换为24V

指令包:

帧 ID	末端板数据	回复标志
0x7F	02 07 01 03 00	0E

应答包:

帧 ID	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8-
0x87	B8	09	00	00	00	02	07	01	01

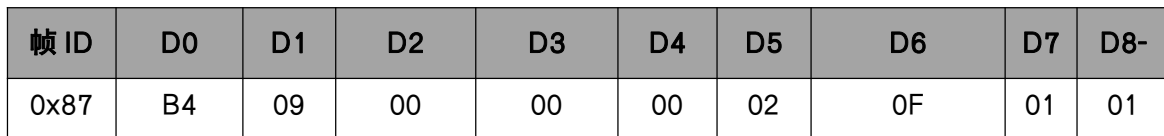
### 4. Modbus RTU 读写多个保持寄存器

Modbus RTU模式开启

指令包:

帧 ID	末端板数据	回复标志
0x7F	02 0F 01 02 00	0E

应答包:



举例：写入多个保持寄存器，数据为[0,10,0,20,0,30,0,40]：

[illegible]

帧 ID	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8-
0x87	59	09	00	00	00	02	60	04	01
	5b	09	00	00	00	02	62	04	01
	5d	09	00	00	00	02	64	04	01
	5f	09	00	00	00	02	66	04	01
	61	09	00	00	00	02	68	04	01

帧 ID	末端板数据	回复
------	-------	----



		标志
0x7F	02 5C 02 11 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	0E

应答包:

帧 ID	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8-
0x87	63	09	00	00	00	02	5C	02	01

存储读到的modbus 的数据:

指令包:

帧 ID	末端板数据	回复标志
0x7F	01 70 07 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	0E

应答包:

帧 ID	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8-
0x87	C7	09	00	0D	00	01	70	0E	02 03 08 00 0A 00 14 00 1E 00 28 60 88 00 00 00

写要modbus读到数据的长度:

指令包:

帧 ID	末端板数据	回复标志
0x7F	02 5D 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	0E

应答包:

帧 ID	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8-
0x87	C9	09	00	00	00	02	5D	01	01



## 5. 内存控制表

地址	名称	命令项	权限	初始值
0x02	SYS_MODEL_TYPE	驱动器型号:	R	与程序编译一致
0x03	SOFTWARE_VERSION	软件版本号,第 1 字节大版本号, 第 2 字节小版本号, eg:0x0203—V2.3	R	0
0x07	SYS_VOLTAGE_OUTPUT	电源输出: 0-0V, 2-12V, 3-24V	R/W	0
0x0C	SYS_SAVE_TO_FLASH	保存地址 0x00~0x0B 数据到 Flash 标志, 1: 保存, 0: 不保存	R/W	0
0x0F	Modbus RTU	RS485 接口对外 Modbus RTU 模式 0- 关闭模式, 485 接口使用寄存器 0x08 配置 1- 波特率: 9600 2- 波特率: 115200 3- 波特率: 460800	R/W	0
0x10	TEACH_IO	拖动示教按钮 IO,0-按钮未按下, 1-按钮按下	R	0
0x11	TRAJECTORY_REACORD	轨迹复现按钮 IO 0- 按钮未按下, 1-按钮按下弹起	R	0
0x1D	IO1_Mode	0-输入, 1-输出	R/W	0
0x1E	IO2_Mode	0-输入, 1-输出	R/W	0
0x1f	ON_DELAY	0 使能关节上电延迟 1 关节上电无延迟	R/W	0
0x33	FORCE_FX_L	Fx 数据低 16 位	R	0
0x34	FORCE_FX_H	Fx 数据高 16 位	R	0
0x35	FORCE_FY_L	Fy 数据低 16 位	R	0
0x36	FORCE_FY_H	Fy 数据高 16 位	R	0
0x37	FORCE_FZ_L	Fz 数据低 16 位	R	0
0x38	FORCE_FZ_H	Fz 数据高 16 位	R	0
0x39	TORQUE_MX_L	Mx 数据低 16 位	R	0
0x3A	TORQUE_MX_H	Mx 数据高 16 位	R	0





0x3B	TORQUE_MY_L	My 数据低 16 位	R	0
0x3C	TORQUE_MY_H	My 数据高 16 位	R	0
0x3D	TORQUE_MZ_L	Mz 数据低 16 位	R	0
0x3E	TORQUE_MZ_H	Mz 数据高 16 位	R	0
0x5C	modbus write len	将要发送的 modbus 写存储区域的大小，即 0x60-0x6f，该处 len 是字节数，modbus_write 每个地址可以存储 2 个 byte 数据，因此如果发送 4 个 byte，len 为 4，数据存储的位置为 0x60 和 0x61 两个地址	R/W	0
0x5D	modbus read len	modbus 读到数据的长度，即 0x70-0x7f，详细含义参考 modbus write len	R/W	0
0x60-0x6F	modbus_write	存储即将写入 modbus 的数据，最多 32 byte	W	0
0x78	ERROR	错误代码	R	0
0x79	END_BOARD_MODE	末端板模式	R/W	0

## 四、附录

### 附录一：错误代码定义

错误代码16位数据每一位代表一种错误，当相应错误产生时，相应位将置1，出现不可恢复的错误后，模块将自动进入驱动禁能状态，用户需要往“清除错误标志”字段（0x0f）写1来清除错误，清除错误成功后系统自动进入驱动使能状态。

错误位代表的含义如下：

错误位	定义	说明
0x0001	FOC 频率过高	FOC 频率过高
0x0002	过压	输入电压超过关节的耐压范围



0x0004	欠压	输入电压低于关节的耐压范围
0x0008	过温	关节温度达到报警温度
0x0010	启动过程失败	关节启动 FOC 出错
0x0040	过流	电机电流过大
0x0080	软件错误	硬件和软件不对应；电流检测错误。
0x0100	温度传感器出错	温度传感器未能正常获取关节温度
0x0200	位置超限错误	当前位置超过限位
0x0400	关节 ID 非法	关节 ID 不正确
0x0800	位置跟踪误差超限	目标位置与当前位置差值超过阈值；位置误差跟踪超限保护
0x1000	电流检测错误	上电时电流传感器检测错误
0x2000	抱闸失败	打开抱闸失败；内部霍尔信号不正确
0x4000	位置指令阶跃	当前位置和目标位置误差大于 10 度
0x8000	多圈丢数	多圈丢数（仅多圈关节）

## 录二：标志说明

共有 7 个标志类变量，其值只能为 1 或者 0，其他值无效。具体说明如下表所示。

地址	定义	说明
0x0a	驱动器使能标志	写 1 使能驱动器，写 0 禁能驱动器并打开锁相继电器
0x0b	上电使能驱动器标志	1 代表上电即使能驱动器并工作在指定模式，0 代表上电不使能
0x0c	保存数据到 Flash 标志	写入 1 后芯片将当前 RAM 中的控制表写入 Flash 中，系统自动清零
0x0d	自动标定绝对位置标志	写入 1 后驱动器将根据编码器的值标定绝对位置传感器（数字电位器），并将标定后的数据保存到 Flash 中，必须确保模块当前不带任何负载，并且能够稳定工作在位置伺服模式并且出于使能状态，否则将带来不可预测的后果。系统自动清零



0x0e	将当前位置设置为零点标志	写 1 后将当前的位置保存为零点位置，并立即起作用，数据保存到 Flash 中后下次上电后将使用保存的位置作为零点位置。系统自动清零
0x0f	清除错误标志	写 1 尝试清除当前错误。自动清零

## 附录三：相关单位说明

10关节与30关节，目标电流和反馈的实际电流，单位为：mA；

60关节，目标电流和反馈的实际电流，单位为：2mA；

所有关节的电流前馈，单位为：2mA；

目标速度，对象是关节输出端，单位为：0.002RPM；

实际速度，对象是关节输出端，单位为：0.02RPM；

前馈速度，对象是关节输出端，单位为：0.002RPM；

目标位置和反馈的实际位置，对象是关节输出端，单位为：0.0001度；

电压单位：0.01V

系统温度单位：0.1℃

## 附录四：编码器状态标志说明

高8位：

<b>STATUS0(7:0)</b>		Addr. SER: 0x76; bit 7:0	R
Bit	Name	Description of status message	
4	STUP	Startup iC-MU	
3	AN_MAX	Signal error*: clipping (nonius track)	
2	AN_MIN	Signal error*: poor level (nonius track)	
1	AM_MAX	Signal error*: clipping (master track)	
0	AM_MIN	Signal error*: poor level (master track)	
	Notes	Error indication logic: 1 = true, 0 = false, * for signal thresholds see elec. char. no. 508 and 509	

低 8 位:

<b>STATUS1(7:0)</b>		Addr. SER: 0x77; bit 7:0	R
Bit	Name	Description of status message	
7	CRC_ERR	Invalid check sum internal RAM	
6	EPR_ERR	I2C communication error: - No EEPROM - I2C communication error	
5	MT_ERR	Multiturn communication error	
4	MT_CTR	Multiturn data consistency error: counted multiturn ↔ external MT data	
3	NON_CTR	Period counter consistency error: counted period ↔ calculated Nonius position	
2	FRQ_ABZ	Excessive signal frequency for ABZ-converter	
1	FRQ_CNV	Excessive signal frequency for internal 12 Bit converter	
0	CMD_EXE	Command execution in progress	
	Notes	Error indication logic: 1 = true, 0 = false	

## 附录五：工作模式说明

模块共有四种工作模式：开环模式、电流模式、速度模式和位置模式。

四种模式的切换通过改变控制表中的TAG\_WORK\_MODE字段（0x30）实现切换。

其中，开环模式直接控制驱动器输出到电机的占空比，容易发生危险，不建议使用。电流模式控制电机输出的目标电流（力矩）。速度模式控制电机输出转速，除非模块能够实现整周转动，否则不建议使用。位置模块控制电机伺服位置。

0x3\*字段中的目标占空比、电流、速度和位置只有在模块处于相应工作模式下才起作用。

0x40~0x46字段中的最大电流、最大速度和最大加/减速度对电流、速度和位置模式均有效，最小和最大位置只有工作在位置伺服模式有效，其指定了位置伺服的目标值不能够设定在该范围以外。若设定的目标位置小于最小值或大于最大值，则模块将只运动到最小值或最大值处。若驱动器使能时模块已经处于范围之外，则将自动运动到最小/最大值处。