

onero Actuator通信协议

一、通信包结构

大小端模式

数据传输采用**小端模式**。如0xB562，则先发送0x62，再发送0xB5。

CAN参数：波特率1Mbps；DLC为数据长度，未标注字节数的数据即默认1字节

CANId: 节点ID

MstId: 反馈帧ID

二、通信帧

1. 反馈帧

ID	数据								D
MstId	ID ERR<<4	POS [15:8]	POS [7:0]	VEL [11:4]	VEL[3:0] T[11:8]	T[7:0]	T_MOS	T_Coil	

- 每次下发控制帧之后会有1个反馈帧回复，反馈帧ID为MstId
- ID 表示控制器的ID，取CANId的低8位
- ERR表示状态，对应状态类型为：0——失能；1——使能；8——超压；9——欠压；A——过电流；B——MOS过温；C——电机线圈过温；D——通讯丢失；E——过载；
- POS 表示电机的位置信息
- VEL表示电机的速度信息
- T 表示电机的扭矩信息
- T_MOS表示驱动上MOS的温度，单位℃，数据类型int8_t
- T_Coil 表示电机内部线圈的温度，单位℃，数据类型int8_t

位置、速度和扭矩采用线性映射将浮点型数据转换成有符号的定点数据，其中位置采用16位数据，速度和扭矩均使用12位，以位置为例说明映射关系。如电机当前位置为5.0rad，设置的位置范围PMAX=12.5rad，则发送的数据为： $POS=5.0 / (12.5 - (-12.5)) * (2^{16} - 1) = 13107 = 0x3333$

这部分转换使用到 `uint_to_float()`、`float_to_uint()` 两个转换函数进行转换，该部分具体实现如下所示：

```
C
1  int float_to_uint(float x, float x_min, float x_max, int bits){
2      /// Converts a float to an unsigned int, given range and number of bits ///
3      float span = x_max - x_min;
4      float offset = x_min;
5      return (int) ((x-offset)*((float)((1<<bits)-1))/span);
6  }
7
8  float uint_to_float(int x_int, float x_min, float x_max, int bits){
9      /// converts unsigned int to float, given range and number of bits ///
10     float span = x_max - x_min;
11     float offset = x_min;
12     return ((float)x_int)*span/((float)((1<<bits)-1)) + offset;
13 }
```

2. 控制帧

2.1 MIT模式

ID	数据								DLC
CANId	P_des [15:8]	P_des [7:0]	V_des [11:4]	V_des[3:0] Kp[11:8]	Kp [7:0]	Kd [11:4]	Kd[3:0] T_ff[11:8]	T_ff[7:0]	8

- 帧ID等于设定的CANID
- P_des：位置给定
- V_des：速度给定
- Kp：位置比例系数
- Kd：位置微分系数
- T_ff：转矩给定值

各参数符合 **1. 反馈帧** 中的映射关系，其中P_des,V_des,T_ff的范围可由**写参数**指令进行设定，Kp的范围为[0,500]，Kd的范围为[0,5]。

标准CAN数据一帧只有8个字节，MIT的控制命令格式将Position、Velocity、Kp、Kd、Torque 五个参数按位组合在8个字节中。其中：Position占用2个字节 16 位, Velocity占用12位, Kp占用12位, Kd占用12位, T_ff占用12位。

MIT命令采用浮点数据等比例转换成整数发送到驱动器，驱动器再将接收到的整数等比例转换成浮点数据。

2.2 位置速度模式

ID	数据		DLC
CANId + 0x100	P_des(4 bytes)	V_des(4 bytes)	8

- 帧ID为设定的CANID值加上0x100
- P_des：位置给定，浮点型，低位在前，高位在后
- V_des：速度给定，浮点型，低位在前，高位在后。速度给定是梯形加速度运行下的最高速度，即为匀速段的速度。

2.3 速度模式

ID	数据	DLC
CANId + 0x200	V_des(4 bytes)	4

- 帧ID为设定的CANId值加上0x200
- V_des：速度给定，浮点型，低位在前，高位在后

3. 参数读写

3.1 读取参数

指令下发

ID	数据					DLC
0x7FF	CANId_L	CANId_H	0x33	RID	任意值(4 bytes)	8

RID为寄存器地址,见附录<寄存器列表及范围>。

指令回复

ID	数据					DLC
MstId	CANId_L	CANId_H	0x33	RID	数据(4 bytes)	8

返回的数据低位为Data[4]，最高位为Data[7]，下同。

3.2 写入参数

指令下发

ID	数据					DLC
0x7FF	CANId_L	CANId_H	0x55	RID	数据(4 bytes)	8

RID为寄存器地址,见附录<寄存器列表及范围>。

指令回复

ID	数据					DLC
MstId	CANId_L	CANId_H	0x55	RID	数据(4 bytes)	8

写入数据后立即生效，但无法进行存储，**掉电后丢失**，需要发送存储参数的命令，将修改的参数全部写入flash。

3.3 存储参数

指令下发

ID	数据				DLC
0x7FF	CANId_L	CANId_H	0xAA	0x01	4

指令回复

ID	数据				DLC
MstId	CANId_L	CANId_H	0xAA	0x01	4

发送此命令成功后，所有的参数将全部写入flash，无需逐条保存。

3.4 重置参数

指令下发

ID	数据				DLC
0x7FF	CANId_L	CANId_H	0xAF	0x01	4

指令回复

ID	数据				DLC
MstId	CANId_L	CANId_H	0xAF	0x01	4

发送此命令成功后，所有的参数（除CANId和MstId）将全部恢复默认设置并写入flash。

4. 其他指令

4.1 获取ID

指令下发

ID	数据				DLC
0x7FF	0x55	0x00	0x00	0xAA	4

指令回复

ID	数据				DLC
0x7FF	0x55	CANId	MstId	0xAA	4

4.2 设置ID

ID	数据				DLC
0x7FF	0xAA	CANId	MstId	0x55	4

更改ID后，应立即给电机重新上电，即可应用新ID。

4.3 电机使能

ID	数据								DLC
CANId	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFC	8

上电自检完毕后需发送“使能”命令才可以进行控制。

“使能”帧属于控制帧，帧ID可使用任意控制模式ID；发送成功后，电机将发送反馈帧。

4.4 电机失能

ID	数据								DLC
CANId	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFD	8

失能为电机上电默认状态，此时电机三相端子电压波形相同。

“失能”帧属于控制帧，帧ID同“使能”。

4.5 保存位置零点

ID	数据								DLC
CANId	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFE	8

“保存位置零点”帧属于控制帧，帧ID同上；发送成功后电机驱动器会将当前位置作为零点保存。

4.6 清除错误

ID	数据								DLC
CANId	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFE	8

电机出现过热等错误时，发送“清除”命令可以清除错误。“清除”帧属于控制帧，帧ID同上。

4.7 获取电机反馈

ID	数据					DLC
0x7FF	CANId_L	CANId_H	0xCC		0x00	4

发送成功后，电机驱动器会发送反馈帧。

三、附录

寄存器列表及范围

寄存器地址 (十进制)	变量	描述	读写	范围	数据类型
0	UV_Value	低压保护值	RW	(10.0,3.4E38]	float
2	OT_Value	过温保护值	RW	[80.0,200)	float
3	OC_Value	过流保护值	RW	(0.0,1.0)	float

4	ACC	加速度	RW	(0.0,3.4E38)	float
5	DEC	减速度	RW	[-3.4E38,0.0)	float
6	MAX_SPD	最大速度	RW	(0.0,3.4E38]	float
7	MST_ID	反馈ID	RW	[0,0x7FF]	uint32
8	ESC_ID	接收ID	RW	[0,0x7FF]	uint32
10	CTRL_MODE	控制模式	RW	[1,4]	uint32
13	hw_ver	保留	RO	/	uint32
14	sw_ver	软件版本号	RO	/	uint32
15	SN	保留	RO	/	uint32
16	NPP	电机极对数	RO	/	uint32
17	Rs	电机相电阻	RO	/	float
18	Ls	电机相电感	RO	/	float
19	Flux	电机磁链值	RO	/	float
20	Gr	齿轮减速比	RO	/	float
21	PMAX	位置映射范围	RW	(0.0,3.4E38]	float
22	VMAX	速度映射范围	RW	(0.0,3.4E38]	float
23	TMAX	扭矩映射范围	RW	(0.0,3.4E38]	float
25	KP_ASR	速度环Kp	RW	[0.0,3.4E38]	float
26	KI_ASR	速度环Ki	RW	[0.0,3.4E38]	float
27	KP_APR	位置环Kp	RW	[0.0,3.4E38]	float
28	KI_APR	位置环Ki	RW	[0.0,3.4E38]	float
29	OV_Value	过压保护值	RW	TBD	float
36	sub_ver	子版本号	RO	/	uint32

RW：可读写。

RO：只读。