

机器人串行运动指令详解

机械臂可以通过标配的上位机连接器与上位机通信。通信使用串口，TTL 电平，速率 9600bps，8N1。上位机发送的串行指令固定长度 48 个字节，连接器有 9600 个字节的缓冲区，可以缓存电脑连续发送的 200 个运动和控制指令。如果电脑发送的指令太快，缓冲区满了之后将不再接收新指令，已经进入缓冲区的指令将依次执行，先进先出。机械臂不对接收到的每一条指令回复信息，而是周期性发送 9 个字节的的状态信息给上位机。

上位机发送给机械臂的指令分两类，一类是运动指令，帧头 0xee，帧尾 0xef 为标志；另一类是控制指令，帧头 0xfc，帧尾 0xfd 为标志。下面逐个指令说明。

一、上位机发送给机械臂的串行指令

1、直线插补定位指令

a[0]	a[1]	a[2]	a[3] -a[6]	a[7] -a[10]	a[11] -a[14]	a[15] -a[18]	a[19] -a[22]	a[23] -a[26]	a[27] -a[30]	a[39] -a[42]	a[43] -a[46]	a[47]
0xee	'1'	1	Xt	Yt	Zt	B0	B1	W	PWM	N/A	speed	0xef
帧头	指令 a	指令 b	浮点数 1 mm	浮点数 2 mm	浮点数 3 mm	浮点数 4 度	浮点数 5 度	浮点数 6 度	浮点数 7 1us/步	浮点数 10 0 值	浮点数 11 mm/分	帧尾
a[1], a[2]是指令代码, a[1]用字符值表示; a[31]-a[34]是外部轴 E0 角度值, a[35]-a[38]是外部轴 E1 角度值, 如果不用外部轴则 a[31]-a[34]和 a[35]-a[38]都用 0 值填充; 标 N/A 的值可以都为 0												

直线插补指令使机械臂末端从当前位置沿直线运动到指令数据指定的位置和姿态。注意指令 a[1]用字符值表示。浮点数必须用例程里提供的数据转换函数处理。

Xt、Yt、Zt 是目标点定位坐标，单位是毫米；

B0、B1、W 是 6 轴机械臂的 3 个姿态值，单位为角度；

PWM 是舵机驱动信号，取值范围 500-2500，用以控制舵机手爪的开合；

Speed 是机械臂末端运动速度，单位是毫米/分钟。

a[31]-a[34]是浮点数 8，a[35]-a[38]是浮点数 9，分别表示外部轴 0，1 的角度值，因为表格宽度空间限制没有列到表里，如果不使用外部轴就全用 0 值。

a[2] = 0 或 1 时后面的 PWM 值控制 PWM 通道 1，a[2]为 2、3、4 值分别控制 PWM2、3、4 通道。默认只引出 PWM 通道 1 信号到机械臂末端，PWM234 根据用户需要可扩展。

2、带加减速的直线插补定位指令

a[0]	a[1]	a[2]	a[3] -a[6]	a[7] -a[10]	a[11] -a[14]	a[15] -a[18]	a[19] -a[22]	a[23] -a[26]	a[27] -a[30]	a[39] -a[42]	a[43] -a[46]	a[47]
0xee	'2'	0	Xt	Yt	Zt	B0	B1	W	N/A	a	speed1	0xef
		1							N/A			
		2							speed0			
帧头	指令 a	指令 b	浮点数 1 mm	浮点数 2 mm	浮点数 3 mm	浮点数 4 度	浮点数 5 度	浮点数 6 度	浮点数 7 初速度	浮点数 10 加速度	浮点数 11 末速度	帧尾
a[31]-a[34]是外部轴 E0 角度值, a[35]-a[38]是外部轴 E1 角度值												

a[2] = 0 单加速或单减速运动，表示机械臂从 0 加速到 speed1，或从 speed1 减速到 0，a 为正值时加速，a 为负值时减速；

a[2] = 1 先加速后减速运动，表示机械臂以指定的加速度值从 0 加速到 speed1，然后

以 speed1 匀速运行，到达减速点时从 speed1 减速到 0，a 值可以都取正值；
a[2] = 2 从初速度 speed1 加速到 speed2 的定位运动，a 值可以都取正值。
浮点数 10 表示加速度值 a，取值范围 [-3200, +3200]，单位是 mm/秒²。

3、轴角度插补

a[0]	a[1]	a[2]	a[3] -a[6]	a[7] -a[10]	a[11] -a[14]	a[15] -a[18]	a[19] -a[22]	a[23] -a[26]	a[27] -a[30]	a[39] -a[42]	a[43] -a[46]	a[47]
0xee	'3'	0-6	a0	a1	a2	w0	w1	aw	PWM	N/A	speed	0xef
帧头	指令 a	指令 b	浮点数 1 mm	浮点数 2 mm	浮点数 3 mm	浮点数 4 度	浮点数 5 度	浮点数 6 度	浮点数 7 1us/步	浮点数 10 0	浮点数 11 度/秒	帧尾

a[31]-a[34]是外部轴 E0 角度值，a[35]-a[38]是外部轴 E1 角度值

a[2] 表示启停缓冲控制，0 没有缓冲，1-6 数值越大表示起、停阶段缓冲时间越长。
浮点数 a0、a1、a2、w0、w1、aw 分别表示机械臂的 1 到 6 轴，单位角度；
浮点数 11 表示转速 speed，单位度每秒。
这条指令使机械臂以当前姿态为初始状态，各轴同步插补到指定角度值。

4、三维圆弧插补

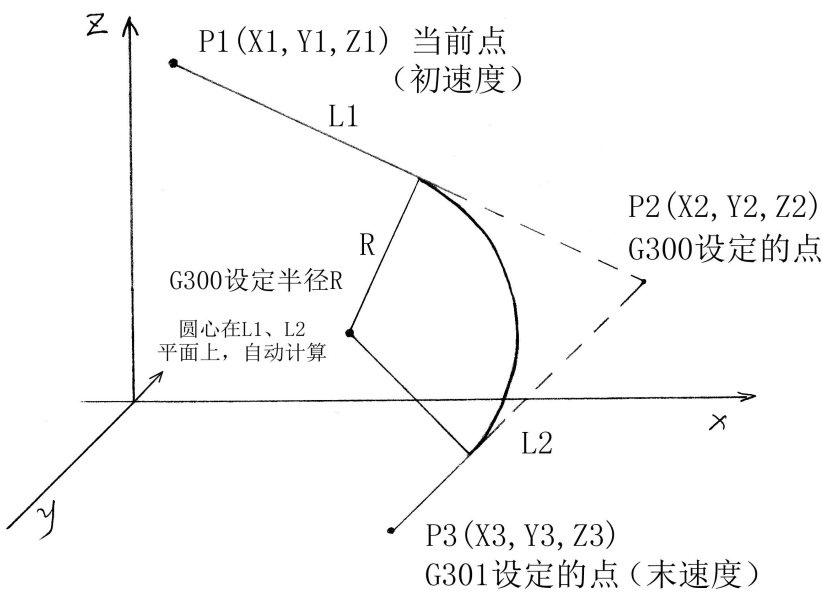
a[0]	a[1]	a[2]	a[3] -a[6]	a[7] -a[10]	a[11] -a[14]	a[15] -a[18]	a[19] -a[22]	a[23] -a[26]	a[27] -a[30]	a[39] -a[42]	a[43] -a[46]	a[47]
0xee	'4'	0 1	Xt	Yt	Zt	B0	B1	W	PWM	R	speed	0xef
帧头	指令 a	指令 b	浮点数 1 mm	浮点数 2 mm	浮点数 3 mm	浮点数 4 度	浮点数 5 度	浮点数 6 度	浮点数 7 1us/步	浮点数 10 mm	浮点数 11 度/秒	帧尾

a[31]-a[34]是外部轴 E0 角度值，a[35]-a[38]是外部轴 E1 角度值

圆弧插补指令需要给机械臂发送 1 个中间点坐标，半径值，一个结束点坐标以及初始速度和结束速度，这些数据分两条指令发送，第一条指令发送后紧跟第二条指令。

a[1] = 4、a[2] = 0 时表示圆弧插补的第一条指令（与 G300 一致），后面的数据是中间点坐标值，圆弧半径值，姿态角和初始速度。

a[1] = 4、a[2] = 1 时表示圆弧插补的第二条指令（与 G301 一致），后面的数据是结束点坐标值，姿态角和末速度。两条指令成对使用。



5、延时指令

a[0]	a[1]	a[2]	a[3] -a[6]	a[7] -a[10]	a[11] -a[14]	a[15] -a[18]	a[19] -a[22]	a[23] -a[26]	a[27] -a[30]	a[39] -a[42]	a[43] -a[46]	a[47]
0xee	'6'	N/A	d_t	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0xef
帧头	指令 a	指令 b	浮点数 1 ms	0	0	0	0	0	0	0	0	帧尾
a[31]-a[34] N/A, a[35]-a[38] N/A												

浮点数 1 表示需要延时的毫秒值。

6、M 代码指令

a[0]	a[1]	a[2]	a[3] -a[6]	a[7] -a[10]	a[11] -a[14]	a[15] -a[18]	a[19] -a[22]	a[23] -a[26]	a[27] -a[30]	a[39] -a[42]	a[43] -a[46]	a[47]
0xee	'7'	N/A	M	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0xef
帧头	指令 a	指令 b	整数值 M 代码	0	0	0	0	0	0	0	0	帧尾
a[31]-a[34] N/A, a[35]-a[38] N/A												

参看机械臂说明书的 M 代码表。

7、机械臂复位控制指令

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]-a[46]	a[47]
0xfc	12	3	N/A	N/A	0xfd
帧头	指令 a	指令 b	0	0	帧尾

8、上位机连接器复位控制指令

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]-a[46]	a[47]
0xfc	12	6	N/A	N/A	0xfd

帧头	指令a	指令b	0	0	帧尾
----	-----	-----	---	---	----

9、设定工作台坐标控制指令

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]–a[6]	a[7]–a[10]	a[11]–a[14]	a[15]–a[46]	a[47]
0xfc	20	1	X0	Y0	Z0	N/A	0xfd
帧头	指令a	指令b	mm	mm	mm	0	帧尾

设定工作台坐标，以机器人坐标的(X0,Y0,Z0)作为工作台坐标的原点，这条指令后面的指令里坐标值都以新设定的工作台坐标为原点计算。

10、运行 SD 卡里存储的 G 代码程序控制指令

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]–a[46]	a[47]
0xfc	30	2	0–15	N/A	0xfd
帧头	指令a	指令b	指令值	0	帧尾

a[3] = 0 时运行示教生成的 G 代码程序；
a[3] = 1 时运行 SD 卡里的 Route_a.txt 文件，a[3] = 2 时运行 Route_b.txt，a[3] = 3 时运行 Route_c.txt，..... a[3] = 15 时运行 Route_o.txt，一一对应。

11、暂停运动控制指令

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]–a[46]	a[47]
0xfc	30	3	2	N/A	0xfd
帧头	指令a	指令b	指令值	0	帧尾

第一次发送这条指令使机械臂暂停运动，处于等待状态，直到第二次发送这条指令，机械臂恢复正常运行状态，继续之前的运动。

12、机械臂的 4 个固定姿态控制指令

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]–a[46]	a[47]
0xfc	30	5	0–3	N/A	0xfd
帧头	指令a	指令b	指令值	0	帧尾

13、模拟摇杆控制指令

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]	a[5]	a[6]	a[7]–a[46]	a[47]
0xfc	30	7	0–5	0–255	N/A	N/A	N/A	0xfd
			100	0–255	0–255	0–255		
帧头	指令a	指令b	指令值1	指令值2	指令值3	指令值4		帧尾

a[3] = 0 到 5 时表示此指令控制机械臂的 1-6 轴转动，a[4]值为 108-148 时 a[3]指定的轴不动作，a[4]值小于 108 时对应轴向角度减小方向运转，值越小运转越快；a[4]值大于 148

时向角度增加方向运动，值越大转动越快。

a[3] = 100 时表示此指令控制机械臂做直线运动，a[4]值控制 X 轴方向的变化，a[5]值控制 Y 轴方向的变化，a[6]值控制 Z 轴方向的变化，a[4]、a[5]、a[6]取值在 128±20 范围内时机械臂不动作，小于 108 时向对应坐标值减小的方向运动，大于 148 时向坐标值增加方向运动。

14、结构模式 0 控制指令

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]–a[46]	a[47]
0xfc	30	9	0	N/A	0xfd
帧头	指令 a	指令 b	指令值	0	帧尾

15、结构模式 1 控制指令

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]–a[46]	a[47]
0xfc	30	9	9	N/A	0xfd
帧头	指令 a	指令 b	指令值	0	帧尾

二、机械臂发送给上位机的状态信息

机械臂每 30ms 发送一个状态信息，共 9 条信息依次轮流发送。机械臂不应答每一条收到的指令。用户可以忽略不关心的状态信息。

1、坐标值

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]	a[5]	a[6]	a[7]	a[8]
0xce	x_h	x_l	y_h	y_l	z_h	z_l	0	0xcf
帧头	d0	d1	d2	d3	d4	d5	指令标志	帧尾

x_h 是 X 坐标高 8 位，x_l 是低 8 位，合成 16 位整数。Y、Z 坐标相同。坐标值除以 10 获得实际值。

2、轴角度值 1

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]	a[5]	a[6]	a[7]	a[8]
0xce	a0_h	a0_l	a1_h	a1_l	a2_h	a2_l	1	0xcf
帧头	d0	d1	d2	d3	d4	d5	指令标志	帧尾

a0_h 是 a0 轴角度高 8 位，a0_l 是低 8 位，合成 16 位整数。a1、a2 相同。轴角度值除以 100 获得实际值。

3、轴角度值 2

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]	a[5]	a[6]	a[7]	a[8]
0xce	b0_h	b0_l	b1_h	b1_l	aw_h	aw_l	2	0xcf
帧头	d0	d1	d2	d3	d4	d5	指令标志	帧尾

4、工作台坐标

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]	a[5]	a[6]	a[7]	a[8]
0xce	wk_X0_h	wk_X0_l	wk_Y0_h	wk_Y0_l	wk_Z0_h	wk_Z0_l	3	0xcf
帧头	d0	d1	d2	d3	d4	d5	指令标志	帧尾

5、状态信息 1

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]	a[5]	a[6]	a[7]	a[8]
0xce	N/A	暂停状态	N/A	N/A	PWM_h	PWM_l	4	0xcf
帧头	d0	d1	d2	d3	d4	d5	指令标志	帧尾

6、状态信息 2

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]	a[5]	a[6]	a[7]	a[8]
0xce	w0_h	w0_l	w1_h	w1_l	N/A	N/A	5	0xcf
帧头	d0	d1	d2	d3	d4	d5	指令标志	帧尾

7、状态信息 3

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]	a[5]	a[6]	a[7]	a[8]
0xce	文件长度，4 字节浮点数				N/A	N/A	100	0xcf
帧头	d0	d1	d2	d3	d4	d5	指令标志	帧尾

8、状态信息 4

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]	a[5]	a[6]	a[7]	a[8]
0xce	文件状态		N/A	N/A	N/A	N/A	102	0xcf
帧头	d0	d1	d2	d3	d4	d5	指令标志	帧尾

9、状态信息 5

a[0]	a[1]	a[2]	a[3]	a[4]	a[5]	a[6]	a[7]	a[8]
0xce	运行位置，4 字节浮点数				N/A	N/A	103	0xcf
帧头	d0	d1	d2	d3	d4	d5	指令标志	帧尾

以上串行通信指令请参考我们提供的 C++Builder6 工程项目源代码，与上位机软件一同分析就很容易了解了。如果文档里有错误，或与上位机软件里不相符，以上位机软件为准，上位机软件是运行调试过的。