HP 系列舵机 CAN 总线通信协议 V1.00

CANOpen　Drone CAN　ARINC 825

HP 系列舵机 CANOpen 通信协议
HP 系列舵机 Drone CAN 通信协议
基于 ARINC 825 通信协议

总体说明

适用范围

本说明书汇总了三个协议部分所述舵机及作动器接口使用的 CANOpen、Drone CAN 和 ARINC 825 通信规范，将原有协议说明、命令定义、数据格式、参数信息及相关图示编为一份参考说明书。

说明书结构

第一部分为 HP 系列舵机 CANOpen 通信协议，包含标准帧和拓展帧的默认设置、命令说明、错误代码、CAN 总线接线图及通信端口升级信息。

第二部分为 HP 系列舵机 Drone CAN 通信协议，包含支持的接口、状态上报、参数访问、ESC 及 ACT 控制、动态节点分配和固件更新信息。

第三部分为基于 ARINC 825 通信协议，版本为 1.3，包含 CAN 标识符格式、作动器功能、命令与应答定义以及 CAN 标识符代码示例。

各协议部分的使用方法

请根据产品配备的通信接口选择相应协议部分，并使用该部分规定的标识符、数据长度、字节序、数值定义及运行要求。三个协议部分分别采用各自的命令与参数定义。

目录

总体说明.....2
适用范围.....2
说明书结构.....2
各协议部分的使用方法.....2
第一部分 CANopen 通信协议.....6
1 默认值.....7
2 命令说明.....7
2.1 启动上报.....7
2.2 停止上报.....7
2.3 自动上报格式.....7
2.4 准备操作.....7
2.5 复位.....8
2.6 通信复位.....8
2.7 低压报警上报格式.....8
2.8 过流报警上报格式.....8
2.9 过温报警上报格式.....8
2.10 上报间隔设置命令.....9
2.11 读取上报间隔命令.....9
2.12 波特率设置命令.....9
2.13 读取波特率命令.....9
2.14 节点号设置命令.....10
2.15 读节点号.....10
2.16 位置设置命令（此命令下位机无需应答）.....10
2.17 读取位置.....10
2.18 设置中点命令.....11
2.19 读取中点命令.....11
2.20 保存命令.....11
2.21 读取状态.....11
2.22 设置功能使能.....12
2.22.1 位置反向功能.....12
2.22.2 反转功能.....13
2.22.3 电流限制功能.....13
2.22.4 温度限制功能.....13
2.22.5 电流报警功能.....13
2.22.6 温度报警功能.....13
2.23 设置舵机使能字节.....13
2.23.1 读取使能命令.....13
2.23.2 写使能命令.....14
2.23.3 设置优先级等待时间.....14
2.23.4 读优先级等待时间.....14
2.24 设置运动范围.....14
2.24.1 设置负向运动范围命令.....15
2.24.2 设置正向运动范围命令.....15
2.25 读取运动范围.....15
2.25.1 读取负向运动范围命令.....15
2.25.2 读取正向运动范围命令.....15
2.26 自检范围低设置命令.....16
2.27 读取自检范围低命令.....16

2.28 自检范围高设置命令.....16
2.29 读取自检范围高命令.....16
2.30 中点电压设置命令.....17
2.31 读取中点电压命令.....17
2.32 角度比例设置命令.....17
2.33 读取角度比例命令.....17
2.34 工作时间清零命令.....18
2.35 读取工作时间命令.....18
2.36 中点次数清零命令.....18
2.37 读取中点次数命令.....18
2.38 上电次数清零命令.....19
2.39 读取上电次数命令.....19
2.40 温度比例设置命令.....19
2.41 读取温度比例命令.....19
2.42 电流比例设置命令.....20
2.43 读取电流比例命令.....20
2.44 卸力输出命令.....20
2.45 守护功能.....20
2.45.1 读取、设置守护使能.....20
2.45.2 读取守护间隔.....21
2.45.3 设置守护间隔.....21
2.45.4 读取守护位置.....22
2.45.5 设置守护位置.....22
2.45.6 上位机发送守护命令格式.....22
2.46 读取角度 ADC 电压值命令.....22
2.47 读取状态数据命令.....23
2.48 恢复出厂配置.....23
2.49 读取软件版本.....23
2.50 读取硬件版本.....23
2.51 读写失败回复.....24
附录 1：错误代码及其描述.....24
附录 2：CAN 总线接线示意图.....25
附录 3：通讯端口升级.....25
第二部分 Drone CAN 通信协议.....26
1、 DroneCAN 接口支持.....27
1.1 节点状态上报.....27
1.2 ACT 状态上报.....27
1.3 ESC 状态上报.....27
1.4 读取舵机信息.....27
1.5 参数读写.....27
1.6 ESC 控制.....27
1.7 ACT 控制.....27
1.8 特定操作.....28
1.9 DNA 支持.....28
1.10 固件更新支持.....28
第三部分 ARINC 825 通信协议.....29
1 简介.....30
2 CAN 协议.....30
2.1 位速率.....30
2.2 字节序.....31
2.3 通用 ARINC 825 29 位 CAN 标识符结构.....31
2.4 ARINC825 CAN ID 格式.....32

3 作动器功能.....33
3.1 [V1.3] 作动器堵转检测与保护.....33
4 CAN 命令.....34
4.1 设置 / 写入功能.....34
4.1.1 设置位置命令.....34
4.1.2 设置扭矩命令.....35
4.1.3 设置速度命令.....35
4.1.4 设置参数.....37
4.1.5 设置用户自定义数据.....38
4.2 读取功能.....38
4.2.1 读取位置命令.....38
4.2.2 读取扭矩命令.....38
4.2.3 读取速度命令.....39
4.2.4 读取参数.....39
4.2.5 [V1.3] 读取固件版本.....40
4.2.6 读取用户自定义数据.....40
5 代码示例.....40
5.1 通过 C 宏生成 CAN ID.....40

第一部分 CANopen 通信协议

HP 系列舵机 CANopen 通信协议

历史版本			
版本号	日期	作者	修订内容
V1.00	2026	Alan	初始版本

1 默认值

1.1.标准帧：

节点号：0x25（范围 1~127，0 是广播）

标准帧：波特率：500k bps

通信：CANOpen 的标准帧格式-CAN2.0B

1.2 拓展帧：

Version CAN2.0B

CAN_SJW CAN_SJW_1tq

CAN_BS1 CAN_BS1_4tq

CAN_BS2 CAN_BS2_1tq

ID 29bit(拓展帧)

Baud 500Kbps（默认）

2 命令说明

2.1 启动上报

ID	长度	字节 1	字节 2
0x 00 00 00 00 +NodeID	2	01	00

开始上报说明启动成功。

2.2 停止上报

ID	长度	字节 1	字节 2
0x 00 00 00 00 +NodeID	2	02	00

停止上报说明停止成功。

2.3 自动上报格式

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4
0x 00 00 05 80 +NodeID	4	Low	High	00	00

（High，Low 定义与下文中位置设置命令中定义相同）

2.4 准备操作

ID	长度	字节 1	字节 2
0x 00 00 00 00 +NodeID	2	80	00

准备进入操作状态

2.5 复位

ID	长度	字节 1	字节 2
0x 00 00 00 00 +NodeID	2	81	00

进行系统复位

2.6 通信复位

ID	长度	字节 1	字节 2
0x 00 00 00 00 +NodeID	2	82	00

进行通信复位

2.7 低压报警上报格式

当上位机一旦收到如下命令时，就表示系统供电电压过低（此电压一般为舵机额定工作电压的 70%），此时舵机会失去运转扭力。当上位机再无收到如下命令时表示有两种可能：1、系统电压恢复正常；2、系统电压过低，舵机无法工作。这两种情况可以通过上位机与舵机的通信是否正常来判断。低压报警与主动上报无关，触发低压一直上报,立即上报，后续间隔 10 秒上报一次，报警消失则不再上报。（此上报命令默认关闭，用户可以通过功能使能设置命令打开）

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4
0x 00 00 03 80 +NodeID	4	0x0A	0x02	00	00

2.8 过流报警上报格式

当上位机一旦收到如下命令时，就表示系统电流达到电流限制设定值（此电流可以让使用者自行设置，建议使用出厂电流限制设定值），此时舵机电流会限制到设定值。当上位机再无收到如下命令时表示：系统电流低于电流限制设定值。这种情况可以通过上位机与舵机的通信是否正常来判断。过流报警与主动上报无关，首次触发立即上报，后续间隔 10 秒上报一次，报警消失则不再上报。（此上报命令默认开启，用户可以通过功能使能设置命令关闭）

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4
0x 00 00 03 80 +NodeID	4	0x0A	0x03	00	00

2.9 过温报警上报格式

当上位机一旦收到如下命令时，就表示系统温度达到温度限制设定值（此温度一般为使用者自行设置，建议设定值为 100℃），此时舵机温度会限制到设定值。当上位机再无收到如下命令时表示：系统温度低于温度限制设定值。这种情况可以通过上位机与舵机的通信是否正常来判断。过温度报警与主动上报无关，首次触发立即上报，后续间隔 10 秒上报一次，报警消失则不再上报。（此上报命令默认开启，用户可以通过功能使能设置命令关闭）

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4
0x 00 00 03 80 +NodeID	4	0x0A	0x04	00	00

2.10 上报间隔设置命令

上报间隔默认为 50ms。使用设置命令，可将间隔设置为 10~255ms。

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	00	22	00	X	00	00	00

X 为上报间隔设置字节。例如，0x32 对应 50ms，0x64 对应 100ms, 0x0A 对应 10ms。

收到如下回复说明设置成功：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	00	22	00	00	00	00	00

设置成功后，间隔变更立刻生效。如果变更没有使用保存命令保存，重启后变更将丢失。

2.11 读取上报间隔命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	00	22	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	00	22	00	X	00	00	00

2.12 波特率设置命令

波特率默认为 500K。使用设置命令可以将波特率设置为对照表中的可选值。

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	01	30	00	X	00	00	00

X 为波特率设置字节，波特率设置对照表如下：

X	00	01	02	03	04	05	06	07
波特率	20K	50K	100K	125K	250K	500K	800K	1000K

收到如下回复说明设置成功：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	01	30	00	00	00	00	00

波特率变更必须使用保存命令保存，并且重启后才生效。

2.13 读取波特率命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	01	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80	8	4F	01	30	00	X	00	00	00

+NodeID									

X 表示波特率。

2.14节点号设置命令

节点号默认为 0x25。

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	00	30	00	X	00	00	00

X 为新的节点号。

收到如下回复说明设置成功：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	00	30	00	00	00	00	00

节点号变更必须使用保存命令保存，并且重启后才生效。

2.15读节点号

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	00	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4F	00	30	00	X	00	00	00

X 表示节点号。

2.16位置设置命令（此命令下位机无需应答）

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	03	60	00	Low	High	00	00

可设置的位置数据精度 0.1°，范围-100°~+100°，负值用补码表示，如下：

位置	-100°	-50°	-10.9°	-0.8°	0°	0.8°	10.9°	50°	100°
High	0xFC	0xFE	0xFF	0xFF	0x00	0x00	0x00	0x01	0x03
Low	0x18	0x0C	0x93	0xF8	0x00	0x08	0x6D	0xF4	0xE8

2.17读取位置

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	02	60	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80	8	4B	02	60	00	Low	High	00	00

+NodeID									

读取位置与位置设置 High，Low 字节定义相同。

2.18 设置中点命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	09	30	00	00	00	00	00

设置中点命令用于将当前位置设置为中点，此命令用于微调中点，并且限制在±20°范围之内；比如要将 5°的位置设置为中点，则先发送设置 5°位置命令，然后发送设置中点命令，即可以将 5°的位置设置为中点。

收到如下回复说明设置成功：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	09	30	00	00	00	00	00

中点设置成功后，立刻生效。如果没有使用保存命令保存，重启后中点将回到原先位置。

2.19 读取中点命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	09	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	09	30	00	Low	High	00	00

读取中点位置与位置设置 High，Low 字节定义相同。

2.20 保存命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	10	10	01	73	61	76	65

此命令用于保存节点号、波特率等等。（此命令下位机无需应答）

2.21 读取状态

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	05	60	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	43	05	60	00	X1	X2	X3	00

X1X2 表示工作电流（精度±5%，或者 0.01A），单位 10mA，例如：

X2	0x00	0x00	0x00	0x01	0x01
X1	0x32	0x4B	0x64	0x00	0xF4
电流	0.50A	0.75A	1.00A	2.56A	5.00A

X3 表示工作温度（温度范围-40~+120℃，精度±2℃），用补码表示，例如：

X3	0xD8	0xF6	0x00	0x19	0x78
温度	-40℃	-10℃	0℃	25℃	120℃

2.22设置功能使能

此命令用于设置系统中特定功能是否允许，首先需要读取使能字节的数据，然后只对相应位进行改写操作，实现相应的功能允许（其它位保持不变）。默认状态“1”表示允许，“0”表示不允许；

读取使能命令如下：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	0F	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	0F	30	00	X1	X2	00	00

X1,X2 表示回读的使能字节，每位表示功能如下：

位	7	6	5	4	3	2	1	0
功能(X1)	上电次数	位置反向	低压报警	电流采样	上电自检	位置响应	中点次数	工作时间
位	15	14	13	12	11	10	9	8
功能(X2)	X	温度保护(预留）	电流保护(预留）	温度报警	电流报警	温度限制	电流限制	反转

X：表示保留位，用户对此进行改写会导致舵机功能异常；

改写使能命令如下：X1，X2 是用户写入数据

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	0F	30	00	X1	X2	00	00

回复以下命令表示改写成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	0F	30	00	00	00	00	00

改写功能使能成功后，立刻生效。如果没有使用保存命令保存，重启后将返回到原先状态。

2. 22. 1 位置反向功能

此功能通过功能使能设置中的“位置反向”位来实现，当“位置反向”位的值为“0”时，读取位置命令返回的位置是正向的，当“位置反向”位的值为“1”时，读取位

置命令返回的值是负向；比如当前位置为 50°，如果功能使能中的“位置反向”位的值为“0”，则读取位置命令返回位置为“50°”；如果功能使能中的“位置反向”位的值为“1”，则读取位置命令返回的位置为“-50°”。

2.22.2 反转功能

此功能通过功能使能设置中的“反转”位来实现，当“反转”位的值为“0”时，舵机运转方向位默认方向，当“反转”位设置为“1”时，舵机运转方向与默认方向相反，同步得到的位置指令相反。

2.22.3 电流限制功能

此功能通过功能使能设置中的“电流限制”位来实现，当“电流限制”位的值为“0”时，固件不限制舵机的工作电流，当“电流限制”位设置为“1”时，固件将限制舵机的工作电流上限（同时舵机的扭力输出也有所限制）。使用设置电流上限功能可以修改电流上限。

2.22.4 温度限制功能

此功能通过功能使能设置中的“温度限制”位来实现，当“温度限制”位的值为“0”时，固件不限制舵机的工作温度，当“温度限制”位设置为“1”时，固件将限制舵机的工作温度上限（同时舵机的扭力输出也有所限制）。使用设置温度上限功能可以修改温度上限。

2.22.5 电流报警功能

此功能通过功能使能设置中的“电流报警”位来实现，当“电流报警”位的值为“0”时，关闭电流报警功能；当“电流报警”位设置为“1”时，开启电流报警功能。当电流达到电流限制值时会触发电流报警。

2.22.6 温度报警功能

此功能通过功能使能设置中的“温度报警”位来实现，当“温度报警”位的值为“0”时，关闭温度报警功能；当“温度报警”位设置为“1”时，开启温度报警功能。当温度达到温度限制值时会触发温度报警。

2.23设置舵机使能字节

此命令用于系统中某些位是否允许，首先需要读取使能字节的数据，然后只对相应位进行改写操作，实现相应的功能允许（其它位保持不变）。默认状态“1”表示允许，“0”表示不允许；

2.23.1 读取使能命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	11	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4F	11	30	00	X	00	00	00

回读的使能字节，每位表示功能如下：

位	7	6	5	4	3	2	1	0

功能	反相舵机	X	485 优先级	CAN 优先级	PWM 优先级

反相舵机：此功能效果等同反转。

X：表示保留位，用户对此进行改写会导致舵机功能异常；

优先级：0=高优先级、1=中优先级、2=低优先级、3=保留。

当较高优先级通信丢失时间达到设定的等待时间，且较低优先级通信正常，这时控制则切换到较低优先级通信。

如果较高优先级建立通信，则不考虑较低优先级直接切换到较高优先级通信控制。

优先级仅对控制命令有效不影响非控制命令如配置、升级等等。

2.23.2 写使能命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	11	30	00	X	00	00	00

回复以下命令表示改写成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	11	30	00	00	00	00	00

改写功能使能成功后，立刻生效。如果没有使用保存命令保存，重启后将返回到原先状态。

2.23.3 设置优先级等待时间

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	12	30	00	X	00	00	00

X 即不同优先级切换等待的时间 1~250，单位 4ms，即 4ms~1000ms。

回复以下命令表示设置成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	12	30	00	00	00	00	00

改写功能使能成功后，立刻生效。如果没有使用保存命令保存，重启后将返回到原先状态。

2.23.4 读优先级等待时间

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	12	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4F	12	30	00	X	00	00	00

2.24 设置运动范围

此功能通过设置舵机运动的范围，设置的运动范围限值在±100°之内（正向范围：

0~+100°，负向范围：0~-100°，出厂默认此范围为±100°）。当设置范围命令发送成功后，需要发送保存命令，重启后设置的运动范围有效。当运动范围设置成功后，发送的位置指令超过舵机的运动范围时，舵机不运动只返回错误代码响应。运动范围有正负，相应设置命令描述如下：

2.24.1 设置负向运动范围命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	0A	30	00	Low	High	00	00

High，Low 字节定义与位置设置命令部分相同。

回复以下命令表示设置成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	0A	30	00	00	00	00	00

2.24.2 设置正向运动范围命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	0B	30	00	Low	High	00	00

High，Low 字节定义与位置设置命令部分相同。

回复以下命令表示设置成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	0B	30	00	00	00	00	00

2.25读取运动范围

此功能可以读取当前舵机的运动范围。命令描述如下：

2.25.1 读取负向运动范围命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	0A	30	00	00	00	00	00

回复以下命令表示读取成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	0A	30	00	Low	High	00	00

High，Low 字节定义与位置设置命令部分相同。

2.25.2 读取正向运动范围命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	0B	30	00	00	00	00	00

回复以下命令表示读取成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	0B	30	00	Low	High	00	00

High，Low 字节定义与位置设置命令部分相同。

2.26 自检范围低设置命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	0C	30	00	Low	High	00	00

High，Low 字节定义与位置设置命令部分相同。单位：0.1 度。

回复以下命令表示设置成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	0C	30	00	00	00	00	00

当设置命令成功后，需要发送保存命令，重启后设置的自检范围有效。

2.27 读取自检范围低命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	0C	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	0C	30	00	Low	High	00	00

High，Low 字节定义与位置设置命令部分相同。单位：0.1 度。

2.28 自检范围高设置命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	0D	30	00	Low	High	00	00

High，Low 字节定义与位置设置命令部分相同。单位：0.1 度。

回复以下命令表示设置成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	0D	30	00	00	00	00	00

当设置命令成功后，需要发送保存命令，重启后设置的自检范围有效。

2.29 读取自检范围高命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00	8	40	0D	30	00	00	00	00	00

+NodeID									

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	0D	30	00	Low	High	00	00

High，Low 字节定义与位置设置命令部分相同。单位：0.1 度。

2.30 中点电压设置命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	02	30	00	Low	High	00	00

写入的是中点电压 ADC 值。Low 表示低字节，High 表示高字节。

回复以下命令表示设置成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	02	30	00	00	00	00	00

当设置命令成功后，需要发送保存命令，重启后设置的中点电压有效。

2.31 读取中点电压命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	02	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	02	30	00	Low	High	00	00

读取的是中点电压 ADC 值。Low 表示低字节，High 表示高字节。

2.32 角度比例设置命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	03	30	00	Low	High	00	00

Low 表示低字节，High 表示高字节。

回复以下命令表示设置成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	03	30	00	00	00	00	00

当设置命令成功后，需要发送保存命令，重启后设置的角度比例有效。

2.33 读取角度比例命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	03	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	03	30	00	Low	High	00	00

Low 表示低字节，High 表示高字节。

2.34 工作时间清零命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	04	30	00	00	00	00	00

回复以下命令表示设置成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	04	30	00	00	00	00	00

2.35 读取工作时间命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	04	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	43	04	30	00	X1	X2	X3	X4

X1 表示低字节，低字节在前，高字节在后。单位 10min。

2.36 中点次数清零命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	05	30	00	00	00	00	00

回复以下命令表示设置成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	05	30	00	00	00	00	00

2.37 读取中点次数命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	05	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	05	30	00	Low	High	00	00

Low 表示低字节，High 表示高字节。

2.38 上电次数清零命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	06	30	00	00	00	00	00

回复以下命令表示设置成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	06	30	00	00	00	00	00

2.39 读取上电次数命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	06	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	43	06	30	00	X1	X2	X3	X4

X1 表示低字节，低字节在前，高字节在后。

2.40 温度比例设置命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	07	30	00	X	00	00	00

X 表示温度比例，公式：|(工作温度-X) | < 20。工作温度可在 2.19 处读取。

回复以下命令表示设置成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	07	30	00	00	00	00	00

当设置命令成功后，需要发送保存命令，重启后设置的温度比例有效。

2.41 读取温度比例命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	07	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4F	07	30	00	X	00	00	00

X 表示温度比例。

2.42 电流比例设置命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	08	30	00	Low	High	00	00

Low 表示低字节，High 表示高字节。

回复以下命令表示设置成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	08	30	00	00	00	00	00

当设置命令成功后，需要发送保存命令，重启后设置的电流比例有效。

2.43 读取电流比例命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	08	30	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	08	30	00	Low	High	00	00

Low 表示低字节，High 表示高字节。

2.44 卸力输出命令

当发送这条命令后，舵机输出扭力为 0，此时如果再次发送位置命令，则舵机立即运动到相应的位置；

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	10	30	00	00	00	00	00

回复以下命令表示操作成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	10	30	00	00	00	00	00

2.45 守护功能

守护功能是用来判断上位机与舵机之间通讯是否正常的功能。其工作原理是上位机固定时间发送请求命令，舵机在设定时间内检测到命令就认为通讯正常，当在设定时间内没有检测到正确的命令就认为通讯异常，并且运动到事先指定的位置。当守护使能设置为“0”时，表示守护功能没有启用。（上电默认守护使能为“0”，表示守护功能没有启用）

2.45.1 读取、设置守护使能

此命令用于设置系统中特定功能是否允许，首先需要读取使能字节的数据，然后只对相应位进行改写操作，实现相应的功能允许（其它位保持不变）。默认状态“1”表示允许，

“0”表示不允许；

读取使能命令如下

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	0F	30	00	00	00	00	00

回复以下命令表示操作成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	0C	10	00	X1	X2	X3	00

X1,X2,X3 表示回读的使能字节，X1,X2 表示功能可以查看设置功能使能，X3 表示功能如下：

位	7	6	5	4	3	2	1	0
功能 (X1)	X	X	X	X	X	X	X	守护使能

X：表示保留位，用户对此进行改写会导致舵机功能异常

改写使能命令如下：X1，X2 , X3 是用户写入数据

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	0F	30	00	X1	X2	X3	00

回复以下命令表示改写成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	0F	30	00	00	00	00	00

改写功能使能成功后，立刻生效。如果没有使用保存命令保存，重启后将返回到原先状态。

2.45.2 读取守护间隔

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	0C	10	00	00	00	00	00

回复以下命令表示操作成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	0C	10	00	Low	High	00	00

守护时间以 High，Low 两字节表示，单位 ms，范围 100ms--5000ms。

2.45.3 设置守护间隔

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00	8	22	0C	10	00	Low	High	00	00

+NodeID									

Low，High 与读取守护间隔定义相同。

回复以下命令表示操作成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	0C	10	00	00	00	00	00

2.45.4 读取守护位置

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	21	30	00	00	00	00	00

回复以下命令表示操作成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	21	30	00	Low	High	00	00

守护位置中 Low,High 字节定义与 2.8 中设置位置定义相同。

2.45.5 设置守护位置

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	21	30	00	Low	High	00	00

回复以下命令表示操作成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	21	30	00	00	00	00	00

2.45.6 上位机发送守护命令格式

ID	长度
0x 00 00 07 00 +NodeID	此命令不携带数据，必须以远程帧格式发送

舵机回复以下命令表示通讯正常

ID	长度	字节 1
0x 00 00 07 00 +NodeID	1	X

“X”是舵机回复的数据，“X”的最高位在“0”和“1”之间交替变化；

2.46读取角度 ADC 电压值命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	04	60	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	04	60	00	Low	High	00	00

读取的是 ADC 采样原始值。Low 表示低字节，High 表示高字节。

2.47 读取状态数据命令

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	01	60	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	4B	01	60	00	S0	S1	00	00

S0 表示低字节，S1 表示高字节。仅供调试时使用。

2.48 恢复出厂配置

此功能通过上位机发送命令使舵机配置数据恢复到出厂默认值。

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	22	11	10	01	6C	6F	61	64

回复以下命令表示操作成功

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	60	11	10	01	00	00	00	00

2.49 读取软件版本

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	0B	10	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	43	0B	10	00	X1	X2	X3	X4

X1X2X3X4 即软件版本字符串

2.50 读取硬件版本

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 06 00 +NodeID	8	40	0A	10	00	00	00	00	00

回复：

ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	43	0A	10	00	X1	X2	X3	X4

X1X2X3X4 即硬件件版本字符串

2.51读写失败回复

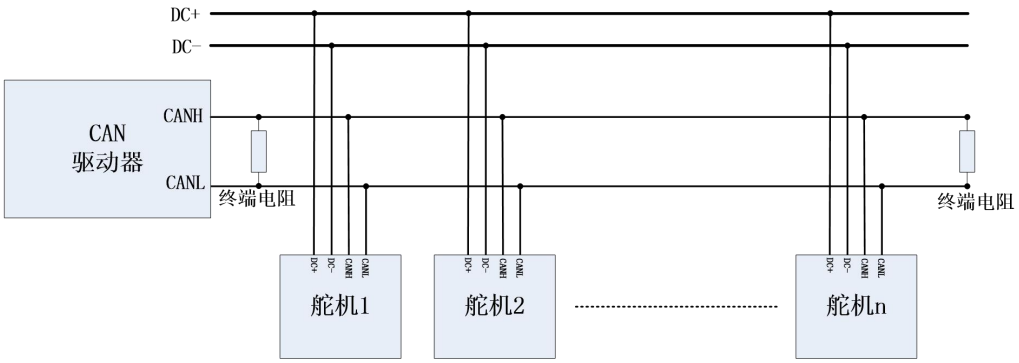
ID	长度	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7	字节 8
0x 00 00 05 80 +NodeID	8	80	同读写 Index			错误代码			

附录 1：错误代码及其描述

错误代码	错误描述
0503 0000	不交替切换位
0504 0000	SDO 协议超时
0504 0001	客户端/服务器命令说明符无效或未知
0504 0002	块大小无效（仅限块模式）
0504 0003	序列号无效（仅限块模式）
0504 0004	CRC 错误（仅限块模式）
0504 0005	内存不足
0601 0000	不支持对对象的访问
0601 0001	尝试读取只写对象
0601 0002	尝试写入只读对象
0602 0000	对象字典中不存在对象
0604 0041	对象无法映射到 PDO
0604 0042	要映射的对象的数量和长度超过 PDO 长度
0604 0043	一般参数不兼容原因
0604 0047	设备内部一般不兼容
0606 0000	由于硬件错误，访问失败
0607 0010	数据类型不匹配，服务长度参数不匹配
0607 0012	数据类型不匹配，服务长度参数太高
0607 0013	数据类型不匹配，服务长度参数太低
0609 0011	子索引不存在
0609 0030	子索引不存在超出参数的值范围（仅用于写访问）
0609 0031	参数值写得太高
0609 0032	写入的参数值太低
0609 0036	最大值小于最小值
0800 0000	一般性错误
0800 0020	无法将数据传输或存储到应用程序
0800 0021	由于本地控制，数据无法传输或存储到应用程序
0800 0022	由于当前设备状态，无法将数据传输或存储到应用程序
0800 0023	对象字典动态生成失败或不存在对象字典

附录 2：CAN 总线接线示意图

CAN总线接线示意图



1. 终端电阻在总线两端分别连接一个，阻值120欧姆；
2. 从总线上到舵机之间的连线尽可能短；
3. 总线的波特率与总线上舵机数量，从总线到舵机连线长度有关；

附录 3：通讯端口升级

具体请参考《通讯端口升级软件说明》。

第二部分 Drone CAN 通信协议

HP 系列舵机 Drone CAN 通信协议

文档修订记录			
版本号	日期	作者	修订内容
V1.00	2026-08-25	Alan	创建；

HP 系列舵机 Drone CAN 接口 V1.00

1、 DroneCAN 接口支持

1.1 节点状态上报

接口 ID：UAVCAN_PROTOCOL_NODESTATUS_ID

接口对象：uavcan_protocol_NodeStatus

1.2 ACT 状态上报

接口 ID：UAVCAN_EQUIPMENT_ACTUATOR_STATUS_ID

接口对象：uavcan_equipment_actuator_Status

字段说明：

Position：当前舵机位置，范围为-1 至 1，映射至-100°至 100°

1.3 ESC 状态上报

接口 ID：UAVCAN_EQUIPMENT_ESC_STATUS_ID

接口对象：uavcan_equipment_esc_Status

字段说明：

Rpm：当前舵机位置，范围为 0 至 8191，映射至-100°至 100°

1.4 读取舵机信息

接口 ID：UAVCAN_PROTOCOL_GETNODEINFO_ID

接口对象：uavcan_protocol_GetNodeInfoResponse

1.5 参数读写

接口 ID：UAVCAN_PROTOCOL_PARAM_GETSET_ID

接口对象：参数列表

索引	参数	范围	默认值	
0	can_baud	0~8	8	0~8:10k,20k,50k,100k, 125k,250k,500k,800k,1M
1	pwm_channel	0~19/0~255	0	ESC 的索引或 ACT 的 ID
2	control_type	0、1	0	0：ESC 数据，1：ACT 数组
3	set_to_zero	1		将当前位置设置为中点
4	SetLimt_Low	-1000~1000	-1000	单位为 0.1°
5	SetLimit_High	-1000~1000	1000	单位为 0.1°
6	Set_isCCW	0、1	1	0：顺时针；1：逆时针
7	node_ID	1~127	-	默认动态分配

1.6 ESC 控制

接口 ID：UAVCAN_EQUIPMENT_ESC_RAWCOMMAND_ID

接口对象：uavcan_equipment_esc_RawCommand

执行操作：

输入值 0 至 8191 映射至-100°至 100°范围。超出映射范围的命令将被忽略。

1.7 ACT 控制

接口 ID：UAVCAN_EQUIPMENT_ACTUATOR_ARRAYCOMMAND_ID

接口对象：uavcan_equipment_actuator_ArrayCommand

执行操作：

当 command_type 为 UNITLESS 时：

输入值-1.0 至 1.0 映射至-100°至 100°范围。超出映射范围的命令将被忽略。

当 command_type 为 PWM 时：

输入值 500 至 2500 映射至-100°至 100°范围。超出映射范围的命令将被忽略。

1.8 特定操作

接口 ID：UAVCAN_PROTOCOL_PARAM_EXECUTEOPCODE_ID

接口对象：uavcan_protocol_param_ExecuteOpcodeRequest

1.9 DNA 支持

提供 12 字节唯一 ID 和 64 位微秒计时器，以支持自动地址分配。

1.10 固件更新支持

内置 Bootloader 支持固件更新。固件更新使用 CAN 标准帧，而 UAVCAN 使用 CAN 扩展帧，因此两者不会冲突。

更新软件：（Xmain）可在 Win7 及更高版本系统上运行。

第三部分 ARINC 825 通信协议

基于 ARINC 825

版本	日期	编制人 / 修订人	备注
1.0	21.10.2025		初始版本
1.1	26.10.2025		新增读取功能，修正文字错误
1.2	26.10.2025		补充设置位置命令应答的详细数值信息
1.3	08.09.2026		补充堵转处理说明。新增文字内容以[V1.3]标记

修订记录：

[V1.3]:

- 新增作动器功能章节——作动器堵转检测与保护
- 规定作动器发送应答报文的时间要求
- 新增设置参数，用于将舵机中心位置复位至内部零位
- 在作动器读取功能中新增<读取固件版本>

1 简介

ARINC825 标准——ARINC 规范 825《机载 CAN（控制器局域网）总线协议通用标准化》由航空电子工程委员会（AEEC）编制，并于 2007 年由 ARINC 发布。ARINC 此后发布了后续修订版本。建议用户向 ARINC 查询该标准的当前状态。

ARINC 规范 825 定义了使用 CAN 的机载系统通信标准。CAN 被视为当前及未来航空器的重要数据传输介质。空中客车和波音在该标准制定中发挥了重要作用。供应商也参加了由 ARINC 组织并向公众开放的行业会议。

ARINC 规范 825 的使用遵循自愿原则。现有生产型航空器已将 CAN 用作 ARINC 664 第 7 部分（确定性以太网）的辅助子系统总线。在一些航空器中，CAN 总线用于连接传感器、作动器及其他航电设备，这些设备在运行时通常需要低至中等规模的数据传输。在此应用中，CAN 补充了容量更大的数据网络，为控制其他系统的系统提供支持，例如驾驶舱信息流与显示。

ARINC825 作为 CAN 作动器标识符和报文定义的指导规范。此外，ARINC825 还给出了逻辑通信通道和所谓 FID 的取值示例，本 ICD 将遵循这些定义。

2 CAN 协议

CAN 2.0B 是控制器局域网（CAN）协议的特定版本，支持标准（11 位）和扩展（29 位）报文标识符。该串行通信协议最初由博世开发，用于减少车辆线束。CAN 2.0B 广泛应用于汽车、工业及其他嵌入式系统，实现电子控制单元（ECU）之间的可靠通信。

本 ICD 完全遵循 CAN 2.0B 标准，仅使用 29 位地址。

在物理层，本 ICD 遵循 ISO 11898-2。

2.1 位速率

作动器默认 CAN 位速率：500kbps

可选 CAN 位速率（通过配置）：250 kbps、1 Mbps

2.2 字节序

所有数据结构、序数数据类型及参数均采用小端字节序。

本 ICD 在字节序方面不遵循 ARINC825 标准。这是有意采用的设计，以便于在通常采用小端数据处理的通用嵌入式系统中实现。

2.3 通用 ARINC 825 29 位 CAN 标识符结构

飞行控制计算机（FCC）与作动器之间的命令和数据交换应采用 ARINC825 的一对多标识符方案：

点对点（PTP）标识符结构

31 30 29	28 27 26	25 24 23 22 21 20 19	18	17	16	15 14 13 12 11 10 9	8 7 6 5 4 3 2	1 0
	LCC	客户端 FID	SMT	LCL	PVT	服务器 FID	SID	RCI
						NID		

任意节点对多节点（ATM）标识符结构

31 30 29	28 27 26	25 24 23 22 21 20 19	18	17	16	15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2	1 0
	LCC	源 FID	RSD	LCL	PVT	DOC	RCI

字段	说明	字段	说明
LCC	逻辑通信通道	PVT	私有数据
FID	航空器功能 ID	SID	服务器 ID
RSD	保留	RCI	冗余通道 ID
SMT	服务报文类型	NID	节点 ID
LCL	仅本地总线	DOC	数据对象代码

图 1：ARINC 825 CAN 标识符结构

ARINC825 标识符的主要字段如下：

- LCC——逻辑通信通道。LLC = 2 表示正常运行通道，LLC = 5 表示测试与维护通道。
- FID——报文所属系统或子系统，取值固定。作动器的 FID = 10d。
- RSD、LCL、PVT——预留供后续使用的位
- DOC——数据对象代码，即包含命令及作动器 ID 信息的报文 ID
- RCI——冗余通道索引，允许机上存在多个 FCC，并可将作动器配置为监听指定的 FCC；目前未使用

2.4 ARINC825 CAN ID 格式

作动器 ARINC825 方案如下图所示。

28 27 26	25 24 23 22 21 20 19	18	17	16	15	14	13 12 11 10 9 8	7 6 5 4 3 2	1 0
LCC	FID = 10	SMT	LCL	PVT	应答	RepReq	命令 = [0 .. 63]	作动器 ID = [0 .. 63]	RCI

字段说明：

- LCC 与 ARINC825 定义相同（2 = NOC，即正常运行通道；5 = TMC，即测试与维护通道）。
- FID 与 ARINC825 定义相同，作动器的 FID = 10。
- SMT = 0、LCL = 1、PVT = 0。
- RepReq——应答请求位。当作动器需要应答命令时，由 FCC 设置此位。[V1.3] 请求应答时，应答报文最迟应在 2ms 内发送。此位清零（= 0）时，作动器不得发送应答。
- Reply——作动器应答命令时设置的位。该位可防止作动器发送与 FCC 相同的 CAN ID，从而避免可能发生的总线冲突。
- Command：发送给作动器的具体命令，取值范围 0 .. 63
- Actuator ID：指定寻址的作动器，取值范围 0 .. 63
    - o 作动器 ID 为 0 时表示广播，寻址总线上的所有舵机。
    - o 作动器 ID 为 1 – 63 时表示单个作动器
- RCI 与 ARINC825 定义相同

3 作动器功能

3.1 [V1.3] 作动器堵转检测与保护

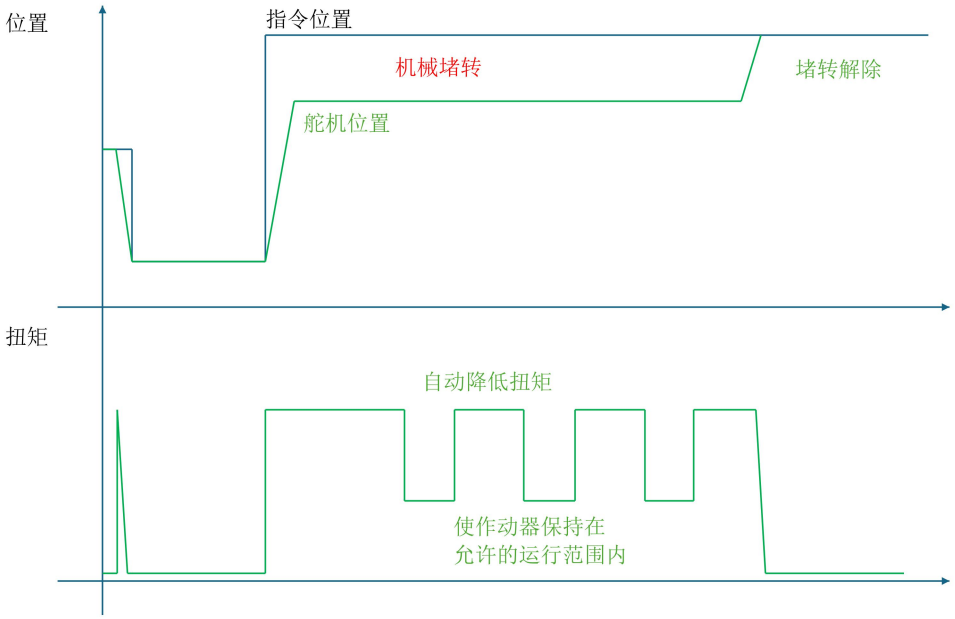
即使已施加最大驱动/舵机电机扭矩，仍无法达到指令位置时，作动器应检测其内部或外部堵转。

堵转检测可以且应当综合考虑指令位置和/或速度、测得的作动器运动、测得和/或估算的电机电流或扭矩，以及该状态的持续时间。应选择合适的检测阈值和时间参数，避免正常瞬态运行中的误触发。

检测到堵转后，作动器应：

- 设置相应堵转故障状态，并通过作动器/舵机状态位字段上报
- 自动将指令电机扭矩或电流降低至热稳定运行所允许的水平（建议在预定时间后，例如 5s，降低最大扭矩）
- 限制电机电流和功耗，使电机及内部电子器件不超过允许的温度限值
- 间歇性地短时施加最大扭矩，尝试达到指令位置

堵转期间，作动器应通过施加有限的恢复扭矩或在限定时间内尝试全扭矩，定期检查堵转是否解除。此类尝试应始终处于适用的电气、机械和热限制范围内。下图给出一种实现方案/建议：



当不再检测到堵转，且作动器温度处于允许的运行范围内（最大电流、电机/电子器件温度）时，可恢复正常运行。

只要堵转状态、扭矩限制状态以及相关过温或过流状态仍存在，就应通过作动器/舵机状态位字段和常规舵机应答，将这些状态作为诊断信息持续提供。

4 CAN 命令

CAN 命令用于控制和配置作动器，并读取作动器的当前状态和设置。

4.1 设置 / 写入功能

4.1.1 设置位置命令

命令：设置舵机摇臂位置

LCC = 2, FID = 10, SMT = 0, LCL = 1, PVT = 0, Spare = 0, Reply = 0, Command = 1, RCI = 0

	应答	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	DLC
作动器命令	0	-	-	-	-	-	-	i16 舵机位置		2
作动器应答	1	u8 舵机电流	u8 舵机电压	u16 舵机状态		u8 舵机温度	u8 电机扭矩	i16 实际位置		8

作动器位置指令及实际位置应按不低于 0.05°的分辨率编码。数据类型应为 int16，0 表示已设定的作动器中心位置。作动器的最大偏转角度由作动器制造商定义。

状态信息：

- [i16] 实际位置：作动器摇臂当前的偏转位置
- [u8] 电机扭矩：作动器当前的电机扭矩。该数值可以表示作动器扭矩，也可以表示作动器电机当前的驱动 PWM 值。量程可选为百分比[%]或无量纲范围[1 – 255]。若无可用的电机扭矩值，应将此值设为 0。
- [u8] 作动器温度：单位[°C]，偏移量为-60°C。1 LSB = 1°C。作动器温度为 25°C 时，编码值为 85。
- [u16] 舵机状态位字段：制造商应在此列出表示警告和错误的作动器内部（数字）状态及标志。例如：电机温度过高、欠电压错误、

过电压错误、固件完整性错误、扭矩过载错误、系统错误等。实际提供哪些警告和错误标志由制造商定义。

• [u8] 舵机电压：测得的作动器供电电压。电压范围取决于作动器允许的电压范围。例如，作动器供电电压为 24V 时，可选择 1LSB = 0.12V。可表示的电压范围为 0.12V 至 30.6V（= 255 * 0.12V）。若无可用的电压测量值，应将此值设为 0。

• [u8] 舵机电流：测得的作动器电流。电流范围取决于作动器的最大电流范围。例如，作动器最大负载电流为 1.6A 时，可选择 1LSB = 0.01A = 10mA。可表示的电流范围为 0 至 2,55A（= 255 * 10mA）。

4.1.2 设置扭矩命令

命令：设置作动器最大扭矩

LCC = 2, FID = 10, SMT = 0, LCL = 1, PVT = 0, Spare = 0, Reply = 0, Command = 2, RCI = 0

	应答	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	DLC
作动器命令	0	-	-	-	-	-	-	u16 舵机扭矩		2
作动器应答	1	u8 舵机电流	u8 舵机电压	u16 舵机状态		u8 舵机温度	u8 电机扭矩	u16 实际扭矩		8

扭矩命令用于控制舵机的扭矩（最大作用力）。

数值 0 应使作动器电机禁用，摇臂可由外力移动。

数值为 4095 或更大时，应启用舵机的最大作用力/扭矩。作用力在 0（无作用力）至 4095（最大作用力）之间近似线性变化。

4.1.3 设置速度命令

命令：设置作动器最大速度

LCC = 2, FID = 10, SMT = 0, LCL = 1, PVT = 0, Spare = 0, Reply = 0, Command = 3, RCI = 0

	应答	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	DLC
作动器命令	0	-	-	-	-	-	-	u16 舵机速度		2
作动器应答	1	u8 舵机电流	u8 舵机电压	u16 舵机状态		u8 舵机温度	u8 电机扭矩	u16 实际速度		8

速度命令用于控制作动器的旋转速度。

数值 1 应将作动器旋转速度限制为 1°/s，即每秒 1 度。

超出作动器最大旋转速度的很大数值应使舵机以尽可能快的速度旋转。最大速度由作动器制造商定义。

4.1.4 设置参数

命令：设置作动器参数

LCC = 2, FID = 10, SMT = 0, LCL = 1, PVT = 0, Spare = 0, Reply = 0, Command = 4, RCI = 0

	应答	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	DLC
作动器命令	0	-	-	-	-	u16 参数值		u16 参数 ID		4
作动器应答	1	-	-	-	-	u16 参数值		u16 参数 ID		4

设置参数命令用于配置作动器。

建议的作动器参数列表如下：

- 0：作动器 ID
  - 取值范围：[1 .. 63]
- 1：CAN 位速率
  - 取值范围：0：250kbps，1：500kbps（默认），2：1MBit
- 2：死区
  - 取值范围：[0 – 1000]
- 3：设置中心位置——将舵机当前位置保存为中心位置（= 0）。作动器应忽略参数值。
- 4：控制器 P 增益
  - 取值范围由作动器制造商建议
- 5：控制器 I 增益
  - 取值范围由作动器制造商建议
- 6：控制器 D 增益
  - 取值范围由作动器制造商建议
- 7：作动器温度限制
  - 取值范围[0 .. 85]°C。达到最高温度时，作动器应自动降低扭矩，以防止电机熔毁/电子器件烧毁。
- 8：根据作动器制造商指定的可用参数进行扩展
- [V1.3] 9：复位中心位置——将舵机中心位置复位至作动器内部零位

4.1.5 设置用户自定义数据

命令：设置用户自定义数据——最多 8 字节

LCC = 2, FID = 10, SMT = 0, LCL = 1, PVT = 0, Spare = 0, Reply = 0, Command = 10, RCI = 0

	应答	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	DLC
作动器命令		Data7	Data6	Data5	Data4	Data3	Data2	Data1	Data0	1-8
作动器应答	1	Data7	Data6	Data5	Data4	Data3	Data2	Data1	Data0	1-8

设置用户自定义数据命令允许将最多 8 字节用户自定义数据写入作动器的非易失性存储器。

4.2 读取功能

4.2.1 读取位置命令

命令：读取舵机摇臂位置

LCC = 2, FID = 10, SMT = 0, LCL = 1, PVT = 0, Spare = 0, Reply = 0, Command = 11, RCI = 0

	应答	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	DLC
作动器命令	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
作动器应答	1	u8 舵机电流	u8 舵机电压	u16 舵机状态		u8 舵机温度	u8 电机扭矩	i16 实际位置		8

读取作动器位置命令允许在不先发送控制命令的情况下，请求作动器返回位置应答。

作动器收到该命令时，若作动器 ID 为 0（广播）或为其自身 ID，应发送与设置位置命令相同的应答（见上文）。

4.2.2 读取扭矩命令

命令：读取作动器最大扭矩

LCC = 2, FID = 10, SMT = 0, LCL = 1, PVT = 0, Spare = 0, Reply = 0, Command = 12, RCI = 0

	应答	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	DLC
作动器命令	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
作动器应答	1	u8 舵机电流	u8 舵机电压	u16 舵机状态		u8 舵机温度	u8 电机扭矩	u16 最大扭矩		8

读取扭矩命令允许在不发送设置扭矩命令的情况下，获取作动器当前的扭矩设置。

作动器收到该命令时，若作动器 ID 为 0（广播）或为其自身 ID，应发送与设置扭矩命令相同的应答（见上文）。

4.2.3 读取速度命令

命令：读取作动器最大速度

LCC = 2, FID = 10, SMT = 0, LCL = 1, PVT = 0, Spare = 0, Reply = 0, Command = 13, RCI = 0

	应答	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	DLC
作动器命令	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
作动器应答	1	u8 舵机电流	u8 舵机电压	u16 舵机状态		u8 舵机温度	u8 电机扭矩	u16 最大速度		8

读取最大速度命令允许在不发送设置最大速度命令的情况下，获取作动器当前的最大速度设置。

作动器收到该命令时，若作动器 ID 为 0（广播）或为其自身 ID，应发送与设置最大速度命令相同的应答（见上文）。

4.2.4 读取参数

命令：读取作动器参数

LCC = 2, FID = 10, SMT = 0, LCL = 1, PVT = 0, Spare = 0, Reply = 0, Command = 14, RCI = 0

	应答	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	DLC
作动器命令	0	-	-	-	-			u16 参数 ID		2
作动器应答	1	-	-	-	-	u16 参数值		u16 参数 ID		4

读取参数命令用于读取作动器配置。

作动器收到该命令时，若作动器 ID 为 0（广播）或为其自身 ID，应发送与设置参数命令相同的应答（见上文）。

4.2.5 [V1.3] 读取固件版本

命令：读取舵机固件版本——最多 8 字节

LCC = 2, FID = 10, SMT = 0, LCL = 1, PVT = 0, Spare = 0, Reply = 0, Command = 19, RCI = 0

	应答	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	DLC
										0
	1	Data7	Data6	Data5	Data4	Data3	Data2	Data1	Data0	1-8

读取用户自定义数据命令允许读取最多 8 字节固件版本数据。固件版本应从最低有效版本到最高有效版本依次填入数据字节。

示例：

固件版本 1.2.3.4 → DLC = 4、D0 = 4、D1 = 3、D2 = 2、D3 = 1
固件版本 4.2.55 → DLC = 3、D0 = 55、D1 = 2、D2 = 4

4.2.6 读取用户自定义数据

命令：读取用户自定义数据——最多 8 字节

LCC = 2, FID = 10, SMT = 0, LCL = 1, PVT = 0, Spare = 0, Reply = 0, Command = 20, RCI = 0

	应答	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	DLC
										0
	1	Data7	Data6	Data5	Data4	Data3	Data2	Data1	Data0	1-8

读取用户自定义数据命令允许从作动器非易失性存储器中读取 8 字节用户自定义数据。

5 代码示例

以下 C 代码示例展示如何通过 C 宏定义 CAN ID。

5.1 通过 C 宏生成 CAN ID

```
/* a825_enums.h * *  Created on: 03.03.2017 */
#pragma once

#define FID_ACTUATORS 10

/*** LCC - Logic communication channel ***/
typedef enum LCC
{
	LCC_EEC = 0,			// Exception event channel
	// RESERVED		= 1,
	LCC_NOC = 2,			// Normal operations channel
	// RESERVED		= 3,
	LCC_NSC = 4,			// Node service channel
```

```
        LCC_UDC = 5,            // User defined channel
        LCC_TMC = 6,            // test and maintenance channel
        LCC_FMC = 7,            // CAN base frame migration channel
} LCC;

/*** RCI - Redundance channel ***/
typedef enum RCI
{
        RCI_INVALID = -1,
        RCI0    = 0,
        RCI1    = 1,
        RCI2    = 2,
        RCI3    = 3,
} RCI;

/*** Local flag ***/
typedef enum LCL
{
        LCL_YES = 1,
        LCL_NO = 0
} LCL;

/*** Private flag ***/
typedef enum PVT
{
        PVT_YES = 1,
        PVT_NO = 0,
} PVT;

/*** Masks ***/
typedef enum MASKS
{
        LCC_MASK = 0x0007,
        FID_MASK = 0x007F,
        RSD_MASK = 0x0001,
        LCL_MASK = 0x0001,
        PVT_MASK = 0x0001,
        DOC_MASK = 0x3FFF,
        RCI_MASK = 0x0003,
        // Test and maintenance,
        MID_MASK = 0x07FF,
        MSQ_MASK = 0x003F,
        MSP_MASK = 0x001F,
```

```
} MASKS;

/*** Defines ***/
#define RSD 0x0000

/*** ARINC825 Macros ***/
#define A825(LCC, FID, LCL, PVT, DOC, RCI) (((LCC & LCC_MASK) << 26UL) | ((FID & FID_MASK) << 19UL) | ((RSD & RSD_MASK) << 18UL) | ((LCL & LCL_MASK) << 17UL) | ((PVT & PVT_MASK) << 16UL) | ((DOC & DOC_MASK) << 2UL) | ((RCI & RCI_MASK) << 0UL))

#define FID(ID) ((ID >> 19UL) & FID_MASK)
#define LCC(ID) ((ID >> 26UL) & LCC_MASK)
#define LCL(ID) ((ID >> 17UL) & LCL_MASK)
#define PVT(ID) ((ID >> 16UL) & PVT_MASK)
#define DOC(ID) ((ID >> 2UL) & DOC_MASK)
#define RCI(ID) ((ID >> 0UL) & RCI_MASK)

/*** Example definition of actuator CAN ID ***/
#define CAN_ID_ACT_AIL_LEFT   A825(LCC_NOC, FID_ACTUATORS, LCL_YES, PVT_NO, 1, RCI0)
#define CAN_ID_ACT_AIL_RIGHT  A825(LCC_NOC, FID_ACTUATORS, LCL_YES, PVT_NO, 2, RCI0)
```