

ZK 通讯协议

V1.4

- 一、 ECU 接口 2
 - 1. TLL、RS232 或 RS422 电气接口 2
- 二、 ECU 数据格式:2
 - 1. 串口数据格式: 2
 - 2. 使用规则 2
 - 3. 控制命令数据包格式 2
 - 4. 控制命令数据包含义 3
 - 5. ECU 状态数据包格式 6
 - 6. ECU 状态数据包含义: 6
- 三、 控制模式:.....9
 - 1. 油门控制模式 - 油门和发动机状态在同一个控制命令9
 - 2. 油门控制模式 - 油门和发送机状态在不同控制命令 9
 - 3. 转速控制模式 9
- 四、 CRC 校验代码: 10
 - 1. 非查表方式 10
 - 2. 查表方式 10
- 五、 附录: 11
 - 1. 引擎状态代码 11
 - 2. 引擎故障代码 12
 - 3. 控制命令数据实例 12
 - 4. ECU 状态数据实例 13

一、 ECU 接口

1. TLL、RS232 或 RS422 电气接口

二、 ECU 数据格式：

1. 串口数据格式：

UART: 2400/4800/9600/19200/38400/57600/115200（可设置）

数据长度：8 位

奇偶校验：无

停止位：1/2 位（可设置）

2. 使用规则

a) ECU 关闭遥控信号丢失检测，该协议会在 ECU 工作以后自动发送 ECU 状态，并在控制信号丢失后 ECU 保持原有运行状态。（仅在协议版本 5 以后支持此功能）。

3. 控制命令数据包格式

发送方向：飞控 -> 发动机

数据长度 4 字节，数据格式如下，通过 ID 区分命令类型。

CRC 校验范围：字节 1 到字节 2

byte:0								byte:1								byte:2								byte:3							
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Head (0xFF)								Cmd ID: 0		reserve						CRC															
Head (0xFF)								Cmd ID: 1		SW		Throttle						CRC													
Head (0xFF)								Cmd ID: 2		reserve		Param						CRC													
Head (0xFF)								Cmd ID: 3		reserve						CRC															
Head (0xFF)								Cmd ID: 4		reserve		Ignition Pump Voltage						CRC													
Head (0xFF)								Cmd ID: 5		reserve		Acceleration curve						CRC													
Head (0xFF)								Cmd ID: 6		reserve				RPM_X		SW		CRC													
Head (0xFF)								Cmd ID: 7		set rpm						CRC															
Head (0xFF)								Cmd ID: 8				air pressure						CRC													

4. 控制命令数据包含义

请注意支持的协议版本号。当前 ECU 协议版本号请查看 ECU 状态 ID6

命令 ID	说明	支持的协议版本
Cmd ID: 0	空循环 主机不控制 ECU，但是 ECU 会返回发动机状态，用于保持连接	1
Cmd ID: 1	控制引擎状态(SW):	
	0 串口不控制引擎 (PWM 输入控制模式)	1
	1 控制引擎进入停止状态 (超温不冷却)	1
	2 控制引擎进入待机状态 (超温自动冷却)	1
	3 控制引擎进入运行状态	1
	注意：如果开关非零，则舵机控制信号无效。	
	控制引擎油门(Throttle):	1
	范围 0~1000 (代表 0%~100%油门)	

[illegible]

Cmd ID: 7	控制引擎转速 (RPM) 数值范围: 0~4095 引擎转速 = RPM * 10 * RPM_X 注意: 根据引擎最大转速选择合适的 RPM_X。当 RPM_X 为 0 时, ID7 的 RPM 无效。	4
Cmd ID: 8	设置环境大气静压力 (air pressure) 数值范围: 0~1024 气压单位: hPa	

5. ECU 状态数据包格式

发送方向： 发动机 -> 飞控

数据长度 7 字节， 数据格式如下

CRC 校验范围： 字节 0 到字节 5

// -----																																																																									
//								byte:0						byte:1						byte:2						byte:3						byte:4						byte:5						byte:6																													
// -----																																																																									
//								7	6	5	4	3	2	1	0		7	--	0			7	--	0			7	6	5	4	3	2	1	0		7	6	5	4	3	2	1	0		7	6	5	4	3	2	1	0		7	6	5	4	3	2	1	0		7	6	5	4	3	2	1	0			
// -----																																																																									
//								Head (0xF0)						ID: 1						RPM (LSB)						RPM (MSB)						ECode						Engine State						SwSt						Temp						ECode						Temp						CRC					
// -----																																																																									
//								Head (0xF0)						ID: 2						RPM (LSB)						RPM (MSB)						Radio Voltage						Power Voltage						Pump Voltage 0~25V						CRC																							
// -----																																																																									
//								Head (0xF0)						ID: 3						RPM (LSB)						RPM (MSB)						Throttle						Pressure (LSB)						Pressure (MSB)						CRC																							
// -----																																																																									
//								Head (0xF0)						ID: 4						RPM (LSB)						RPM (MSB)						Current						Thrust (MSB)						C			Thrust (LSB)						CRC																				
// -----																																																																									
//								Head (0xF0)						ID: 5						RPM (LSB)						RPM (MSB)						Ign Pump Voltage						Curve INC						Curve DEC						CRC																							
// -----																																																																									
//								Head (0xF0)						ID: 6						RPM (LSB)						RPM (MSB)						Max Rpm						Max Pump Voltage						Protocol Version						SRate			CRC																				
// -----																																																																									
//								Head (0xF0)						ID: 7						RPM (LSB)						RPM (MSB)						Flow Rate						FlowTotal						FlowRate			Flow Total						CRC																				
// -----																																																																									
//								Head (0xF0)						ID: 8						RPM (LSB)						RPM (MSB)						Idle Rpm						ESR SCL			Startup Time (0.1s)						CRC																										
// -----																																																																									
//								Head (0xF0)						ID: 9						RPM (LSB)						RPM (MSB)						ECU Temperature						Propeller rpm						CRC																													
// -----																																																																									
//								Head (0xF0)						ID: 10						RPM (LSB)						RPM (MSB)						Undefine						Pump RPM						CRC																													
// -----																																																																									

6. ECU 状态数据包含义：

请注意支持的协议版本号。当前 ECU 协议版本号请查看 ECU 状态 ID6

	<p>VAL = {BYTE3[7:0]} * 1000 Unit:RPM</p> <p>Max Pump Voltage: 已经学习的油泵最高电压</p> <p>VAL = {BYTE4[7:0]} Unit:0.1V</p> <p>VAL = {BYTE4[7:0]} Unit:0.2V</p> <p>Protocol Version: 协议版本</p> <p>VAL = {BYTE5[7:2]}</p> <p>SRate: 当前数据更新速率</p> <p>VAL = {BYTE5[1:0]}</p> <p>0: 20Hz 1: 50Hz 2:100Hz</p>	<p>1</p> <p><=3</p> <p>>=4</p> <p>1</p> <p>1</p>
Cmd ID: 7	<p>RPM:引擎转速</p> <p>VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10</p> <p>Flow Rate: 燃油流速</p> <p>VAL = {BYTR4[1:0], BYTE3[7:0]}</p> <p>Unit:0.01L/min</p> <p>Flow Total: 燃油消耗累积量</p> <p>VAL = {BYTE5[7:0], BYTE4[7:2]} Unit:0.1L</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>
Cmd ID: 8	<p>RPM:引擎转速</p> <p>VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10</p> <p>Max RPM: 引擎待机转速</p> <p>VAL = {BYTE3[7:0]} * 1000 Unit:RPM</p> <p>ESR: 请求飞控发送大气静压力</p> <p>VAL = {BYTE4[5]}</p> <p>0: 不需要飞控发送大气压力</p> <p>1: 需要飞控发送大气压力</p> <p>SCL: 转速闭环状态</p> <p>VAL = {BYTE4[4]}</p> <p>0: 转速开环状态</p> <p>1: 转速闭环状态</p> <p>Startup Time: 引擎启动时间</p> <p>VAL = {BYTE4[3:0], BYTE5[7:0]} Unit:0.1s</p>	<p>3</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>4</p>
Cmd ID: 9	<p>RPM:引擎转速</p> <p>VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10</p> <p>ECU Temperature: ECU 温度（摄氏度）</p> <p>VAL = {BYTE3[7:0]} - 50</p> <p>Propeller RPM: 涡轴或螺旋桨转速</p> <p>VAL = {BYTE5[7:0], BYTE4[7:0]}</p>	<p>5</p> <p>5</p> <p>6</p>
Cmd ID: 10	<p>RPM:引擎转速</p> <p>VAL = {BYTE2[7:0], BYTE1[7:0]} * 10</p> <p>未定义:</p> <p>VAL = {BYTE3[7:0]}</p> <p>Pump RPM: 油泵转速</p> <p>VAL = {BYTE5[7:0], BYTE4[7:0]}</p>	

三、 控制模式:

1. 油门控制模式 - 油门和发动机状态在同一个控制命令

引擎状态: ID1 - SW

引擎油门: ID1 - Throttle

2. 油门控制模式 - 油门和发动机状态在不同控制命令

引擎状态: ID6 - SW

引擎油门: ID1 - Throttle

3. 转速控制模式

引擎状态: ID6 - SW

引擎转速: ID7 - RPM

转速倍率: ID6 - RPM_X (RPM_X 非零, 进入转速控制模式)

目标转速 = [ID7:RPM] * [ID6:RPM_X] * 10

四、CRC 校验代码：

1. 非查表方式

```
t_u8 crc8(t_u8 *puchMsg, t_u8 crc_len, t_u8 seed)
{
    t_u8 i, k, crc8 = seed;
    for(i = 0; i < crc_len; i++)
    {
        k = puchMsg[i] ^ crc8;
        crc8 = 0;
        if (k & 0x01) crc8 ^= 0x5e;
        if (k & 0x02) crc8 ^= 0xbc;
        if (k & 0x04) crc8 ^= 0x61;
        if (k & 0x08) crc8 ^= 0xc2;
        if (k & 0x10) crc8 ^= 0x9d;
        if (k & 0x20) crc8 ^= 0x23;
        if (k & 0x40) crc8 ^= 0x46;
        if (k & 0x80) crc8 ^= 0x8c;
    }
    return crc8;
}
```

2. 查表方式

```
const t_u8 crc_array[] = {
    0x00, 0x5e, 0xbc, 0xe2, 0x61, 0x3f, 0xdd, 0x83,
    0xc2, 0x9c, 0x7e, 0x20, 0xa3, 0xfd, 0x1f, 0x41,
    0x9d, 0xc3, 0x21, 0x7f, 0xfc, 0xa2, 0x40, 0x1e,
    0x5f, 0x01, 0xe3, 0xbd, 0x3e, 0x60, 0x82, 0xdc,
    0x23, 0x7d, 0x9f, 0xc1, 0x42, 0x1c, 0xfe, 0xa0,
    0xe1, 0xbf, 0x5d, 0x03, 0x80, 0xde, 0x3c, 0x62,
    0xbe, 0xe0, 0x02, 0x5c, 0xdf, 0x81, 0x63, 0x3d,
    0x7c, 0x22, 0xc0, 0x9e, 0x1d, 0x43, 0xa1, 0xff,
    0x46, 0x18, 0xfa, 0xa4, 0x27, 0x79, 0x9b, 0xc5,
    0x84, 0xda, 0x38, 0x66, 0xe5, 0xbb, 0x59, 0x07,
    0xdb, 0x85, 0x67, 0x39, 0xba, 0xe4, 0x06, 0x58,
    0x19, 0x47, 0xa5, 0xfb, 0x78, 0x26, 0xc4, 0x9a,
    0x65, 0x3b, 0xd9, 0x87, 0x04, 0x5a, 0xb8, 0xe6,
    0xa7, 0xf9, 0x1b, 0x45, 0xc6, 0x98, 0x7a, 0x24,
    0xf8, 0xa6, 0x44, 0x1a, 0x99, 0xc7, 0x25, 0x7b,
    0x3a, 0x64, 0x86, 0xd8, 0x5b, 0x05, 0xe7, 0xb9,
    0x8c, 0xd2, 0x30, 0x6e, 0xed, 0xb3, 0x51, 0x0f,
    0x4e, 0x10, 0xf2, 0xac, 0x2f, 0x71, 0x93, 0xcd,
    0x11, 0x4f, 0xad, 0xf3, 0x70, 0x2e, 0xcc, 0x92,
    0xd3, 0x8d, 0x6f, 0x31, 0xb2, 0xec, 0x0e, 0x50,
    0xaf, 0xf1, 0x13, 0x4d, 0xce, 0x90, 0x72, 0x2c,
    0x6d, 0x33, 0xd1, 0x8f, 0x0c, 0x52, 0xb0, 0xee,
}
```

```

0x32, 0x6c, 0x8e, 0xd0, 0x53, 0x0d, 0xef, 0xb1,
0xf0, 0xae, 0x4c, 0x12, 0x91, 0xcf, 0x2d, 0x73,
0xca, 0x94, 0x76, 0x28, 0xab, 0xf5, 0x17, 0x49,
0x08, 0x56, 0xb4, 0xea, 0x69, 0x37, 0xd5, 0x8b,
0x57, 0x09, 0xeb, 0xb5, 0x36, 0x68, 0x8a, 0xd4,
0x95, 0xcb, 0x29, 0x77, 0xf4, 0xaa, 0x48, 0x16,
0xe9, 0xb7, 0x55, 0x0b, 0x88, 0xd6, 0x34, 0x6a,
0x2b, 0x75, 0x97, 0xc9, 0x4a, 0x14, 0xf6, 0xa8,
0x74, 0x2a, 0xc8, 0x96, 0x15, 0x4b, 0xa9, 0xf7,
0xb6, 0xe8, 0x0a, 0x54, 0xd7, 0x89, 0x6b, 0x35,
} ;

```

```

t_u8 crc8(t_u8 *puchMsg, t_u8 crc_len, t_u8 seed)
{
    t_u8 i, crc8 = seed;
    for(i = 0 ; i < crc_len; i++)
    {
        crc8 = crc_array[crc8^puchMsg[i]];
    }
    return crc8;
}

```

五、 附录：

1. 引擎状态代码

ID	状态
0	停机/禁止自动散热
1	停机/自动散热
2	点火（需要油门最小）
3	点火
4	预热
5	加速
6	运行（学习模式， 需要油门最大）
7	运行（学习模式， 需要油门最小）
8	运行（学习急速）
9	运行（油门最小）
10	运行（警告， 油泵达到极限）
11	运行
12	冷却
13	重启
14	测试热火头
15	测试主油路电磁阀
16	测试点火油路电磁阀

17	测试油泵
18	测试启动电机
19	油路排空气

2. 引擎故障代码

ID	故障
0	无错误
1	超时
2	电压低
3	火头故障
4	油泵故障
5	启动电机故障
6	转速低
7	转速不稳定
8	排气温度高
9	排气温度低
10	排气温度传感器故障
11	点火电磁阀故障
12	主油路电磁阀故障
13	控制信号丢失
14	启动电机控制器温度过高
15	油泵温度控制器温度过高
16	离合器故障
17	电流过载
18	引擎离线

3. 控制命令数据实例

实例 1: 0xFF 0x00 0x00 0x00
Cmd ID: 0

实例 2: 0xFF 0x14 0x64 0xD3
Cmd ID: 1
SW: 1
Throttle: 100

实例 3: 0xFF 0x1D 0xF4 0x70
Cmd ID: 1
SW: 3
Throttle: 500

4. ECU 状态数据实例

实例 1: 0xF1 0x00 0x00 0x00 0x00 0x4C 0xA0

ID: 1	
RPM: 0	引擎转速
Engine State: 0	引擎状态 (停机)
ECode: 0	错误代码
Temp: 26°C	引擎排气温度 (摄氏度)
SwSt: 0	主机(计算机、飞控)给 ECU 的控制状态(引擎停机)

实例 2: 0xF6 0x00 0x00 0xA0 0x00 0x10 0xAB

ID: 6	
RPM: 0	引擎转速
Max RPM: 160000	引擎最大转速
Max Pump Voltage: 0.0V	已经学习的油泵最高电压
Protocol Version: 4	协议版本
SRate: 20Hz	当前数据更新速率