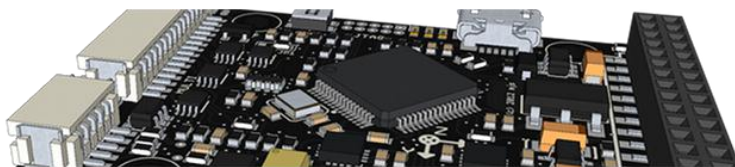


# APM for PX4 飞控开发笔记

第五章：PWM、PPM、S.bus 与 DSM2 ——sw 笨笨 编写



## 1. 介绍

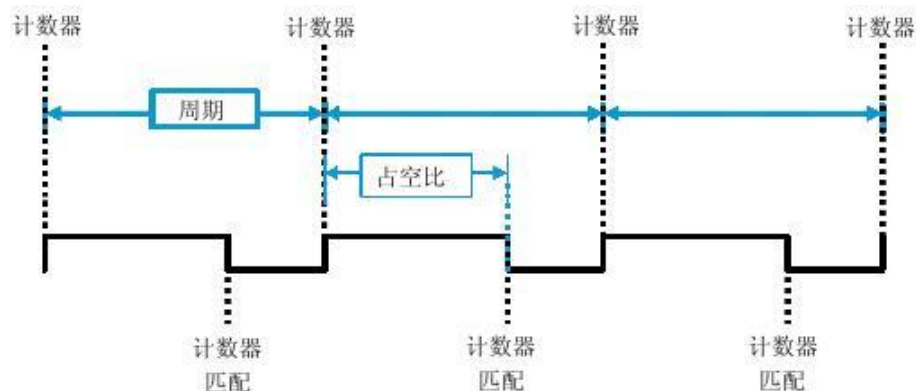
要进行飞控开发，了解控制信号是基本知识。用于航模的飞控主要的执行设备就是舵机和电调，那么跟舵机相关的信号都有哪些，他们的作用是什么，硬件协议是什么，软件协议是什么，有什么区别，怎么用？这些就是本文下面要跟大家讨论的问题。

我个人常用的航模中的控制信号主要有 PWM、PPM 和 S.bus。还有许多其他信号，但是个人接触的少就不在这里卖了。

## 2. PWM

### a) 什么是 PWM

PWM，Pulse Width Modulation 的缩写，英文意思是脉宽调制，在航模中主要用于舵机的控制。这是一种古老而通用的工业信号，是一种最常见的控制信号。该信号主要原理是通过周期性跳变的高低电平组成方波，来进行连续数据的输出。如下图所示：



而航模常用的 PWM 信号，其实只使用了它的一部分功能，就是只用到高电平的宽度来进行信号的通信，而固定了周期，并且忽略了占空比参数。

PWM 的优点很明显：

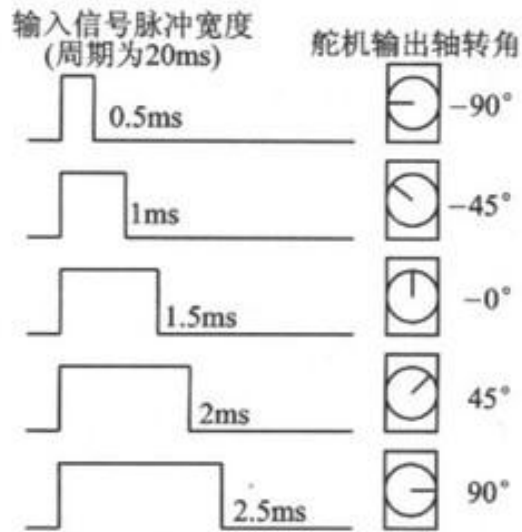
- 由于传输过程全部使用满电压传输，非 0 即 1，很像数字信号，所以他拥有了数字信号的抗干扰能力。
- 脉宽的调节是连续的，使得它能够传输模拟信号。
- PWM 信号的发生和采集都非常简单，现在的数字电路则使用计数的方法产生和采集 PWM 信号。
- 信号值与电压无关，这在电压不恒定的条件下非常有用，比如电池电压会随消耗而降低，DCDC 都会存在纹波等等，这些因素不会干扰信号的传输。

#### b) PWM 通信协议

高电平有效。高电平电压：常见 4.8~6V，也有使用 3.3V 和更高电压的，要看舵机的承受能力。

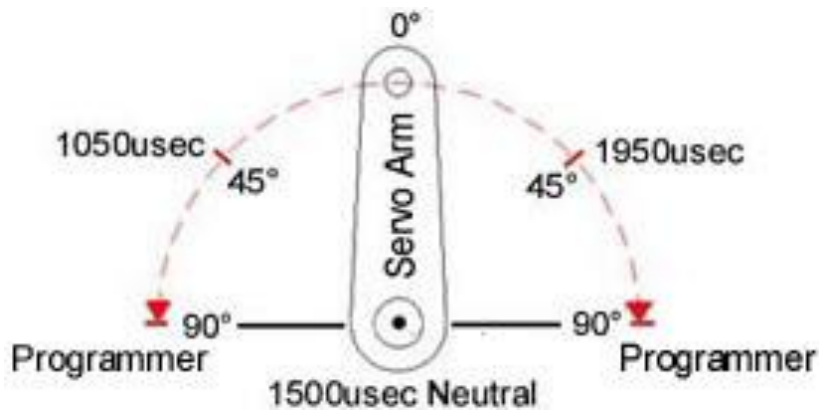
信号周期：常见 50Hz 和 300Hz 两种，前者被称为模拟舵机，后者被称为数字舵机。注意纠正一个概念，舵机的模拟和数字之分其实指的是信号采集器，是使用模拟电路还是使用数字电路，跟信号频率无关，当然数字采集器的采集能力较强，所以频率可以高一些。但是随着技术进步，现在即使买 50Hz 的舵机也同样使用数字电路进行信号采集，哪里来的模拟舵机呢？建议大家忘记这两个词汇吧。

脉宽宽度：50Hz 信号多用于老式舵机，是上个世纪舵机的主要控制信号形式，其脉宽宽度为 0.5ms 至 2.5ms。300Hz 信号则是目前使用的最广泛的信号形式，其波形速度快，每秒可以传输 300 次，所以相应的脉宽也有所减小为 0.9ms 至 2.1ms。两种舵机控制信号如下图所示：



舵机输出转角与输入信号脉冲宽度的关系

50Hz 舵机的 PWM 控制信号



300Hz 舵机的常见 PWM 控制信号

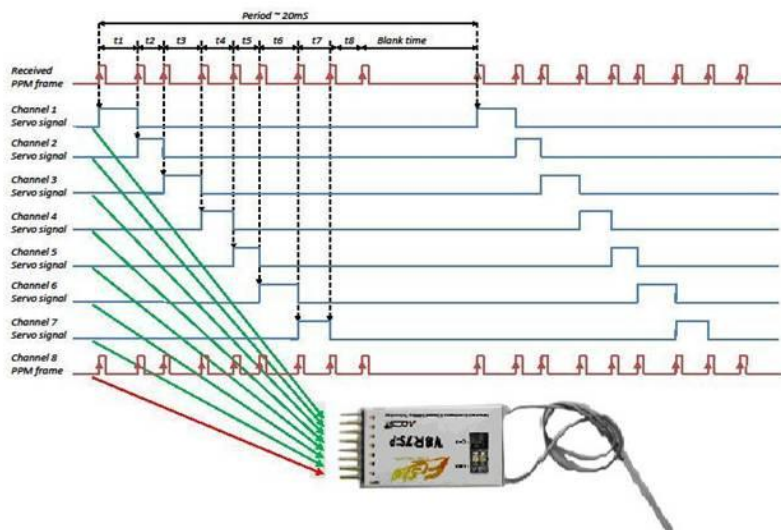
### 3. PPM

#### a) 什么是 PPM

PWM 信号被广泛用于舵机控制，但是它有一个明显的缺陷，就是有多少个舵机就需要多少个控制线路。而很多时候不希望线路太多，尤其是遥控器的无线信号，只可能有一路通信要传递多路舵机控制信息，于是 PPM 信号诞生了。

PPM, pulse-position modulation 的缩写，英文意思是脉冲位置调制。

在上个世纪，航模领域中主要使用这种信号作为遥控器的主要无线通信协议，后来被用于教练线和模拟器。该信号使用多个脉冲作为一组，并以组为单位周期性发送，通过组内各个脉冲之间的宽度来传输相应通道的舵机控制信息。



#### b) PPM 通信协议

高电平有效。高电平电压：常见 4.8~6V。

信号周期：24ms。

单个脉冲宽度：0.4ms

脉冲间距：0.9ms 至 2.1ms

## 4. S.bus

#### a) 什么是 S.bus

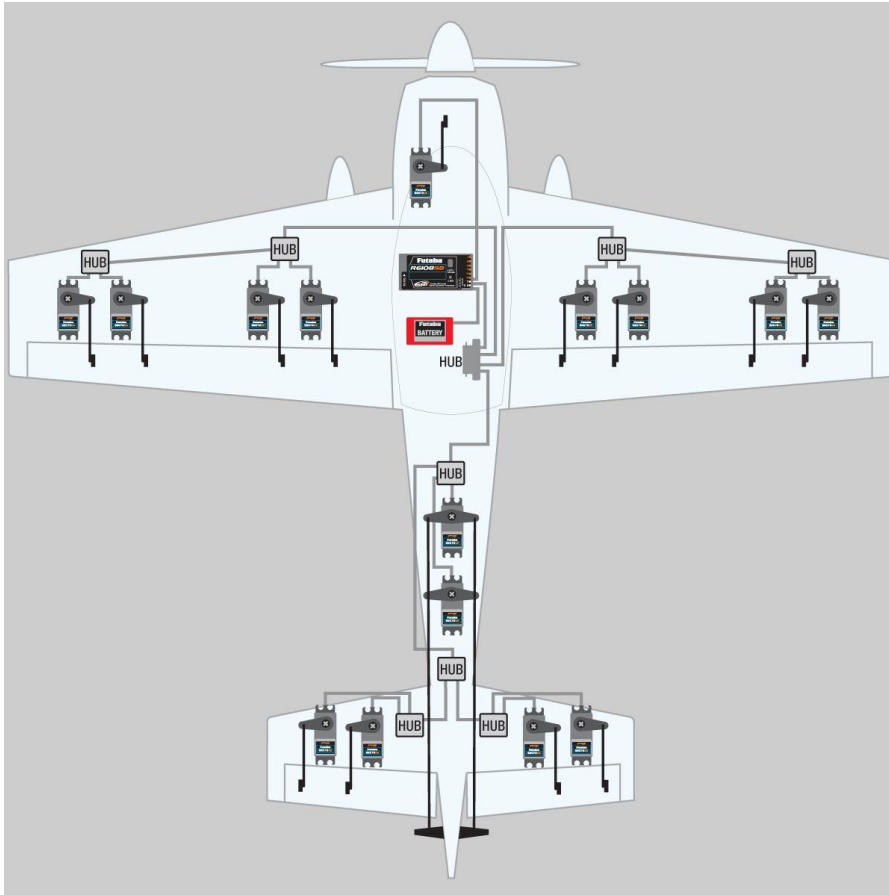
S.bus，可能是 Smart-BUS 的简称，即智能总线。该总线是日本 Futaba 公司自己使用的专用总线协议。该协议有两个特点：一个是数字化，一个是总线化。

数字化是指的该协议使用现有数字通信接口作为通信的硬件协议，使用专用的软件协议，这使得该设备非常适合在单片机系统中使用，也就是说适合与飞控连接。这也就是我为什么要将这个协议详细叙述的原因，我

认为使用 PX4 飞控是离不开这种纯数字的通信协议的。另外在其硬件协议中使用了数据校验增加抗干扰能力。

总线化指的是一个数字接口可以连接多个设备，这些设备（主要是舵机和电调）通过 Hub 与一个 S.bus 总线连接，并能够得到各自的控制信息。

如下图所示：



#### b) S.bus 硬件协议

S.bus 使用 RS232C 串口的硬件协议作为自己的硬件运行基础。

使用 TTL 电平，即 3.3V。

使用负逻辑，即低电平为“1”，高电平为“0”。

波特率：100000 (100k)，注意：不兼容波特率 115200。数据位 8bit，1 个停止位，无校验位，无流控制。

#### c) S.bus 软件协议

每帧数据还有 25 字节。

每字节含有 12 个比特，使用 1 个起始位“0”，8 个数据位，1 个奇校验位（8 个数据位中 1 的数量为奇数则此位为“1”否则为“0”），两个终止位“1”。

采用 LSB first 方式发送，即最低有效位（二进制数据右侧）先发。

帧头：1111 0000（二进制），帧尾：0000 0000（二进制）。

数据：从第 1 数据字节起，到第 22 字节，一共有数据位 176 个，它们按照顺序分别是通道 1 至通道 16 的舵机控制数据，每个通道占 11 比特。取值范围是 0~2047。

第 23 字节我管它叫做“功能字节”，第 0 比特为数字通道 1 的值，第 1 比特为数字通道 2 的值，第 2 比特为丢帧信息，第 3 比特为失效保护开关，第 4~7 比特暂时保留没用。

## 5. DSM2 (DSMX)

### a) 什么是 DSM2 (DSMX)

DSM 是 Digital Spread Spectrum Modulation 的缩写，一共有三代：DSM、DSM2、DSMX。国内最常见的是 DSM2，JR 的遥控器和 Spectrum 的遥控器都支持。该协议也是一种串行协议，但是比 S.BUS 更加通用，使用的标准串口定义，所以市面上兼容接收机更加便宜，兼容的设备也更多，比如电直的三轴陀螺 VBar 就可以直接接受 DSM2 信号。

但是该协议并不是一种总线化的协议，要靠接收机取把协议变为 PWM 来驱动舵机，DSM2 接口也只能连接接收机和卫星接收机，不过对于飞控来说这个无所谓，反正也是一个接口连接到飞控就可以了。

DSMX 是 DSM2 的升级版，协议基本一样就是速率加快了。DSMX 协议可以用于双向传输，即能够将飞机上的信息传回遥控器上在液晶屏显示，不过对于玩儿飞控这个功能不重要，有了电台和 PC，这个意义不大。所以我们下面只讨论 DSM2 协议的接收问题。

### b) DSM2 硬件协议

DSM2 设备使用三线连接，黑色线是地线，红色是电源线，另一条是

信号线，这个跟舵机一样，但是注意：电源线是 3.3V。

信号线上跑的是标准 TTL 串口，3.3V 电平，串口的电平逻辑跟普通 TTL 串口一致，可以直接跟现在的大部分单片机兼容，比如 STM32。

串口波特率 115200，数据位 8bit，1 个停止位，无校验位，无流控制。

### c) DSM2 软件协议

软件协议简单得多。

每一帧数据使用两个 Byte，16 字节。

第 1 个字节表示此帧状态，为 0 的时候表示此帧为遥控数据，1 的时候表示为其他数据。

后面 4 个字节为通道 ID，对应接收机上面的输出 0: Throttle, 1: Aileron, 2: Elevator, 3: Rudder, 4: Gear, 5: Aux1, 6: Aux2, 7: Aux3。

后 11 个字节是 0~2047 的通道数据。1023 为中间值对应输出 1.5ms 的 PWM 信号，0 对应 0.75ms，2047 对应 2.25ms。