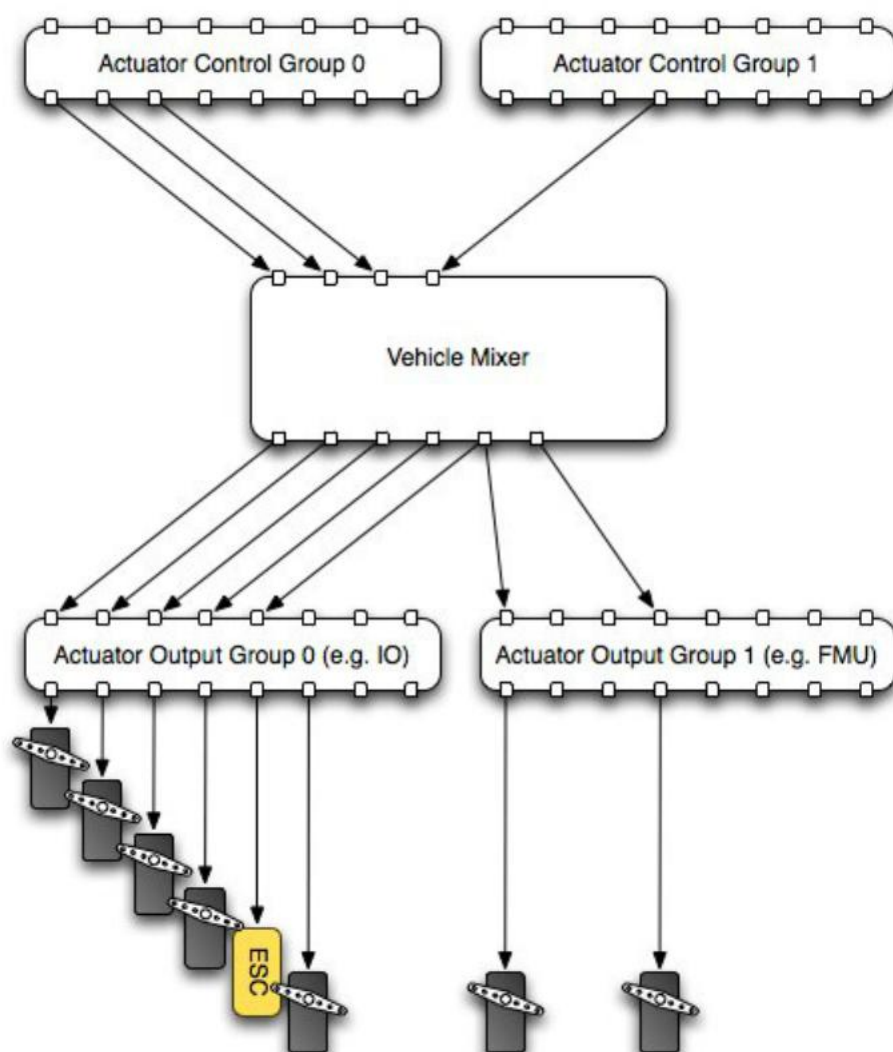

相同类型动作的输出组成，比如机身、任务负载或者增稳云台。它由一个执行器（actuator）发出并输入到混控中。不同的控制组可以由不同的进程发出。

混控 (Mixers)：混控是一套独立的定标器（用来归一化数值）映射器组成的，它读入控制输入值，输出执行器需要的最终输出值。

执行器输出组 (Actuator Output Groups)：一个执行器输出组是由 8 个输出组成，这 8 个输出属于同一个物理输出设备，如 PX4FMU 板或者 PX4IO 板。它代表混控的输出。

三者逻辑关系如下图所示：



控制组：

- 控制组 0 (飞行控制)
 - 0: roll (-1..1)
 - 1: pitch (-1..1)
 - 2: yaw (-1..1)
 - 3: throttle (0..1)
 - 4: flaps (-1..1)
 - 5: spoilers (-1..1)
 - 6: airbrakes (-1..1)
 - 7: reserved (-1..1)
- 控制组 1 (机身)
 - 0: aux0 (landing gear, -1..1)
 - 1: aux1 (parachute, -1..1)
 - 2: aux2
 - 3: aux3
 - 4: aux4
 - 5: aux5
 - 6: aux6
 - 7: aux7
- 控制组 2 (任务负载)
 - 0: gimbal roll
 - 1: gimbal pitch
 - 2: gimbal yaw

3: gimbal shutter

4: reserved

5: reserved

6: reserved

7: reserved

- 控制组 3 (手动信号直通)

0: RC roll

1: RC pitch

2: RC yaw

3: RC throttle

4: RC mode switch

5: RC aux1

6: RC aux2

7: RC aux3

名词解释：

混控器 (Mixer)：一个根据预先设定好的规则和参数将一系列输入整合为一系列 (或一个) 输出的模块。

定标器 (Scaler)：一个将单一输入按照参数生成为单一输出的算术模块 (通常的作用是将输入值归一化或者限制为一个范围之内)。

输入 (Input)：输入给混控器的数字值，范围为-1.0 到 1.0 。它可以是一个飞行器控制量，如 “滚转 (roll)”，或者别的数字。

输出 (Output)：混控器的输出值。

基本混控 (Mixing Basics)：一个模块在它准备生产一组新的输出时调用混控或者混控组。比如：当它发现它所监控的输入发生变化时，它将调用混

控。混控器将接收输入值，将它们根据混控定义进行归一化和混合。之后模块就可以输出数值了。比如：产生舵机控制量，或者将输出的数据发送给别的模块使用。

缩放 (Scaling)：混控器的输入经常需要进行缩放来适应不同输入的有效位。根据不同的环境，不同的缩放规则会被使用。

简单缩放 (Simple Scaling)：将输入值简单地与一个固定的系数相乘。这种方法在输入的基准值已知的情况或者输入值不需要修改的情况下使用。

线性缩放 (Linear Scaling)：这种缩放方法可以进行两侧不均匀缩放，也可以将输出进行偏移或者收紧。它的输入有：

- 负侧缩放系数
- 正侧缩放系数
- 偏移值
- 输出下限
- 输出上限

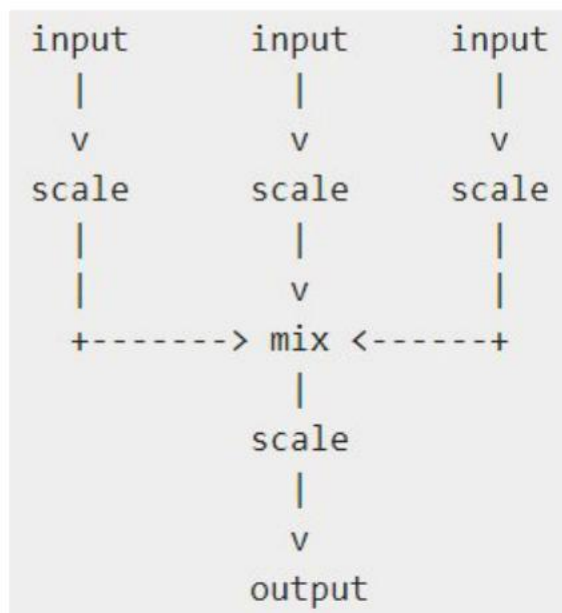
它的工作流程如下：

```
if (input < 0)
    output = (input * NEGATIVE_SCALE) + OFFSET
else
    output = (input * POSITIVE_SCALE) + OFFSET

if (output < LOWER_LIMIT)
    output = LOWER_LIMIT
if (output > UPPER_LIMIT)
    output = UPPER_LIMIT
```

混控 (Mixers) : 不同的混控有不同的形式。

简单混控 (Simple Mixer) : 顾名思义，简单混控读取一个或者多个输入，将其进行缩放，将缩放后的值相加，将相加后的值缩放，然后输出。



简单混控的参数有：

- 输入组
- 每个输入的缩放参数
- 输出的缩放参数

输入值和输出值可以是任何浮点数，但是通常会是在-1.0 到 1.0 之间（使用线性缩放）。

多旋翼混控 (Multicopter Mixer) : 此混控是专门用来为多旋翼的混合飞行控制（滚转 roll，俯仰 pitch，航向 yaw，油门 thrust）设计的用于产生马达转速控制输出的。

多旋翼混控的参数有：

- 飞行器的几何外观（X 型、+型、六旋翼、Y 型）
- 单独的滚转 roll、俯仰 pitch、航向 yaw、油门 thrust 的缩放参数

- 马达输出死区 (限制范围)

滚转 roll、俯仰 pitch、航向 yaw 的输入范围为-1.0 ~ 1.0，而油门 thrust 的输入范围为 0 ~ 1.0。

比例钳位 (Ratio Clamping)：多旋翼混控的输出是被钳位的，使得做多只有一个电机的输出达到饱和，来避免出现翻滚的情况，同时输出值也不允许进入死区限制范围，来防止出现在飞行中电机重启的情况。此外，任何钳位都是根据输入的比例进行的，来防止多旋翼翻滚。如果一个电机出现正饱和或者负饱和，那么总的油门将会减小，从而单独各个电机间的比例将会得到满足而不会饱和。

钳位例子：

输入 (四旋翼，四个马达)，限制为 100：

150 75 75 75

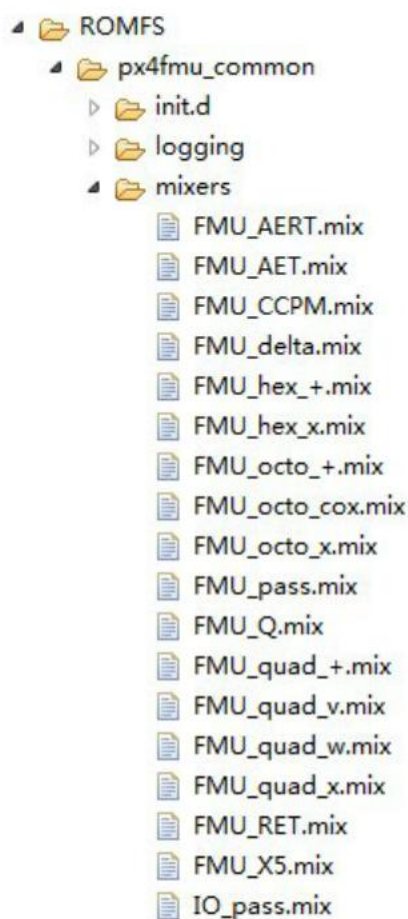
钳位输出结果：

100 50 50 50

注意，此例子中，钳位后，马达 1 的转速依然是另外三个的两倍，所以结果姿态会是正确的。相比与没有进行钳位的情况，飞行器将不会增加高度。如果只是对马达 1 进行了限制 (100 75 75 75)，飞行器将出现翻滚或者不稳定的情况，这是因为电机间的比例发生了变化。

下面是关于程序中，Mix 配置的讲解。

PX4 工程中对 Mix 的配置是使用 “*.mix” 文件来进行的，这些文件存放在 ROMFS/px4fmu_common/mixers 文件夹下，如下图所示 (每个文件对应一种配置)：



这些文件都是文本文件，有意义的行的格式都是以一个大写字母开头，之后跟一个冒号；而不是以大写字母开头并跟一个冒号的行则作为注释行。如下面的例子所示：

```
Elevator mixer
-----
Two scalers total (output, roll).

This mixer assumes that the elevator servo is set up correctly mechanically;
depending on the actual configuration it may be necessary to reverse the scaling
factors (to reverse the servo movement) and adjust the offset, scaling and
endpoints to suit.

M: 1
O:      10000   10000      0 -10000  10000
S: 0 1  -10000  -10000      0 -10000  10000
```

其中只有后三行是有效的，其余的都是注释。

每个配置文件可以定义多个混控；混控的分配都是根据特定的飞行器进行定义的，混控产生的执行器输出的个数也是与混控特性相关的。