

BLHeli SiLabs Rev11.x 使用说明书

通常操作步骤：

此程序用于 PWM 输入信号。

打开电源：



油门行程检测（等待声音序列开始）：



在这个区间中将定速的最大油门行程设置到“arm”位置。

零油门行程检测（等待声音序列结束）：

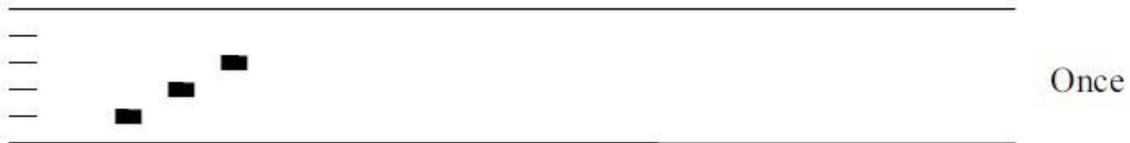


检测结束，马达启动。

通常操作：

此步骤用于 PPM 输入信号。

打开电源：



油门信号检测（等待声音序列开始）：



零油门行程检测（等待声音序列结束）：



检测结束，马达启动。

进入编程模式：

此步骤用于 PWM 信号输入

打开电源：



油门加速检测（等待声音序列开始）：



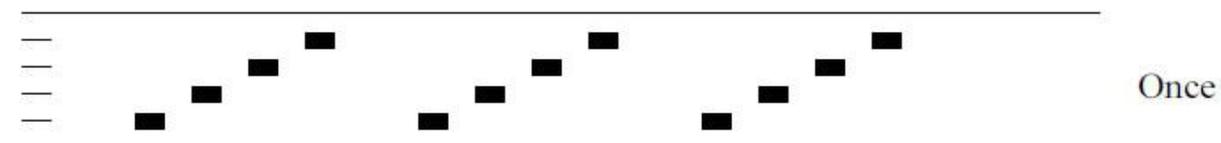
满油门行程检测（开始进入编程模式）：



零油门行程检测（继续进入编程模式）：



满油门行程检测（进入编程模式）：



上述描述为主要操作流程.

用于 tail 时，按照相同操作步骤，但是要注意正确使用方向舵使之达到满油门行程和零油门行程。

油门行程范围设定、进入编程模式：

此步骤用于 PPM 信号输入：

打开电源：



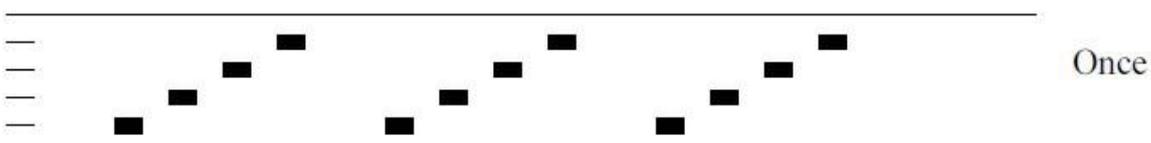
油门信号检测（等待声音序列开始）



当油门行程在中心杆之上时（测量最大油门行程位置）：



测量时如油门行程在油门中心杆之上超过 3 秒时：

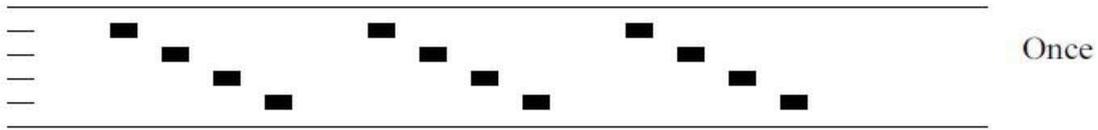


此蜂鸣序列指示最大油门行程位置悲哀保存。

当油门行程在油门中心杆之下时（测量最低油门行程位置）



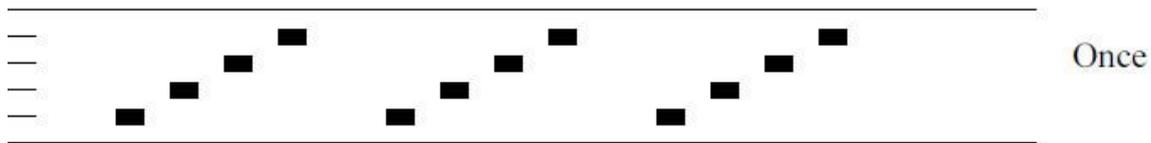
测量时如油门行程在油门中心杆之下超过三秒：



此蜂鸣序列指示最低油门行程位置被保存

到此油门行程范围被存档。如果你只想设定油门行程而不想进入编程模式，你可以关掉 ESC 的电源。

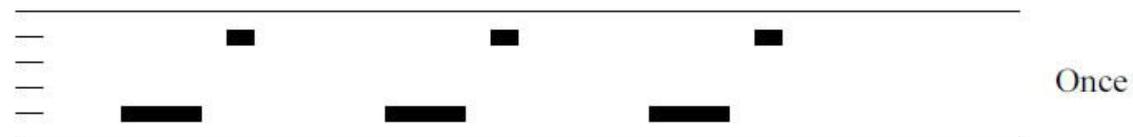
满油门行程检测：



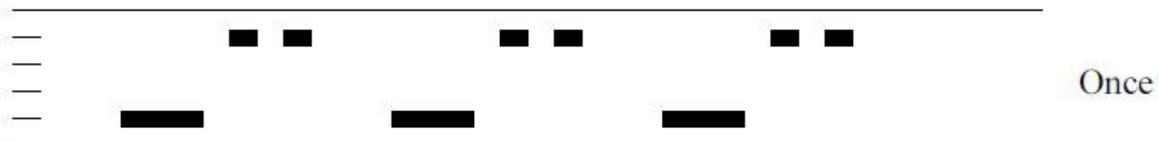
此蜂鸣序列指示已进入编程模式

编程模式：

功能 1，参数数值 1

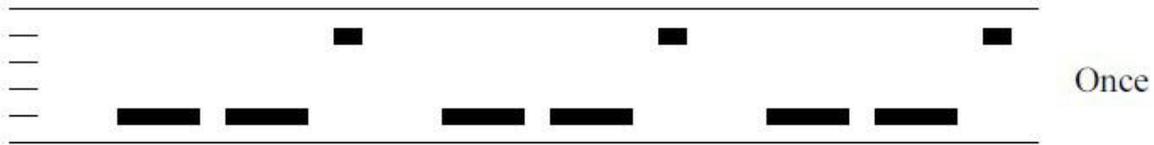


功能 1，参数数值 2



等等

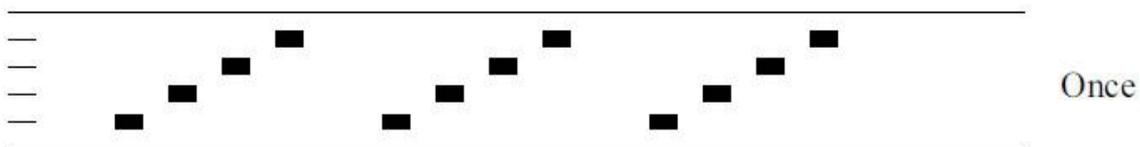
功能 2，参数数值 1



等等

在上述所列声音序列中如果油门操纵杆移到“0”位置，此功能的参数数值将被选中并保存。然后你会听到如下显示的一组蜂鸣声：

参数值被保存：



然后 ESC 自动重置。

如果油门操纵杆移到油门行程位置的某一处（最低行程位置之上，最大行程位置之下），会跳过当前的参数，然后进入到下个参数的编程。此法就可以避免在通过接下来的参数时每次都要听一组蜂鸣声的指示。

这种方法很值得推荐。我们可以在选择参数前再次来到满油门行程位置来确定选择正确的参数。

在功能和参数的蜂鸣声间有一秒的停顿来读取行程位置。

如果油门操纵杆从未移到“0”位置处，ESC 将加载此默认设置然后在设定完最后一项功能的最后一组参数后重置。需要设置所有参数为默认值时用此法非常方便。

如果在编程过程中没有连接电源，那么参数数值不会发生任何变化。

功能编程和参数数值：

Main 参数数值编程表：

功能	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1-定速 P 增益	0.13	0.17	0.25	0.38	0.50	0.75	1.00	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0
2-定速 I 增益	0.13	0.17	0.25	0.38	0.50	0.75	1.00	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0
3-定速 模式	Tx	Arm*	Setup	Off	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-定速范围	高	中	低	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-低电压限制 (/节)	关闭	3.0V	3.1V	3.2V	3.3V	3.4V	-	-	-	-	-	-	-
6-启动方式**	逐步	直接	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7-启动功率**	0.031	0.047	0.063	0.094	0.125	0.188	0.25	0.38	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
8-启动转速	0.67	0.80	1.00	1.25	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-
9-启动加速度	0.4	0.7	1.0	1.5	2.3	-	-	-	-	-	-	-	-
10-换相进角	低	中低	中	中高	高	-	-	-	-	-	-	-	-
11-油门变化速率	2	3	4	6	8	12	16	24	32	48	64	128	-
12-阻尼强度	极低	低	中低	中高	高	最高	-	-	-	-	-	-	-
13-PWM 频率	高	低	低阻尼	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14-Demag 补偿	关闭	低	高	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15-转动方向	正常	反向		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16-输入 PWM 电极	正极	负极		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*:定速 arm 模式仅支持 PWM 信号输入。

**：ESC 不同，默认启动方法和功率也会有很多变化。通常逐步启动法适用于最初的 mCPX ESC，一般默认的功率对更大的电调来说太低。

默认数值用**绿色**粗体标识。

如果因某些原因（如电源不足，电压过低）导致在 eeprom/flash 编程过程中出现错误，ESC 将会加载默认设置。

Tail 参数数值编程表:

功能	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1-Tail 增益	0.75	0.88	1.00	1.12	1.25	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Tail 空转速度	低	中低	中	中高	高	-	-	-	-	-	-	-	-
3-启动方式	逐步	直接	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-启动功率	0.031	0.047	0.063	0.094	0.125	0.188	0.25	0.38	0.50	0.75	1.00	1.25	1.5
5-启动转速	0.67	0.80	1.00	1.25	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-
6-启动加速度	0.4	0.7	1.0	1.5	2.3	-	-	-	-	-	-	-	-
7-换相进角	低	中低	中	中高	高	-	-	-	-	-	-	-	-
8-油门变化速率	2	3	4	6	8	12	16	24	32	48	64	128	-
9-阻尼强度	极低	低	中低	中高	高	最高	-	-	-	-	-	-	-
10-PWM 频率	高	低	低阻尼	阻尼*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-Demag 补偿	关闭	低	高	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12-转动方向	正常	反向	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-输入 PWM 电极	正极	负极	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*:仅适用于某些 ESC。

**：ESC 不同，默认启动方法和功率也会有很多变化。通常逐步启动法适用于最初的 mCPX ESC，一般默认的功率对更大的电调来说太低。

默认数值用**绿色粗体**标识。

如果因某些原因（如电源不足，电压过低）导致在 eeprom/flash 编程过程中出现错误，ESC 将会加载默认设置。

Multi 参数数值编程表：

功能	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1-闭环 P 增益	0.13	0.17	0.25	0.38	0.50	0.75	1.00	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0
2-闭环 I 增益	0.13	0.17	0.25	0.38	0.50	0.75	1.00	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0
3-闭环模式	高范围	中范围	低范围	-关闭	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-Multi 增益	0.75	0.88	1.00	1.12	1.25	-	-	-	-	-	-	-	-
5-低电压限制 (/节)	Off	3.0V	3.1V	3.2V	3.3V	3.4V	-	-	-	-	-	-	-
6-启动方式**	Stepped	直接	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7-启动功率**	0.031	0.047	0.063	0.094	0.125	0.188	0.25	0.38	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
8-启动转速	0.67	0.80	1.00	1.25	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-
9-启动加速度	0.4	0.7	1.0	1.5	2.3	-	-	-	-	-	-	-	-
10-换相进角	低	中低	中	中高	高	-	-	-	-	-	-	-	-
11-油门变化速率	2	3	4	6	8	12	16	24	32	48	64	128	-
12-阻尼强度	极低	低	中低	中高	高	最高	-	-	-	-	-	-	-
13-PWM 频率	高	低	低阻尼	阻尼*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14-Demag 补偿	关闭	低	高	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15-转动方向	正常	反向	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16-输入 PWM 电极	正极	负极	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*:仅适用于某些 ESC

**：ESC 不同，默认启动方法和功率也会有很多变化。通常逐步启动法适用于最初的 mCPX ESC，一般默认功率对更大的电调来说太低

默认数值用**绿色粗体**标识。

如果因某些原因（如电源不足，电压过低）导致在 eeprom/flash 编程过程中出现错误，ESC 将会加载默认设置。

Main 参数编程：

在定速“tx”模式中，油门行程数值在运行过程中会为定速模式设置速度目标。
此模式中油门曲线波动平稳。

在定速“arm”模式中，最大油门行程在等待声音徐立谗期间将为定速设置速度目标。
请注意定速“arm”模式不支持 PPM 信号输入。

在定速“设置”模式中定速速度目标保存在 ESC 中。它的默认数值为 70%油门行程位置（在带 6 级马达,8T 齿轮的 mCPX 上约为 4800rpm）。配置的软件可以改变这个数值。

在定速“arm”和“设置”模式中，油门曲线在运行过程中不会影响主桨速度。
在所需的 main-tail 组合（此组合存在于 mCPX 3.1 中），油门曲线可以设置成 V-曲线。
在这些模式中，油门行程必须在 20%以上，数值低于 20%将会导致曲线下降。

Governor P 增益为 governor 设置一个均衡的增益比。
此设置控制从速度误差到电机功率间的增益。

定速 I 增益 为定速设置一个整体的增益。
此设置控制从集成速度误差（总结以上时间）到电机功率间的增益。

定速范围设置可以设置在定速模式可以运行的前提下的速度范围。
高速范围：从 25%到 100%之间的油门行程可以导致 governor 速度目标从 70000-20800rpm.
中速范围：从 25%到 100%之间的油门行程可以导致 governor 速度目标从 390000-15600rpm.
低速范围：从 25%到 100%之间的油门行程可以导致 governor 速度目标从 20000-89000rpm.
低速范围主要用于低级数电机（如 2 级内转子）

电压过低限制可以设置电压来使电机功率降低。
达到此电压时电机功率降低，但只是暂时的，如果电压再次上升将会重新恢复到满功率状态。
低电压限制也可以被禁止。

Multi 参数编程：

在闭环模式中，油门数值在运行过程中会给电机设置一个转速目标。

闭环 P 增益设置转速控制环的增益比例。
此设置控制从速度误差到电机功率间的增益

闭环 I 增益为定速设置一个整体的增益
此设置控制从集成速度误差（总结以上时间）到电机功率间的增益

闭环模式可以设置在控制环可以运行的前提下的速度范围

高速范围：从 0%到 100%之间的油门行程线性对应转速目标从 0-200000rpm

中速范围：从 0%到 100%之间的油门行程线性对应转速目标从 0-100000rpm

低速范围：从 0%到 100%之间的油门行程线性对应转速目标从 0-50000rpm

当闭环模式设置为关闭状态时，控制环无效。

tail/multi 编程设置：

Tail/multi 增益测量施加到电机的给定的输入功率。

请注意低 Tail/multi 增益 也可以限制给到电机的最大功率。

Tail 空转速度是电机在延迟停止期间的速度。

在 tail and multi 模式中转动方向可以设置为“双向”

在此模式中，中心油门行程为“0”，向上为前进，向下则后退。

双向操作功能仅支持 PPM 信号输入。

当选择双向操作功能时，TX 编程被禁止。

main/tail/multi 参数编程：

启动方法会选择哪种方式来启动马达。

逐步启动方式首先运行电机时会给到电机一个给定的功率 转速和加速度使马达电机阶梯式启动运行。

直接启动方式启动电机会在最开始时使用电动势检测。在这个模式中，功率是由油门给到的，但是限制在最大油门行程之内。这个最大油门行程可以由启动功率参数来控制。

启动功率，转速和加速度是仅仅控制电机启动时的初始旋转的参数（大约只有 1 秒钟或更短）

启动功率设置在这个阶段马达所需的功率。

请注意启动功率设得太高可以导致 ESC 或马达超负荷。

启动转速仅适用于阶梯式启动方法，并设定已启动马达的转速。

启动加速度仅适用于阶梯式启动方法，并为已加速的马达加速。

如需要，这些参数可以用于优化各种不同马达和负载的马达启动。

换相进角可以通过几个档来调节。低的是 0°，中低是 8°，中是 15°，中高是 23°，高是 30°。

典型设置是设置为 15°，将会运行的很好。但如果马达工作时断时续不连贯时，可以换下进角。

有些具有高感应系数的马达可以有很长的换相消磁时间。这会导致油门行程快速上升时电机会停止工作或工作不连续，特别是在低 RPM 运行时。进角设置到高位时会有更多的时间来消磁，这很有用。

油门变化参数是另外一个可以避免消磁问题的技巧。将此参数设定到一个低值状态可以导致马达功率变化放缓。当然如想要一个有感应的马达，这是不可取的，但在有些情况下会有这样的需求。例如 400HZ 输入速率，油门变化率设置为 2，那么电机功率每 2.5ms 会有 2 步的变化。意思就是说从 0 到满功率状态需要 $(255/2) * 2.5ms = 319ms$ ，这太慢了。另外，默认设置为 255 步。意味着马达功率可以瞬间从 0 变换到满功率状态。

请注意油门变化速率参数对运行 Main 定速或 multi 闭环不起作用。

高 PWM 频率大概为 20-25kHz，低 PWM 频率为 8-12kHz。

用低 PWM 频率的好处就是步骤进程从几乎满功率到功率状态过程中会变慢。另一方面，8KHZ 属于可听见的频率范围，当电机转动频率与 PWM 频率相等时功率也有一个步骤的变化。

PWM 阻尼模式加快了电机延时的速度。阻尼模式始终使用高 PWM 频率。

在满阻尼模式中，在 PWM 关闭时，电机的三个终端都会短路，当处于空阻尼模式时，电机的其中两个终端会短路。

满阻尼模式仅支持一些 fet 开关足够快的 ESCs。

如果选择了阻尼模式中的一种，那么阻尼强度可以可变。

如果阻尼达到最高，会增加所有的频率周期的损失。

如果阻尼处于高状态，会增加 7/9 的频率周期的损失。

如果阻尼处于中高状态，会增加 3/5 的频率周期 s 的损失。

如果阻尼处于中低状态，会增加 2/5 的频率周期的损失。

如果阻尼处于低状态，会增加 1/5 的频率周期的损失。

如果阻尼处于极低状态，会增加 1/9 的频率周期的损失

阻尼模式有可能导致有些电机/ESC/电压组合在低速运行时运行不平稳。

这个可以在带高阻尼力和 fets 开关缓慢的高电动转速系统中得以看见。

如果你认为这是个问题，你可以减少阻尼力或用一个 FETS 开关更快的 ESC。

转向设置可以用于反转的电机。

输入 PWM 极性的设置可以用于改变油门行程的方向。这个用于提供负极 PWM 的接收机（至少有些 Walkers 是这么做的）。

当使用 PPM 输入时，极性必须设定为正极。

Demag 补偿功能是用来保护电机在换相后的长时间消磁时导致的停转。典型的情况就是在油门快速增加时特别是电机还在低转速状态下运行时，电机停转或转动不连贯。如前所述，设置高换相进角通常是很有用的，但是会降低效率。也可以减少油门变化速率，但会减缓油门反应。

Demag 补偿功能是解决这些问题的一个替代方法。首先，当 demag 情况发生时它会进行检测。

-在这种情况下，没有进角信心，换相是以预测的一个进角来进行的。

-除此之外，电机有时在下一个换相之前会关闭。

-第三个对策就是：当给 demag trigs 进行连续换相时电源被连续切断。

这三点是用于如下所示的不同的程度的，由 demag 补偿参数来选定。

Demag 补偿	关闭	低	高
预测进角	22.5	7.5	7.5
关闭电源时间	0	15	22.5
当 consecutive trigs 时关闭电源	否	是	是

数值用度数来表示。电机电转是 360° ，一个换相周期是 60° 。

如上表所述，电源关闭时间取决于由所选择的换相进角。

总之，高一点的 demag 补偿参数可以给与电机更好的保护。

如果 demag 补偿参数设置得过高，可以稍微减小最大功率。

编程参数只可以用特定的软件来设置(BLHeliSetup, BLHeliTool):

-PPM 信号输入的油门最大和最小行程数值（也可以通过油门行程校准来改变）

-PPM 油门行程中心点数值来达到双向操作。

-定速安装模式转速目标。

-蜂鸣强度，信号强度和信号延迟。

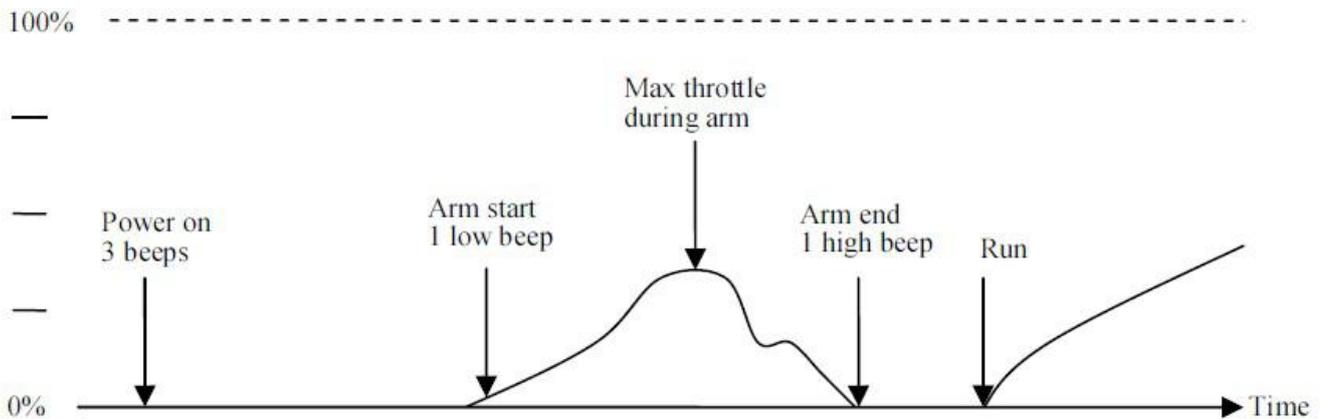
-通过 TX 编程。如被禁止，TX 不可以用于改变参数数值（默认设置激活）。

-每次启动重新等待声音序列。如被激活，并不止在第一次打开电源后（默认设置被禁止），而是每次启动都会要求一组的新的等待声音序列。

-支持为 ESC 输送高/低 BEC 电压。

等待声音序列：

下图显示的是油门数值与时间对比的例子。



电源打开，ESC 发出 3 声哔哔声。

PWM 输入，适用以下步骤：

当油门行程增加到 0 以上时，发出一声低音调的哔哔声。信号显示等待声音序列开始。

当油门行程再降到 0 时，发出一声高音调的哔哔声。信号显示等待声音序列结束。

PPM 输入，适用以下步骤：

当检测到油门信号时，发出一声低音调的哔哔声。信号显示等待声音序列开始。

然后，当油门行程回到 0 或在 0 时，发出一声高音调的哔哔声。信号显示等待声音序列结束。

当一个使用 Main 电机的 ESC 使用 PWM 输入时，油门行程在等待声音序列期间会被监控。最大油门行程数值会被记录下来。

如果选择了定速声音等待模式，这个数值会在马达启动运行时作为定速的速度目标。

运行时，油门行程只要不低于 20%，油门输入就不会受到影响。

另外，如果在等待声音序列期间检测到了 100%油门行程，ESC 开始进入编程模式。

Main 电机在停止后再启动方式会有所不同，它取决于选择何种启动方式。

对于阶梯式启动法来说，从马达停止（0 油门）到新启动开始之前会有一个 3 秒钟的延迟。

对于直接启动法来说，电机关闭后可以立即重启。

Main 电机在满功率状态下有一个 5 秒钟的软 **spoolup** (在 rev9.2 前比 code 长)。该 **spoolup** 分三个阶段完成，这样是为了足够慢使 heli 不能移动，特别是在 tail 的转速足够高之前给与一些 tail 的权限。在第一阶段限制功率只有启动功率大小约 1 秒，然后使功率在接下来的 2 秒内的增长速度放缓。最后一步限制功率使功率一直增长到满功率状态期间不能增长得太快。

如果 ESC 被 **armed** 了且看到给定了 0 油门一个时间，ESC 会发出警示哔哔声，哔哔声每秒一次。

输入信号：

ESC 接受正极或负极的 PWM 以及 PPM 作为输入信号。

在等待声音序列期间会自动检测输入信号的型号。

唯一需要改变默认参数的输入信号是负极 PWM。

12kHz, 8kHz (mCPX v1), 4kHz, 2kHz (several Walkeras) and 1kHz (mCPX v2) 可以接受 PWM. 12kHz 只接受来自 Rev10.4 的 PWM.

PPM 有一个默认的油门行程范围，范围为 1150us-1830us, 可以接受从普通到 50Hz 到几百 Hz 的刷新率。

PPM 的油门行程可校准范围为 1000us-2000us, 并要求最大油门行程和最低油门行程之间必须相差 520us 以上。如果校准的范围小于 520us, 最大油门行程将会改变，这时最大和最小之间将相差 520us.

过热保护：

ESC 会测量 MCU 中的温度，当温度过高时会限制电机的功率。

可以通过四步来限制马达的功率：

- 当温度高于 140°时，马达功率被限制到 75%
- 当温度高于 145°时，马达功率被限制到 50%
- 当温度高于 150°时，马达功率被限制到 25%
- 当温度高于 155°时，马达功率被限制到 0%

注意：这仅适用于 rev4.1 以上版本。对版本 rev4.0, 开启限制功能的温度范围为 85°-130°。

再生制动/有效惯性滑行：

通过再生制动可实现各种阻尼模式。

支持全阻尼模式的 ESCs 与不支持的 ESCs 实现的方式不一样。

下表可以显示哪个换相周期可以被用来制动。在表格中马达的三个终端是 DrivenH, DrivenL 和比较器。表格中的 X 用来表示换相周期被缩短。

	Fully damped 激活		Not fully damped 激活	
	Damped light	Damped	Damped light	Damped
DrivenH	X	X		不支持
DrivenL	X	X		不支持
比较仪		X	X	不支持

当 DrivenL 终端被用来制动时，有效惯性滑行也会执行。

然后通过制动所导致的损失被缩短了的有效惯性滑行所抵消。

当比较器终端被用来制动时，阻尼强度会减小，这是为了有些 PWM 的周期可以读取比较器的信息。否则马达运行会不平稳，特别是在低油门行程运行更明显。

最大速度：

不同设置的最大速度大约如下：

	最大速度
Non Damped, 开环	200 000 eRPM
Non Damped, 闭环	160 000 eRPM
Damped light, 开环	180 000 eRPM
Damped light, 闭环	125 000 eRPM

阻尼和闭环会降低最大速度，因为 **timing margins** 和 **MCU** 的负荷会随之增加。这些数字在不同的 ESCs 上会有不同的改变。

修正历史回顾：

- Rev1.0：基于编程 AVR 控制器的 BLheli 做的最初修订。

-Rev2.0：改变了 “Eeprom”的初始化，布置和默认设置。

对读取比较器做了很多改变和提升。现在从 PWM 开关上使用 timer1 选择进角。

哔哔声音更大

添加了可编程的低电压限制。

添加了可编程的阻尼 tail 模式（仅适用于 1S ESCs）

添加了可编程的马达转动方向

-Rev2.1:（通过 4712 做了细微改变）

添加了禁止通过电脑安装程序给 TX 编程

因此替换 EEPROM_LAYOUT_REVISION = 8

添加了当写入 “EEProm”时将 Vdd 监控器作为复位源。

使用批处理文件来替换安装，连接和制作 hex 文件。

-Rev2.2:（通过 4712 做了细微改变）-

添加了通过电脑安装程序，禁止每次马达启动时油门行程重新启动等待声音序列。

-Rev2.3:（通过 4712 做了细微改变）

添加了 **bugfixed (2x CLR C before j(n)c operations)thx Steffen!**

-Rev2.4: Revisions 2.1 to 2.3 的结合版

-Rev3.0：添加了 PPM(1050us-1866us)作为可接受的输入信号。

添加了将启动转速作为一项编程参数。

添加了将启动加速度作为一项编程参数。

添加了将使用电压测量来补偿电机功率的选项。

添加了将启动设置的定速速度目标 作为定速 模式的选项。

保持定速对转速无效的设置。

排除在 arm 和启动模式中 **governor spoolup/down**

增加了定速 P 和 I 的可编程增益范围。

增加并改变了低压限制可编程的范围。

除了第一次打开电源进行的等待声音序列外 TX 编程禁止进入。

使得在 tx 编程中油门行程中心值设定可以跳过参数直接编程。

将无需每次启动等待声音序列作为默认设置。

-Rev3.1: 填补了一个漏洞来防止在 tx 编程中设置参数选择。

-Rev3.2:也更新了 EEPROM revision 参数

-Rev3.3: 填补了电压补偿中的负数漏洞

修正启动功率计算为非默认功率。

防止电压补偿与低压限制相冲突。

应用综合 **spoolup** 控制已确保在任何模式中 **soft spoolup**

增加了一个 3 秒的延迟从主电机停止启动到新的启动被允许。

减少哗哗声的功率来减少电机/ ESCs 的功耗

- Rev3.4: 修正了一个漏洞可以防止在定速声音等待和设置模式中达到满功率状态。

为 XP_7A and XP_12A 增加了 **NFETON_DELAY** 从而允许更大功率的 fets.

增加了 **spoolup** 的初始功率并与启动电源连接

-Rev4.0:修正了一个漏洞使 tail tx 编程的哗哗声非常微弱。

增加了过热保护功能

定速 P 和 I 的增益范围增加到 8.0X 增益

启动序列在 0 油门之上时被中止。

避免当电压补偿未激活时，电压补偿功诱导 tail 延迟。

改进了输入信号序列检测的稳固性。

-Rev4.1: 增加了热保护温度的限制

-Rev5.0: 添加了 multi(copter)操作模式。Tail 定义改为三种模式：MAIN, TAIL and MULTI

增加了换相进角编程程序。

增加了一个轻阻尼模式，此模式的阻尼会更小，但是可适用于所有 ESCs.

增加了可编程阻尼的强度。

给启动也添加了过热保护程序。

添加了一个等待哗哗声程序。当油门行程（在 armed 之后。）在 0 之上并等待超过 10 秒时启动这个程序。

修改了 tail 空转程序为超低速提供选择。

PPM 范围改为 1150-1830us

除了定速声音等待序列模式，声音等待序列不接受 PPM 输入。

PPM 输入时输入信号减弱将会立即停止电机。

修正了 Turnigy Plush 6A 的电压测量装置。

为原始 fets 设置 fet 开关延迟。更强的/两倍或三倍甚至更多的 fets 可能要求更快的 fet 关闭开关。

各种各样的其他改变。

-Rev6.0: 为了防止 tail 电机中断将常规阅读比较仪恢复到 rev5.0 版本，

添加了定速编程范围

为 multi 模式不同启动功率执行重启序列。

在轻阻尼模式中，阻尼用来为可以满阻尼工作的 ESC 激活 **nfet phase**。

-Rev6.1: 为 PPM 增加了输入信号资格标准，以此避免噪音触发情况（修正了 **plush** 硬件）
改了 main 和 multi 模式中中断的标准。现在，就算 RC 脉冲输入是 0 都会一直处于运行模式。
填补了一个漏洞解决了在轻阻尼模式时换相所导致的不平稳运行。

-Rev7.0 增加了直接启动模式的可编程范围。

增加了油门行程校正范围。最小 $\geq 1000\mu s$ ，最大 $\leq 2000\mu s$ ，差额必须 $> 520\mu s$ ，否则
最大油门行程会自动转换直到差额为 $520\mu s$ 。

添加了可编程的油门变化率。

添加了可编程的哔哔声强度，警示强度和警示延迟。

明显减少了达到满功率状态所需的步骤。

还有很多其他的改变。

-Rev8.0 在电源打开后增加了 2 秒的延时，以等待接收机初始化。

增加了一个禁止低压限制的编程选项，并在 multi 模式中设为默认设置。

增加了 Demag 补偿编程，利用 Simonk 概念。

提升了抵抗噪音输入信号的稳固性。

直接启动优化

去掉了电压补偿设置

还有很多其他的改变。

- Rev9.0 增加了启动功率的可编程范围，and made it's default **ESC dependent**

Made default startup method ESC dependent

Main 的 **spoolup** 更加平稳，可以适用于更大的 helis.

改进了从启动到运行间的步骤转变。

优化了直接启动方式

-Rev9.1 填补了一个漏洞，改变了油门校正或 tx 编程后的 FW 修订。

-Rev9.2 油门校准的进角可变，使之可以与各种不同标准的固件工作。

将 main 的 **spoolup** 时间减少到大约 5 秒。

将默认警示延迟时间改为 3 分钟。

-Rev9.3 在 Plush 60/80A 温度显示程序中加了个补丁，这样当电池超过 4S 时会停止操作。

改正了 HiModel cool 22/33/41A, RCTimer 6A, Skywalker 20/40A, Turnigy AE45A, Plush 40/60/80A 的温度限制。先前设置的限制温度太高了。

-Rev9.4 改进了增加最大转速限制的进角。

-Rev10.0 为 multi 增加了封闭回路模式

增加了高/低 BEC 电压选项 (适用于那些 HW 支持的 ESC)

增加了 tx 编程中将所有被编程了的参数数值重置为默认设置的重置方法。

增加了 Turnigy K-force 40A 和 Turnigy K-force 120A HV ESCs

有些 ESC 禁止使用满阻尼模式。

向下扩展了启动功率的范围，使得大型 heli main 电机可以平稳启动。

扩展了最高设置的阻尼强度。

改正了 F310 芯片的适用温度范围(Plush 40A and AE 45A)。

实现了温度的平均读取值，以此避免 ADC 噪音对 Skywalkers 产生问题。

增加了 XP 7A 开关的延迟时间，以此避免 fets 交叉传导产生的 N 和 P 的场效应。

还有很多其他的改变。

-Rev10.1 放宽了在频率测量期间对 RC 信号跳动的要求

修正了一个漏洞，从而可以预防使用低定速

VDD 监测仪始终处于激活状态，以此减少意外重写调整项的可能性。

添加了一个补丁，使 PPM 输入高于 2048us 中断运行，同时调整最高可接受上限给 2160us.

-Rev10.2 修正了 AE20-30/XP7-25 的适用温度范围， 原来的设限太高了。

修正了 120HV 的适用温度范围，原来的设限太低。

添加了一个补丁，使 AE20/25/30A 不能反转。

-Rev10.3 去除了可使用 1S 的 ESC 的检测仪，以此避免出现局部短暂限电或重置的情况。

设置了一个自动 **bailout spoolup** 使得 main 运行更平稳。

-Rev10.4 确保 **main spoolup** 和定速激活始终平稳，不受油门输入影响。

添加了同样可以操作 12kHz 输入信号的能力。

-Rev11.0 在 MULTI 模式中为定速添加了一个可编程默认数值的补丁。

禁用明确中断的一些地方，避免无意 触发 FET 开关的可能性。

改变禁止中断的策略，始终中断 PWM，以避免低转速下运行时的噪声。

添加了 main 模式的定速中间范围。

为使用 PPM 输入的 TAIL 和 MULTI 添加了一个双向模式。

改变并改进了 demag 补偿机制。

还有其他各种改变。