

# BLHeli\_32 操作手册 ARM Rev32.x (中文译版)

BLHeli\_32 为第三代 BLHeli 固件，以 BLHeli 和 BLHeli\_S 代码为基础。

BLHeli\_32 为追求卓越的性能，功能而设计，主要用于多轴飞行器，运行 ARM 32bit MCUs。

所有代码使用 damped light 模式。

damped light 工作原理，利用再生制动，使马达能够快速减速，并自带同步续流功能。

程序具有防失步功能，可调节的参数使得程序能够在绝大多数苛刻的环境中正常运行，默认参数设置在普通操作环境下能够非常完美的运行。

程序支持普通 1-2 毫秒脉宽输入，同时也支持 Oneshot125 (125-250us)，Oneshot42 (41.7-83.3us) 和 Multishot (5-25us)，Dshot 信号支持频率至少到 Dshot1200, 电调自动识别输入信号。

程序拥有指示灯功能，当零油门信号超过预设时间，电调会开始发出哔哔警报声，这对找到丢失的飞行器很有帮助。

## 编程参数：

### 斜升功率：

斜升功率可以设置为相对值范围 3%-150%，这是低转速启动过程中允许的最大功率。对于低转速，马达的最大功率被限制，因而能够更容易检测到低 BEMF（反电动势）电压。

斜升功率也作影响双向操作，该参数用于限制方向反转时的功率

实际应用功率根据油门输入决定，可以更低，但是最小值为最大值的 1/4

### 马达进角：

马达进角可以设置为：大约  $1^{\circ}$ - $31^{\circ}$ ，以  $1^{\circ}$  为增额（实际精确值为 15/16 度）

通常设置为 Medium(中等)就可以运行良好，如果马达不顺畅可以加大进角设置。

有些高感量系数马达，需要很长的换相消磁时间。这可能导致当油门快速增大时马达停止工作或者咳嗽，特别是在低转速运行时。将进角设置成 high(高)，能允许更长时间消磁，对这种情况通常有帮助。

这个参数也可以设置为自动，代码会监测消磁时间，保持进角足够低使得消磁过程中不出现问题，如果马达表现良好，进角会在整个功率范围保持较低，因此最大功率可以较少，反之，进角会根据需要增大。

### PWM 频率：

马达PWM的频率为16KHZ-48MHZ。更高频率可以使马达运行更平滑，可调价的频率允许小的移动，但潜在地会干扰波峰油门响应，所有ESC都有波峰，BLHeli\_32能在转速范围内移动到系统对应一个较低的敏感度位置。

### 消磁补偿：

消磁补偿功能用于保护在马达换相后由于长时间消磁导致马达失速。

最典型的现象是当油门快速增大，马达停止工作或者出现咳嗽现象，特别是在马达低转速时。像上面提到的一样，设置高的进角通常有帮助，但是会损失效率。

消磁补偿是解决这个问题的一个备选方案。首先他会检测消磁的发生。

-当马达进角上没有任何信息的情况下，电机按照预设进角盲目行进换相。

-此外，在下次换相前马达电源切断一段时间。

计算出一个比例用于显示消磁情况的严重程度，情况越严重，电源切断时间就越长。

当消磁补偿设置为 off，电源不会被切断。

当消磁补偿设置成 low 或者 high，电源会被切断，如果设置成 high，电源切断时间更长一些。通常来说，消磁参数设置越高，保护越好。如果消磁设置过高，最大功率在某种程度上会减小。

#### **最大加速度：**

最大加速度可以设置为 0.1%/ms -25.5%/ms。也可以设置为最大，在这种情况下，加速度不受限制。限制最大加速度主要是为加速度太大造成失步提供的一个备选参数。

比如设置为 10% /ms，表示提供给马达的功率每 ms 不能增加超过 10%。

#### **马达方向：**

转动方向可以设置为 fwd（正向）/rev（反向）/bidirectional fwd（双向正向）/bidirectional rev（双向反向）。

双向模式下，中间油门为 0，其上为正向转动，其下为反向转动。

当选择双向操作，油门校准不可用。

#### **哔哔声强度：**

按照正常操作设置哔哔声强度。

#### **报警声强度：**

设置报警声强度。当零油门信号达到设定时间时，电调会发出哔哔报警声。请注意设定高强度哔哔报警声会使马达或者电调发热。

#### **报警声延迟：**

报警声延迟用于设置报警声开始报警前的延迟时间。

#### **油门校准开关：**

如果被禁用，油门校准会被禁用。

#### **最小油门，最大油门，中油门：**

这些设置用于设定电调油门范围。中油门仅仅用于双向操作。设置中给定的值是针对 1000us 到 2000us 的普通输入信号，对于其他信号输入，需要按照相应比例设定值。

对于 Dshot，这些设置无效。

#### **温度保护：**

温度保护可以设置为启用或者禁用。温度阈值可以调整，主要是给硬件制造商使用，因为各种不同元器件的硬件可能对最高温度有不同的容忍度。

#### **低转速功率保护：**

低转速功率限制可以设置为启用或者禁用。

禁用它可以使得某些低 KV 马达运行在低供给电压的时候能够获得满功率。

但是，禁用它会增加失步风险，有可能使马达或者电调发热。

#### **低电压保护：**

低电压保护每节电池可以设置在 2.5V-4.0V 之间，或者也可以禁用。

当启用时，在电池电压掉到设定阈值时，他讲限制电池给马达供电，这个功能主要用于固定翼上。

#### **电流保护：**

电流保护用于限制电流，如果启用，电流将被限制在最大设定值内，电流限制的反应很快，所有加速过程中电流也会被限制。

#### **制动停止：**

制动停止可以设定为 1%-100%或者禁用。当没有禁用，油门为 0 时，会按照设定的制动强度执行。对于非 0 油门，设置无效。这个功能主要用于折叠桨的固定翼上。

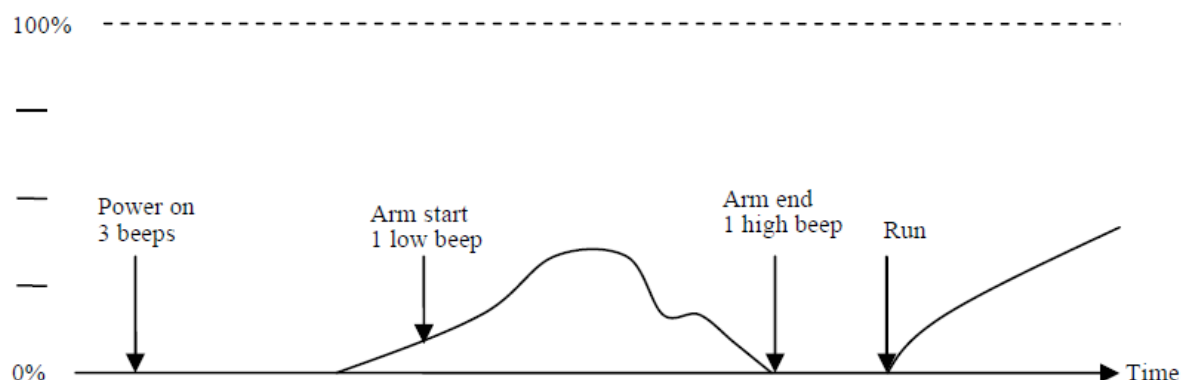
在有些电调上，这个不是可以线性设置的，仅仅是能启用（1%-100%均对应 100%）或者禁用（应用于具有 EN/PWM 驱动的电调）

### LED 灯控制:

如果电调支持 LED 灯，最多可以控制 4 个 LED 灯的开关。

### 上膛时序:

下图展示了油门值随时间变化的例子。



接通电源，一个激活的电调发出 3 声哔哔响声。

当检测到油门信号，发出一个低声哔哔声。这个表示输入信号被检测到。

然后，当油门为 0，会发出一个高声哔哔声，这是准备时序结束信号，此时电调准备好工作了。

另外，当上膛时序检测到油门超过 50%，电调开始油门校准

如果电调启动完毕并且接收到油门信号为 0 达到设定时间，会响起报警声哔哔声，大概每 3 秒循环一次。

### 输入信号:

有效的油门校正范围为 1000us 到 2000us，最小和最大之间最小相差 140us (双向模式 70us)，如果校正好，最大值和最小值相差不到 140us (70us)，那么最大值会自动上移至相差 140us (70us)。

Oneshot125 工作模式和普通的 1-2ms 相同，不同是其时间是普通信号的八分之一。同样对于 Oneshot42，其时间又是 Oneshot125 的三分之一。Multishot 除了输入信号范围为 5-25us 外，运行同其他信号是一样的。

Dshot 支持任何频率，达到至少 Dshot1200，当输入信号为 Dshot，油门校准无效，油门校准值被忽略。

输入信号可以支持到 32kHz，但是更高的输入信号频率会导致更高的 MCU 负担，也会减小 ESC 能负担的 erpm 最大值。

### 热保护:

ESC 检测 MCU 内部温度，如果温度过高则限制马输出功率，马达功率限制范围如下：

- 温度超过阈值，马达功率开始限制。
- 温度超过阈值 15 度，马达功率限制为 25%
- 马达功率低于 25%不再限制

### 失速保护:

如果马达尝试启动，但一段时间后还是没有启动成功，将会停止再次尝试，直到油门置零后再次尝试启动。

### 再生制动/同步续流:

damped light 模式是通过再生制动产生的效果，并带有同步续流。

通过同步续流来抵消制动时能量损失。

### 马达PWM:

马达PWM的可调节频率为16KHZ-48MHZ，主频48MHz，PWM 24kHz的MCU，分辨率是2048步。

### 哔哔声-正常操作:

启动电源:



接收到油门信号（上膛时序开始）:



接收到0油门信号（上膛时序结束）:



这之后马达开始运转

### 哔哔声-油门校准

电源启动:



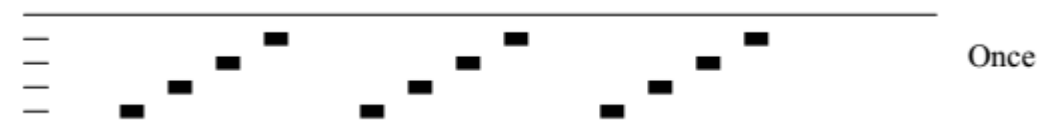
检测到油门信号（上膛时序开始）



当油门在操作杆中位之上（测量最大油门）



如果油门在操作杆中位之上3秒，这个哔哔声时序表示最大油门已经被存储。



如果油门在操作杆中位以下（测量最小油门）



如果油门在操作杆中位以下3秒钟，这个哔哔声时序表示最低油门值被储存。



### 哔哔声-没有激活的电调

所有的电调需要在生产过程中被激活。

如果由于某种原因，电调没有激活，当接通电源，在正常启动前会发出以下哔哔声：



### 哔哔声-激活失败的电调

所有的电调需要在生产过程中被激活。

如果由于某种原因，电调激活失败，不被认为是一个合法的BLHeLi\_32产品，当接通电源，在正常启动前会发出以下哔哔声：



在这种情况下，电调只能接受1-2ms PWM输入信号。

**历史版本:**

-版本: Rev32.0, 第一个正式发行版