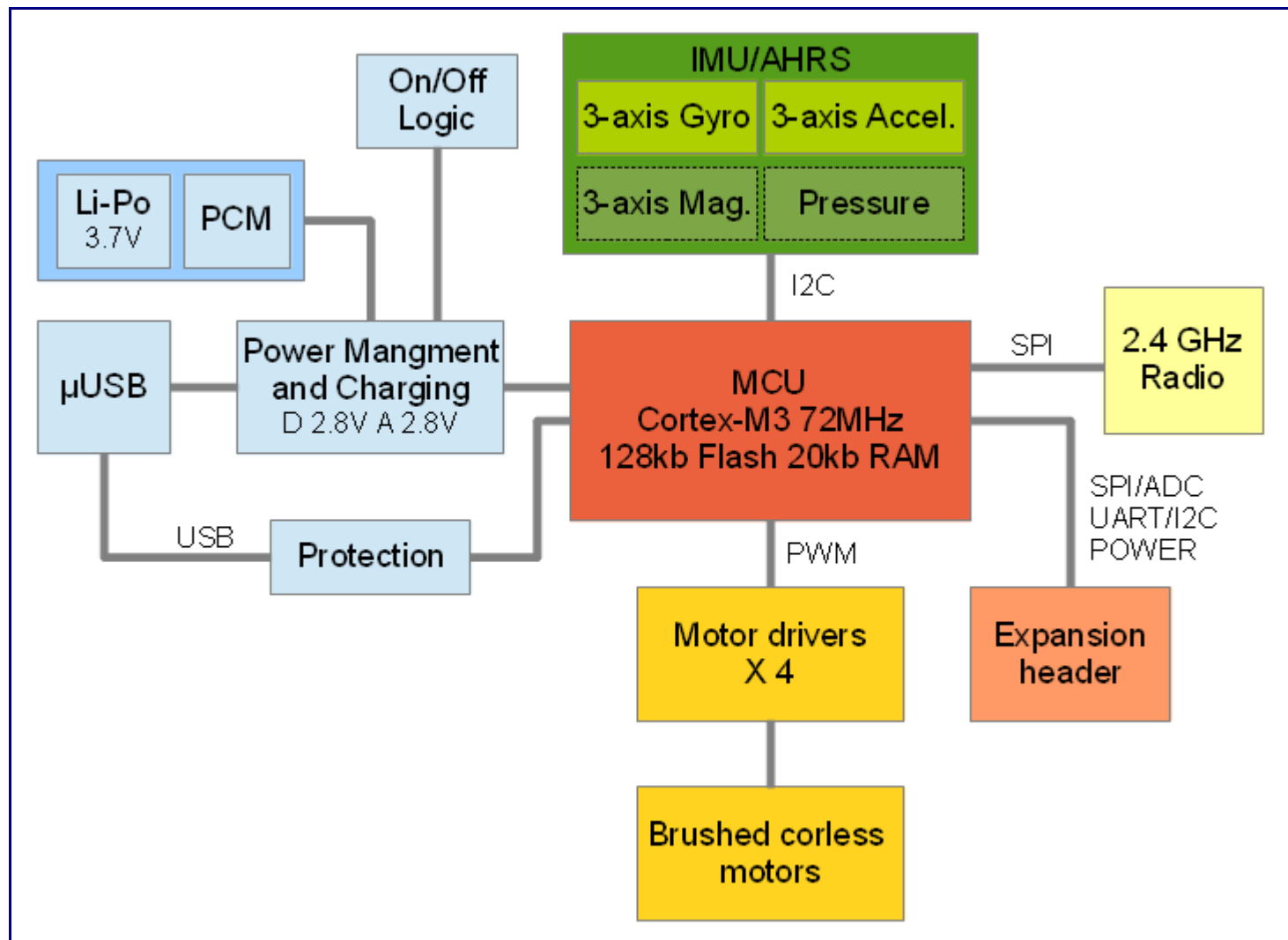


Crazyflie飞控板电气原理

电气系统框图



电池



电池使用的是锂电池（锂离子聚合物电池），是目前流行的遥控模型电池。但锂电池也不是非常安全，必须小心使用，否则可能引起火灾。锂电池对欠压或者过充也很敏感，过放电或者短路将产生大量的热。即使有这些缺点，锂电池也是比较适合的选择，因为它具有目前最高的电能/质量比和最大的放电电流。

PCM

为了应付锂电池的这些缺点，我们使用电路保护模块（PCM）来防止电量不足、过放电或者短路。PCM 位于电池上部的橙色胶带下面，从中引出两条电源线。

PCM 的参数如下：

| 条目 | 额定值 |
|--------------|-----------------|
| 过充电检测电压 | 4.20±0.025V |
| 过充电解除电压 | 4.10±0.050V |
| 过充电检测延时 | 0.92~1.38S |
| 过放电检测电压 | 2.80±0.050V |
| 过放电解除电压 | 2.90±0.100V |
| 过放电检测延时 | 115~173 ms |
| 过放电电流 | 4~9A |
| 过放电电流延时 | 7.2~11ms |
| 短路检测延时 | 220~380us |
| 短路解除条件 | 断开负载 |
| 损耗电流 | Max 0.7uA |
| 建议最大连续充/放电电流 | 3A |
| 建议使用温度 | -20 - +60 deg C |
| 内阻 | <60mOhm |

锂电池

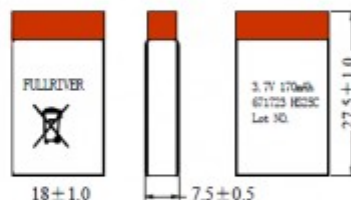
本装置使用的是来自 [Fullriver](#) 的锂电池。

产品规格：

| 型号 | 电压 (V) | 容量 (mAH) | 厚度 (±0.2) | 宽度 (±0.5) | 高度 (±0.5) | 质量 (g) | 充电率 | 连续放电率 | 突发 (≤5S) |
|-------------|-----------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-------|-------------|-------------|
| 671723HS25C | 3.7 | 170 | 6.9 | 17 | 23 | 3.9 | 1C-5C | 25C (≥ 80%) | 50C |

Lithium Polymer Battery 671723 HS25C

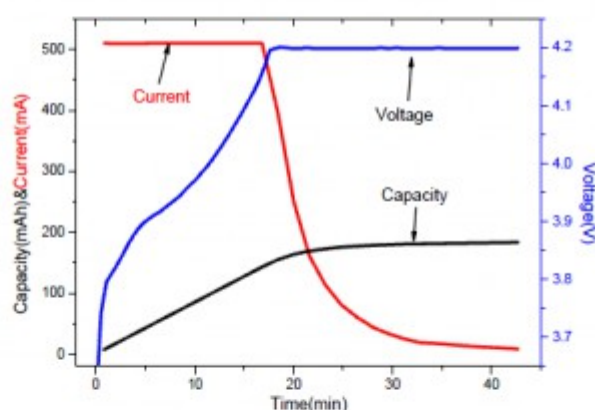
| | |
|---|---------------------------------------|
| Nominal capacity and voltage | 170mAh / 3.7V |
| Impedance Internal(1kHz AC) | $\leq 120\text{m}\Omega$ |
| Cell Weight | $\leq 5.2\text{g}$ |
| Charging Method | Constant Current +Constant Voltage |
| Charging Voltage | 4.2V |
| Standard Charging/Discharge Current | 170mA (1C) |
| Max Continuous Charging/Discharge Current | 3C/10C |
| Discharge Cut-Off Voltage | 3.0V |
| Operating Temperature | -20°C to +60°C |
| Storage Temperature | -20°C to +50°C |



Charge/Discharge Characteristics

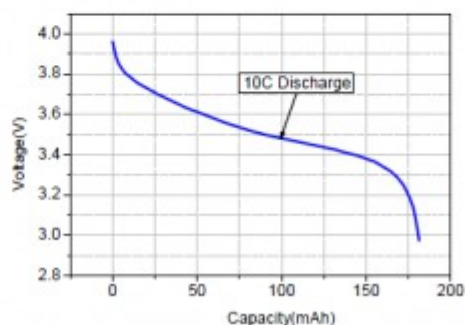
1. Charge Characteristics

Charge: 510mA(3C) CC/CV 4.2V C/20 cut-off, at 23±3°C



2. Discharge Characteristics

Discharge: 1700mA(10C) CC 3.0V cut-off, at 23±3°C



电源连接头

我们在电池侧使用的是 [JST-ZHR-2P](#) 连接头。根据它的规格只能连续通过 1A 的电流，但在若干次 4A 的测试中并未发现任何问题。我们测试此连接头的接触电阻为 4 欧，即使在消耗电流大约 1.4A 的悬停状态和其他更多的突发电流，所以我们选择此连接头。

更换电池

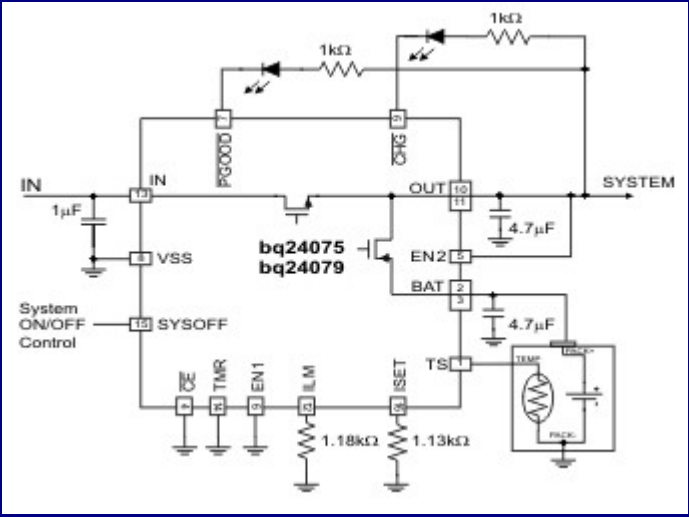
更换其他的锂电池可能会获得更长的飞行时间或使飞行器更轻。最好是使用相同连接头的新锂电池，这种电池很普遍且能在大多数分销商处买到，亦或你也可以去掉 PCB 板上的连街头然后将其直接焊在板子上。如果你选择更换电池，确保它有一个高放电率的 PCM。

我们已经测试了若干个不同容量的锂电池，从 100mAh 到 400mAh，发现 150mAh 到 250mAh 是最

佳飞行性能的容量范围。

电源

电源管理



电源管理主要是由 [TI BQ24075](#) 电源管理芯片来完成。它能开/关和给锂电池充电。BQ24075 有三种输入限制模式，100mA，500mA 和用户自定义（当前设置为 740mA），这使得它更容易的遵守 USB 标准。当将 Crazyflie 接上家用适配器时也使它能快速的充电。但是我们的 170mAh 电池一般不允许超过 3C（510 毫安）的充电速率。

电源配置

Crazyflie 飞控板在 4 层 PCB 板中使用独立的电源层的方式。这已经被证明能很好的运行以及

具有低的纹波电流。然而，这并不完美，在某些无线通道，我们可以看到有时电机的 PWM 会干扰无线通讯。

几种不同类型的电源和地：

| 名称 | 范围 (V) | 描述 |
|-------|------------|----------------------------------|
| +BATT | 3.0 - 4.2 | 电池供电电压 |
| VCOM | 3.0 - 5.5 | 经过电源管理芯片后的电压，可能是+BATT 或者 USB 的电压 |
| VCC | 2.8 or 3.3 | 数字供电电压，输入是 VCOM |
| VCCA | 2.8 | 模拟供电电压，经过滤波，输入是 VCOM |
| GND | 0 | 电机和电池的共享地 |
| DGND | 0 | 数字地，在起始点连接到 GND |
| AGND | 0 | 模拟地，在起始点连接到 GND |

模拟和数字电源使用的是 TPS79301 可调稳压芯片。这是超低噪音的 200 毫安 LDO 稳压模块。我们选择可调节稳压片来支持两种电压以此获得最大的调节能力。可以通过改变一对偶电阻的阻值来设置输出电压。当接上 USB 线缆时，我们也能将数字供电从 2.8V 切换到 3.3V 来适应 USB 供电标准。

MCU

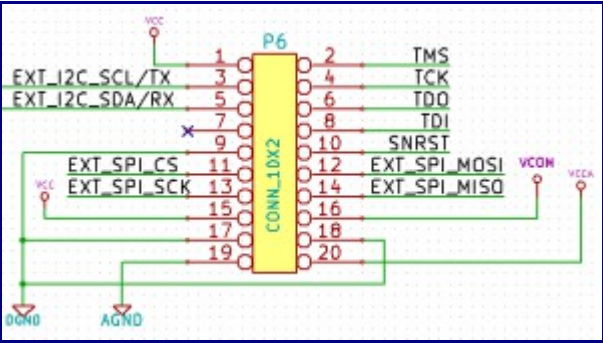
微控制器（MCU），Crazyflie 的大脑，我们使用的是 ST Microelectronics 的 STM32F103CB。实际上我们在 2009 年就选择了此 MCU，现在已经非常普遍被电子爱好者和其他无人机平台使用。我们的 STM32F103CB 运行在 72MHz 的全速状态，它具有 128KB 的 Flash 和 20KB 的 RAM。截至 2012 年 12 月，我们的固件需要 46KB 的 Flash 和 16KB 的 RAM。RAM 绝对可以更加的优化，以便有足够的空间来实现更多的算法和有趣的东西。我们使用了其处理能力的 40% 左右（包含了一个 500Hz 的更新循环）和大段的空闲，因为我们使用了一个“阻塞式”的 I2C 驱动。

传感器

至于传感器我们使用的是 Invensense 公司的 MPU-6050 单芯片六轴传感器，它包含了一个三轴陀螺仪和一个三轴加速度计。这已经足以保证 Crazyflie 的稳定。我们的第一个版本使用的是模拟的 IDG500 和 ISZ500 传感器，但 MPU-6050 的陀螺仪性能要好些。但 MPU-6050 的加速度计没有我们之前使用的博世 BMA145 好，到已经足够了。MPU-6050 和 BMA145 都无法屏蔽高频振动，所以保持电机振动在最低限度是提升性能的明智之举。六轴系统无法消除航线的漂移而这对于自主系统很重要。因此如果可能，可以手动焊接安装磁强计 HMC5883L/HMC5983（截至 2012 年 12 月我们还未测试 HMC5983）。然而我们花太多时间测试 Crazyflie 的磁强计，由于近距离电机强大的磁场，这可能是个挑战。

另外，如果你感兴趣的话也可以手动焊接 MS5611 压强传感器。这可能增加一个高度保持功能。虽然现在还没有 SW 的支持。

扩展口



扩展口位于 Crazyflie 的左侧，它是一个未焊接排针的 10*2 针 1.27mm 间距的过孔。我们想通过这些过孔来连接上面或者两侧的扩展板。它甚至可以堆叠多个扩展板。

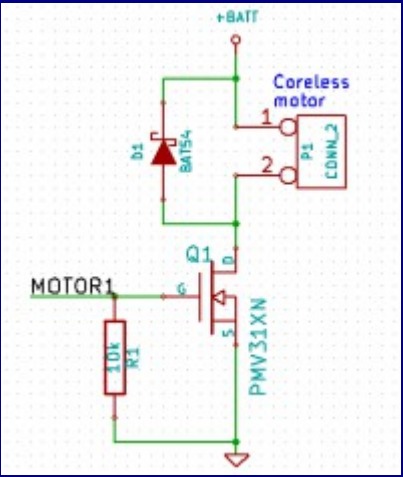
扩展口分为两部分。pin1 到 pin10 是 JTAG 部分，pin11 到 pin20 是总线/电源部分。UART 的 RX/TX 位于 JTAG 部分，因为很多基于 JTAG 的 FTDI 可以用作串口通讯，这在调试的时候非常方便。

接口描述

| 接口 | 名字 | 描述 |
|----|-------------------|--------------------------|
| 1 | VCC | 数字电源 |
| 2 | TMS | 测试模式使能 |
| 3 | EXT_I2C_SCL/TX | I2C_SCL 或 UART TX |
| 4 | TCK | 测试时钟 |
| 5 | EXT_I2C_SDA/RX | I2C_SDA 或 UART RX |
| 6 | TDO | 测试数据输出 |
| 7 | N/A | 未使用 |
| 8 | TDI | 测试数据输入 |
| 9 | DGND | 数字地 |
| 10 | SNRST | 系统复位 |
| 11 | EXT_SPI_CS/AIN4 | SPI 片选或 4 管脚模拟输入 |
| 12 | EXT_SPI_MOSI/AIN5 | SPI 片上主机输出从机输入或 5 管脚模拟输入 |
| 13 | EXT_SPI_SCK/AIN6 | SPI 时钟或 6 管脚模拟输入 |
| 14 | EXT_SPI_MISO/AIN7 | SPI 片上主机输入从机输出或 7 管脚模拟输入 |
| 15 | VCC | 数字电源 |

| | | |
|----|------|-----------|
| 16 | VCOM | 电池/USB 电源 |
| 17 | DGND | 数字地 |
| 18 | DGND | 数字地 |
| 19 | AGND | 模拟地 |
| 20 | VCCA | 模拟电源 |

电机驱动



我们使用的有刷电机驱动是一个简单的下拉场效应管(MOSFET)，如左侧原理图所示。还有一个续流二极管来分流由电机在 PWM 工作模式下产生的反电动势尖峰。

我们选择的是 SOT-23 封装的 PMV31XN 场效应管（MOSFET），它能很好的处理至少 3A 的大电流。MOSFET 最重要的属性是能够影响电机可用电能的导通电阻（Rdson）。我们测量了 PMV31XN 在 2.8V G-D 电压和 0.8A D-S 电流条件下的导通电阻约为 40 毫欧。

电机

我们使用的是 6*15mm 的空心杯有刷直流电机。

电气规格

| | |
|--------|----------------|
| 参数 | 值 |
| 额定电压 | 4.2 V Max |
| 适用电压 | 3.7 V |
| 空载转速 | 45000 ±15% RPM |
| 空载电流 | 80 mA Max |
| 启动电压 | 0.8 V Max |
| 额定负载转速 | 21000 ±15% RPM |
| 额定负载电流 | 810 mA Max |
| 电阻 | 2.3 ±20% Ω |

机械规格

| | |
|------|---------------|
| 参数 | 值 |
| 轴径 | 0.8 mm |
| 电机直径 | 6 ± 0.05 mm |
| 电机长度 | 15 mm |
| 质量 | 1.7 g approx. |