

## BLC05MK3 开源 WiFi 5 通道 LED PWM 控制器模块

### 特性

- 围绕 Espressif ESP32-C3 实现的高度集成的 WiFi 5 通道 LED PWM 控制器
- 通过手机 App 设置，设备自主支持定时开关机、日出日落、多段图形调光等各种高端 LED 灯具功能
- 宽输入电压范围：15 V 至 36 V
- PWM 调光频率可配置（默认 4k Hz）
- 内置 NTC 支持电路和参考电压源
- 基于 PID 算法的风扇调压电路，可直接驱动 12 V 风扇进行调速
- 同时支持 3 线、4 线 PWM 风扇
- 内置供电电压监测
- 支持外接 INA139 实现电流监测
- 自动过热关机等安全保护功能
- 可输出 3.3V 直接供外围电路使用
- 紧凑设计外形尺寸，仅 2×3.5cm
- 全套开源设计，包括电路、固件和 App

### 用途

- 智能大功率 LED 水族灯具
- 农业 LED 应用
- 美容、理疗设备
- 高端可调照明或氛围 LED

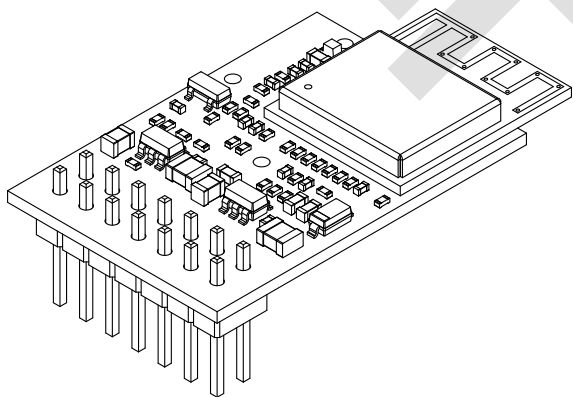
### 简介

BLC05MK3 系列是专用于水族灯具和其他大功率 LED 彩灯的整合式 WiFi 调光控制器核心板，具备输出独立 5 通道 PWM 调光信号的能力，尤其适合高端水族灯具。

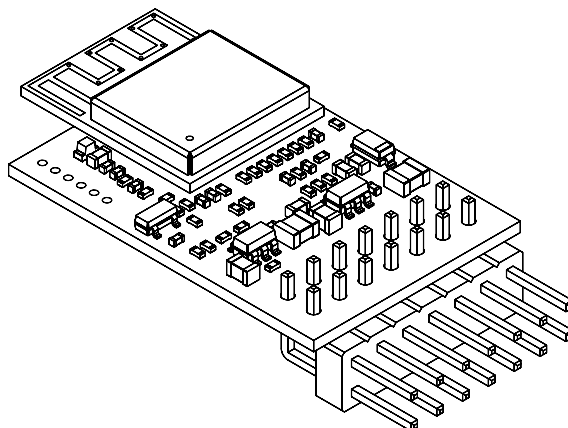
通过在跨平台手机 App 设定后，本模块即可自主实现调光、定时日出日落、临时开灯、自动开关机等功能。

小巧的排针模块上集成了支持 WiFi 主控单片机、风扇驱动电路、NTC 温度传感器配套电路等，充分契合大功率 LED 灯具的需求，外围电路仅需 NTC 热敏电阻、风扇和 LED 功率驱动即可开发出一款功能完善、支持日出日落的高端水族灯具。

包括水平排针型号，可以卧式安装节约高度空间。



DIP-14 垂直排针



DIP-14 90° 排针

## 目录

特性 .....	(1)	4.1.1. 机械尺寸 .....	(15)
用途 .....	(1)	4.1.2. 产品变体 .....	(15)
简介 .....	(1)	4.2. PCB 布局指导 .....	(15)
目录 .....	(2)	4.2.1. 立式排针安装 .....	(15)
1. 硬件规格 .....	(3)	4.2.2. 贴片卧式排针安装 .....	(16)
1.1. 接口定义与功能 .....	(3)	4.2.3. PCB 板载天线布局 .....	(16)
1.2. 编程接口 .....	(4)	5. 相关资源 .....	(17)
1.3. 电气规格 .....	(5)	6. 索引 .....	(18)
1.3.1. 绝对最大额定值 .....	(5)	6.1. 图表 .....	(18)
1.3.2. 推荐操作条件 .....	(5)	6.2. 表格 .....	(18)
1.3.3. 直流特性 .....	(5)	7. 更新记录 .....	(18)
2. 详细说明 .....	(6)	法律免责声明 .....	(19)
2.1. 产品介绍 .....	(6)		
2.2. 综合规格 .....	(6)		
2.3. 功能框图 .....	(7)		
2.4. 模块内部原理图 .....	(8)		
2.5. 功能介绍 .....	(9)		
2.5.1. 射频与通讯 .....	(9)		
2.5.2. 布局 .....	(9)		
2.5.3. 高度集成 .....	(9)		
2.5.4. 固件特性 .....	(9)		
2.6. WiFi 无线连接与协议 .....	(9)		
2.6.1. WiFi 配网 .....	(9)		
2.6.2. 设备发现 .....	(10)		
2.6.3. 设备连接与通讯 .....	(10)		
2.7. PWM 调光 .....	(10)		
2.8. 夜灯模式按钮 .....	(10)		
2.9. 热管理 .....	(10)		
2.10. 配套手机 App .....	(10)		
3. 应用与实现 .....	(12)		
3.1. 应用信息 .....	(12)		
3.1.1. 板载指示灯 .....	(12)		
3.1.2. 固件烧录 .....	(12)		
3.2. 典型应用 .....	(13)		
3.3. 推荐外围设备 .....	(14)		
3.3.1. PWM 信号缓冲 .....	(14)		
3.3.2. 风扇选型 .....	(14)		
3.3.3. NTC 选型 .....	(14)		
3.4. 外围电路设计注意事项 .....	(14)		
4. 机械尺寸与封装信息 .....	(15)		
4.1. DIP-14 封装 .....	(15)		

## 1. 硬件规格

### 1.1. 接口定义与功能

图 1 展示了 BLC05MK3 模块的外形，其他变体 PCB 尺寸均于此相似，带后缀“U”的型号使用 ESP32-C3-MINI-U，使用 IPX 天线插座而不是 PCB 天线，尺寸更小。

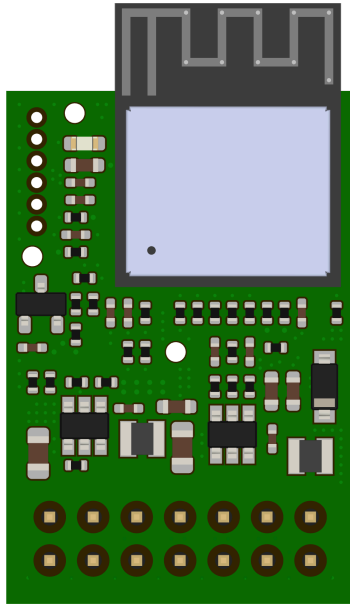


图 1 外观示意图

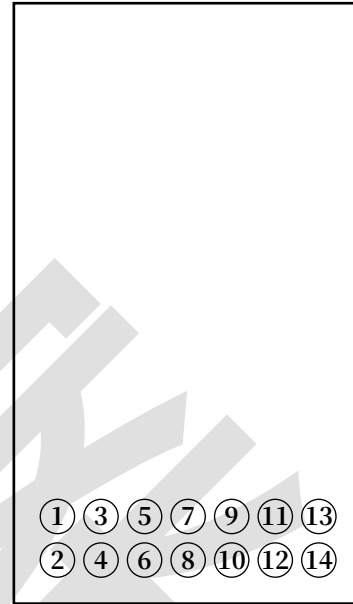


图 2 引脚示意图

所有的 BLC05MK3 模块均共享相同的引脚定义，带后缀“H”的型号使用 90°排针。引脚的顺序参照图 2，功能参照表 1。

表 1 引脚表

编号	名称	类型	说明
1	VIN	电源输入	36V 主电源输入
2	GND	—	0V，地
3	3V3	电源输出	+3.3V 输出
4	BTN	输入	按钮输入
5	NTC+	输入	3950 10k NTC 输入
6	CSEN	输入	INA139 电流监测器输入
7	STAT	输出	LED 指示灯输出
8	PWM0	输出	通道 0 PWM 信号输出
9	PWM1	输出	通道 1 PWM 信号输出
10	PWM2	输出	通道 2 PWM 信号输出
11	PWM3	输出	通道 3 PWM 信号输出
12	PWM4	输出	通道 4 PWM 信号输出
13	FANOUT	电源输出	12V 风扇驱动输出 <sup>1</sup>

<sup>1</sup>使用两线风扇模式时此电压会从 5V 到 12V 变化以实现调速，使用 PWM 风扇模式时则固定为 12V。

编号	名称	类型	说明
14	FANPWM	输出	调速散热风扇 PWM 信号输出

1.2. 编程接口

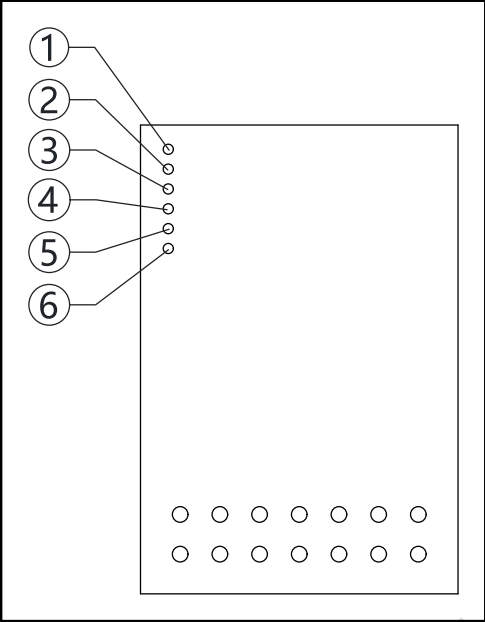


图 3 编程接口示意图

如图 3 所示，模块 PCB 左上方为编程接口，用于调试、烧录固件和对模块进行初始配置。其功能和定义见 表 2。

编程接口的使用与介绍请详阅本文 小节 3.1.2。

表 2 编程接口表

编号	名称	类型	说明
1	+3V3	电源输入	+3.3 V 电源输入
2	UART0_TX	输出	模块 UART0 串口 TX，接编程器 RX
3	UART0_RX	输入	模块 UART0 串口 RX，接编程器 TX
4	$\overline{\text{EN}}$	输入	模块复位接口，低电平复位
5	$\overline{\text{PROG/BTN}}$	输入	低电平将模块设置为编程模式，高电平或悬空为正常启动 <sup>2</sup>
6	GND	—	0 V，地

<sup>2</sup>注意接口内部已连接到排针的  $\overline{\text{BTN}}$ ，使用编程接口时请注意按钮开关的状态

### 1.3. 电气规格

#### 1.3.1. 绝对最大额定值

在超过绝对最大额定值范围内的情况下使用设备可能造成设备永久损坏。长期在绝对最大值条件下运行将影响设备的性能和可靠性。

表 3 绝对最大额定值表

参数	符号	最小值	最大值	单位	备注
环境温度	$T_A$	-25	85	°C	
电源供电电压	$V_{IN}$	0	40	V	
风扇驱动负载电流	$I_{FAN}$	—	700	mA	

#### 警告

接入电源之前请先确认电源电压正常、已良好接地且正负极接线正确，否则可能造成设备烧毁或人身伤害。

#### 1.3.2. 推荐操作条件

表 4 推荐操作条件表

参数	符号	最小值	最大值	单位	备注
环境温度	$T_A$	-25	85	°C	
电源供电电压	$V_{IN}$	15	36	V	
风扇驱动输出电压	$V_{FAN}$	5	12.5	V	
风扇功率	$P_{FAN\_MAX}$	—	5	W	

#### 1.3.3. 直流特性

以下参数均在室温 25°C，24V 供电的条件下测得。

表 5 直流特性表

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
典型功耗	$P_{TYP}$	—	0.5	—	W	未连接风扇

## 2. 详细说明

### 2.1. 产品介绍

BLC05MK3 系列是专用于水族灯具和其他大功率多通道的集成嵌入式 WiFi 调光控制器模块，具备输出 5 通道 PWM 调光信号的能力，尤其适合高端淡水<sup>3</sup>（水草）灯具。

本模块以 Espressif ESP32-C3 WiFi 单片机为核心，并辅以外围电路使其具备从 15V 到 36V 的宽输入电压、并集成了基于 NTC 热敏电阻、调速风扇和 PID 算法闭环控制的热管理系统，充分契合大功率 LED 灯具的需求。模块同时具备过温保护等安全功能，充分保护昂贵的高端 LED 灯珠。

通过在手机 App 设定后，模块即可自主实现调光、定时日出日落、临时开灯、自动开关机等功能。App 同时支持英文、中文等多语种。

模块集成了风扇驱动电路，可采用调压的方式进行 2 线风扇调速，免去了使用成本较高的 4 线 PWM 风扇的需求，降低了产品成本。同时，通过软件配置，模块也支持输出 PWM 风扇控制信号使用 PWM 风扇，提高了产品设计的灵活性。

由于本模块采用了 WiFi 单片机并集成了除 LED 功率驱动之外的水族灯所必须的风扇驱动和温控电路，且几乎无需外部元件，因此使得研发智能 WiFi 水族灯的难度和成本大大降低。用户仅需连接 NTC 热敏电阻、风扇和 LED 功率驱动即可开发出一款功能完善、支持日出日落的高端水族灯具。

### 2.2. 综合规格

表 6 综合规格表

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
射频频率范围	$F$	2,412	—	2,484	MHz	—
调光 PWM 通道数	$D_{\text{PWM}}$	1	5	5	—	可软件配置
调光 PWM 频率	$D_{\text{FREQ}}$	0	4,096	8,192	Hz	可软件配置
调光 PWM 电平	$D_V$	0	3.2	3.3	V	—
调光 PWM 占空比	$D_{\text{DUTY}}$	0	—	100	%	—
调光 PWM 占空比分辨率	$D_{\text{DR}}$	—	1	—	%	—
支持的 NTC 标称阻值	$R_{25}$	—	10k	—	$\Omega$	—
支持的 NTC $\beta$ 值	$\beta$	—	3950	—	—	—
支持的风扇额定电压	$V_{\text{FAN}}$	—	12	—	V	—
风扇 PWM 电平	$D_V$	0	3.2	3.3	V	—
电流检测电阻	$R_{\text{SHUNT}}$	—	0.1	—	$\Omega$	可选

<sup>3</sup>需要大于 5 通道调光输出的海水灯具可选择同家族系列 BLC10E 10 通道模块产品。

## 2.3. 功能框图

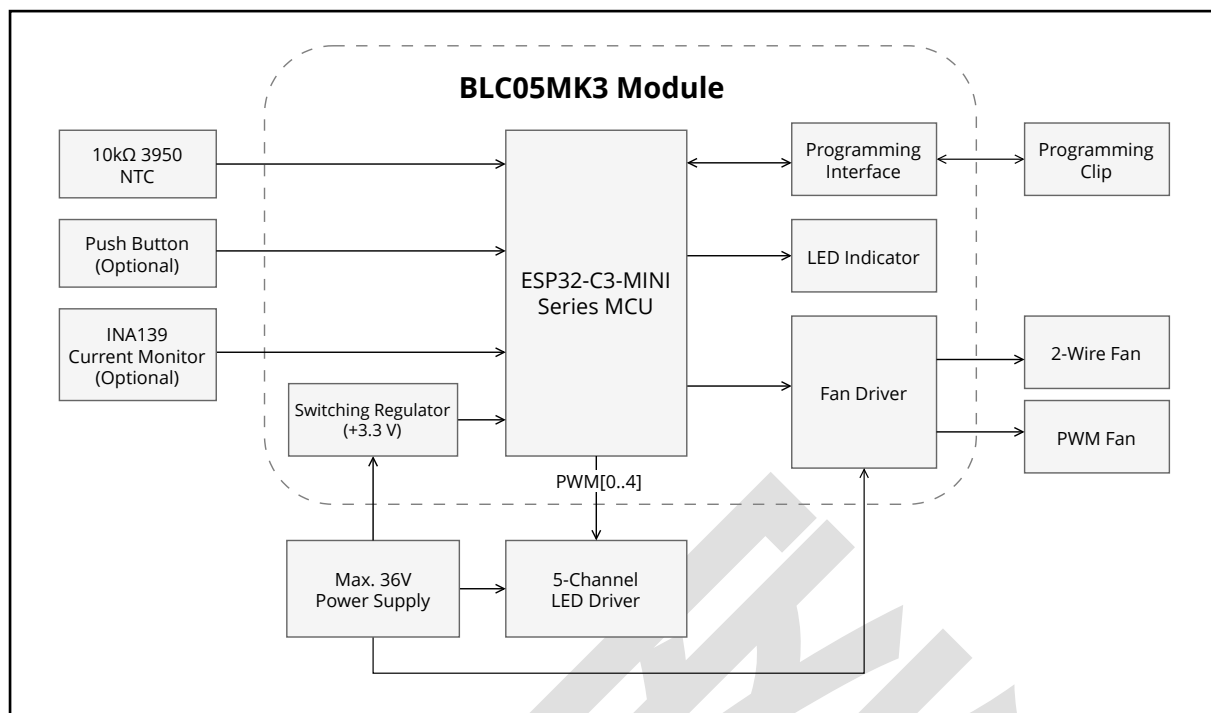


图 4 功能框图

2.4. 模块内部原理图

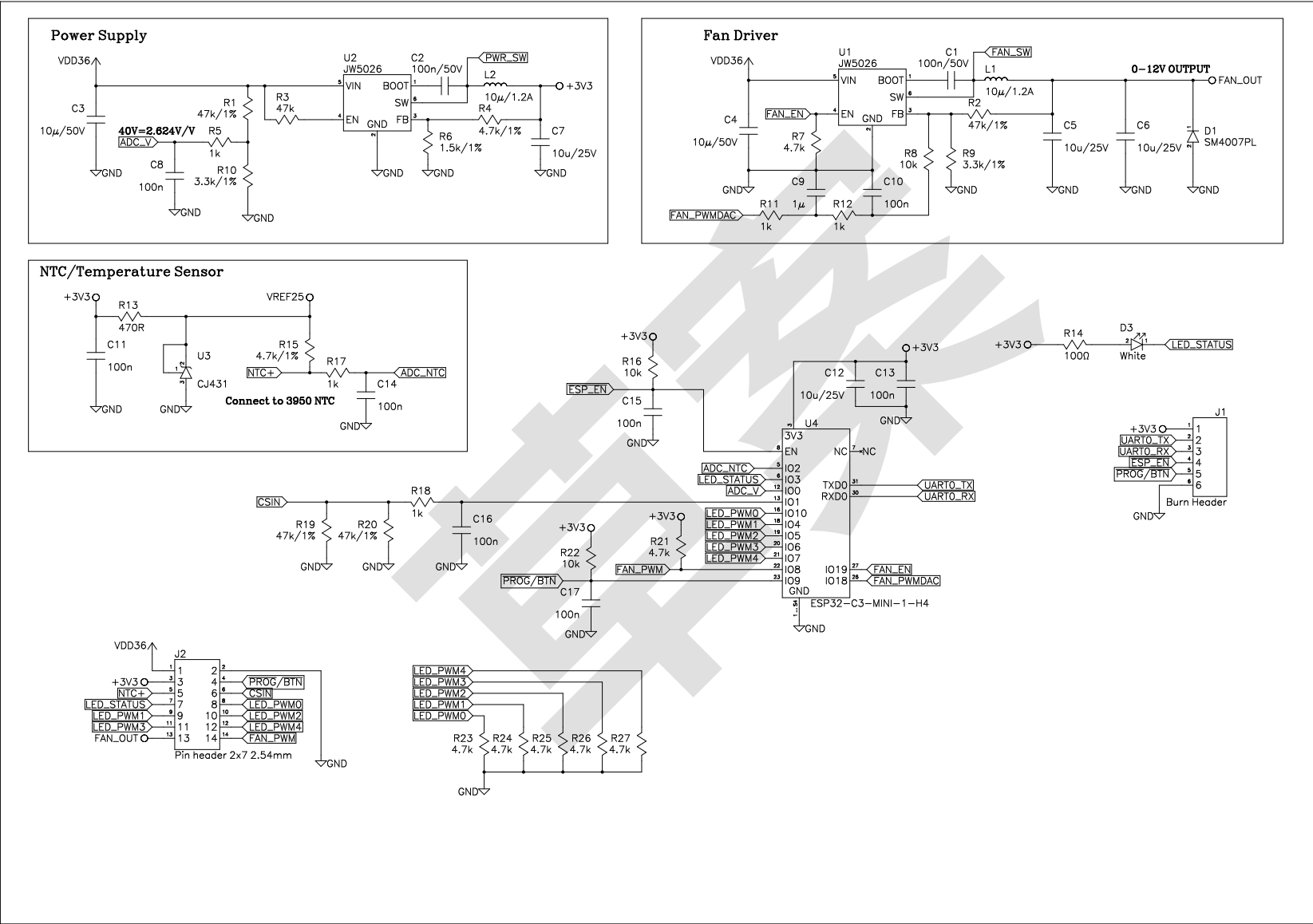


图 5 内部原理图



## 2.5. 功能介绍

### 2.5.1. 射频与通讯

- 通讯采用 2.4GHz WiFi, ESPTouch 配网
- 通过 UDP 承载标准的 CoAP + CBOR 本地连接
- 基于 mDNS/Zeroconf 的设备发现
- 基于加密 MQTT 的远程服务器连接<sup>4</sup>
- SNTP 协议网络自动对时

### 2.5.2. 布局

- 紧凑设计外形尺寸
- 也可参照开源的原理图集成到自定义 PCB 中
- 提供参考设计<sup>5</sup>

### 2.5.3. 高度集成

- 宽输入电压范围：15V 至 36V
- 5 通道独立硬件 PWM 调光信号输出
- 调光频率可配置（默认 4k Hz）
- 集成风扇驱动电路，可直接驱动 12V 2 线、3 线和 4 线 PWM 风扇
- 集成 NTC 和调速风扇的 PID 算法闭环热管理子系统
- 自动过热保护等功能，可外接 INA139 实现电流检测

### 2.5.4. 固件特性

- 自主支持定时开关机、日出日落、多段图形调光等各种高端水族灯功能
- 夜灯/临时开灯模式
- 全套开源固件和手机 App
- 开源跨平台 App，支持 Android/iOS/Linux/Windows/MacOS 平台
- 通讯协议开放，提供 Python API

固件及通讯协议的详情请参考在线文档<sup>6</sup>。

## 2.6. WiFi 无线连接与协议

### 2.6.1. WiFi 配网

WiFi 配网用于将需要连接的 WiFi 热点的名称（SSID）和密码传输给模块，从而允许设备接入 WiFi 网络。本模块采用 Espressif 官方的 ESPTouch 的 SmartConfig 方式进行配网。其基本原理是将用户输入的 WiFi SSID 和密码调制到 WiFi 数据帧的长度中，从而允许模块接收并解调出 SSID 和密码从而连接到热点。

有关 SmartConfig 和 ESPTouch 的详情请参阅 Espressif 公司官方网站的相关文档。

若用户网络热点信息发生变化，本模块提供以下三种方式重置 WiFi 连接信息并重新进入等待配网状态：

<sup>4</sup>开源版本不包含服务器端相关功能

<sup>5</sup>请参阅本文档 小节 5 章节

<sup>6</sup>[docs.borneoiot.com](https://docs.borneoiot.com)

1. 如果最终产品设计包含了夜灯模式按钮，用户可以通过长按按钮超过 15 秒进入重新配网模式。
2. 若产品为无按钮设计，则可以通过短时间反复上电、断电 5 次使设备进入重新配网模式。
3. 本模块也可通过手机 App 重置设备的 WiFi 连接信息，从而实现更换 WiFi 连接的功能。

### 2.6.2. 设备发现

通过配套的手机 App，当设备完成配网后，将自动通过 mDNS/Zeroconf 协议查找设备，用户只需简单点击即可将发现的设备注册到 App 中，进而通过 App 进行设备的控制和操作。

### 2.6.3. 设备连接与通讯

手机 App 优先使用可靠的本地 CoAP 连接设备，但通过 MQTT 协议和后端服务器也可以控制异地的设备<sup>7</sup>。

## 2.7. PWM 调光

通过硬件输出最多 5 通道的 PWM 调光信号，可以直接提供给 LED 恒流驱动电路。

本模块具备排程模式（多段式日出日落模拟）、手动模式、夜灯等多种模式，当模块运行在排程模式时，可以根据手机 App 的设置自主执行亮度变化，模拟日出日落。

夜灯模式用于临时开灯，灯具将自动维持一段时间照明后自动转换回之前预设的模式。

## 2.8. 夜灯模式按钮

本模块包含了一个可外接的夜灯按钮，用于打开、关闭临时夜灯模式（临时开灯）或长按进行重新配网。

- 短按：当设备电源已开启且处于排程模式，按下后设备进入夜灯模式，设备将以手动模式设置的亮度临时开灯一段时间（默认 20 分钟，可配置）后自动切换回排程模式；
- 短按：当设备已处于夜灯模式中，按下后将立即返回排程模式；
- 长按超过 15 秒：当电源开启后，长按超过 15 秒将断开并清除 WiFi 连接信息，进入等待重新 WiFi 配网模式。

## 2.9. 热管理

本模块包含内置的 NTC ADC 温度采样功能和基于 PID 闭环算法的自动风扇控制和驱动电路以实现灯具的温度测量和自动调整风扇转速的功能。

当固件检测到温度超过软件设置的过热温度时，系统可以执行自动紧急关机，延长 LED 灯珠的寿命并提升设备的安全性。

## 2.10. 配套手机 App

本模块提供开源手机 App 作为面向最终用户的设备操作终端，详情请参阅在线文档：

[docs.borneoiot.com/mobile-app](https://docs.borneoiot.com/mobile-app)。

<sup>7</sup>开源版本不包含 MQTT 和后端服务器相关功能

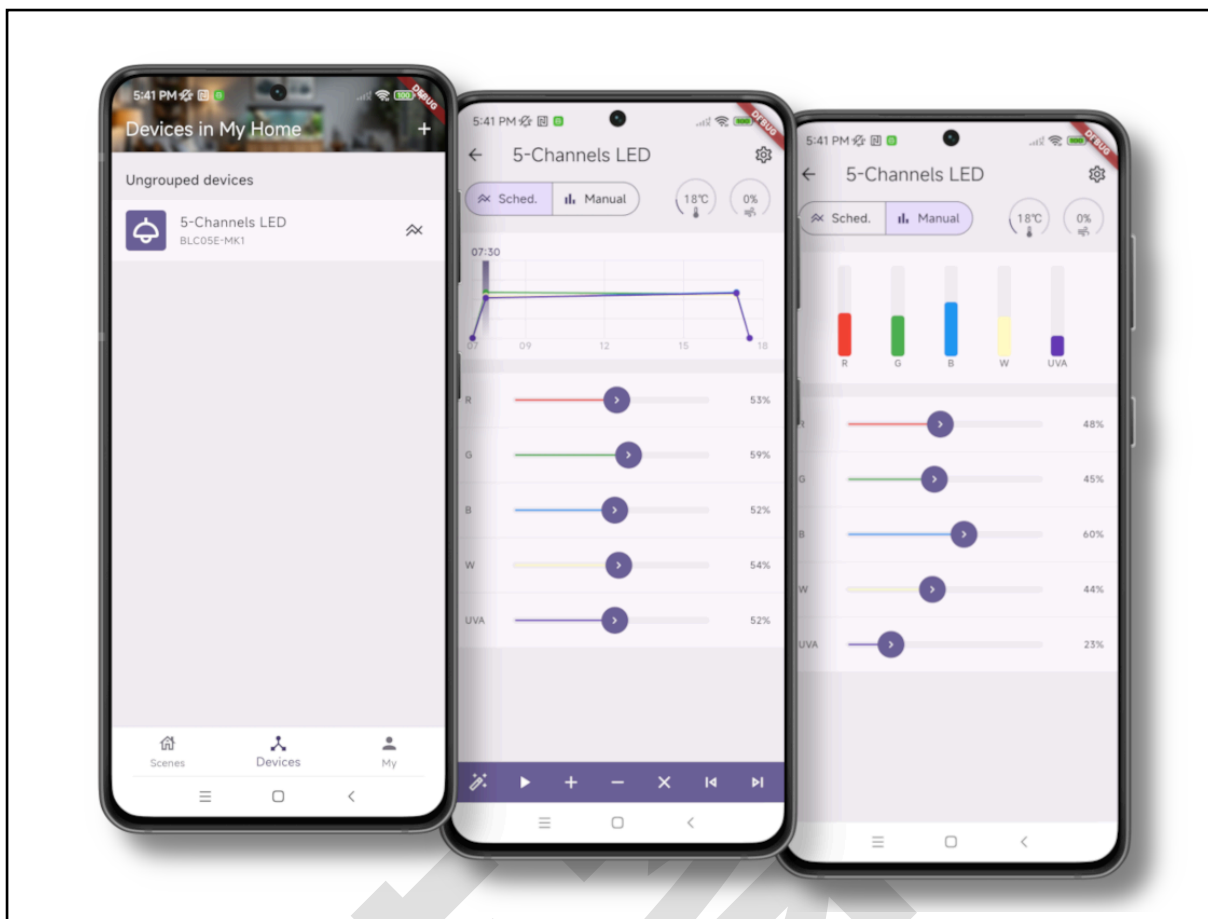


图6 手机 App 图示

### 3. 应用与实现

#### 3.1. 应用信息

##### 3.1.1. 板载指示灯

本模块包含了一个板载指示灯，用于标识设备的重要信息。

表 7 板载指示灯状态一览表

指示灯状态	说明
保持熄灭状态	无电源、电源接反、模块电路已损坏
以 1Hz 频率慢速闪亮	设备正常，无网络连接，检查无线路由器或清除 WiFi 信息后重新配网
以 0.2Hz 频率快速闪亮	设备遇到致命错误，通常表示硬件故障
常亮	已连接到 WiFi 网络，设备正常运行

##### 3.1.2. 固件烧录

模块的编程接口使用 1.27 mm 间距 6 脚烧录夹，同时烧录的串口也用于量产软件进行出厂设置 QA 测试的通讯。

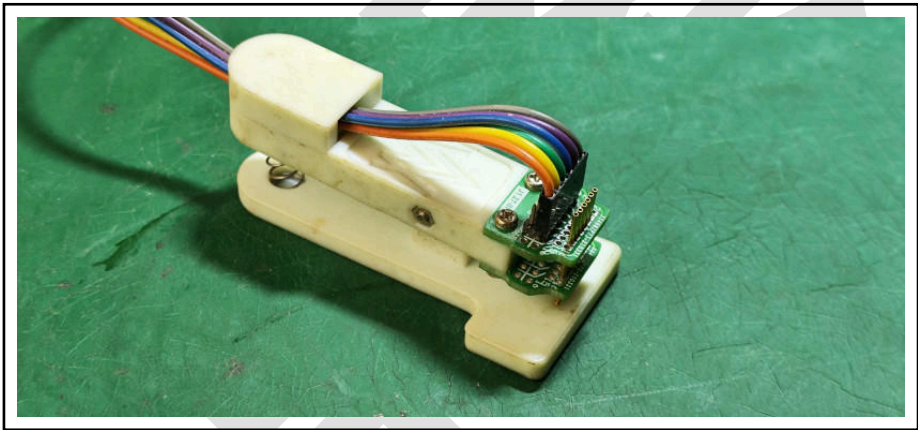



图 7 烧录夹外观

 注意

编程接口 +3.3 V 输入在模块内部与模块内置的降压电路 3.3 V 输出直接相连，当使用 VIN 引脚为模块供电时，不应连接编程接口的 +3.3 V 到编程器，以防止电流倒灌。

### 3.2. 典型应用

图 8 演示了一个典型的 5 通道 LED 灯具的模块外围电路。其中 INA139 电流监测电路、74HC245 缓冲器、按钮开关和保险等均为可选，可依据最终产品需求而定。

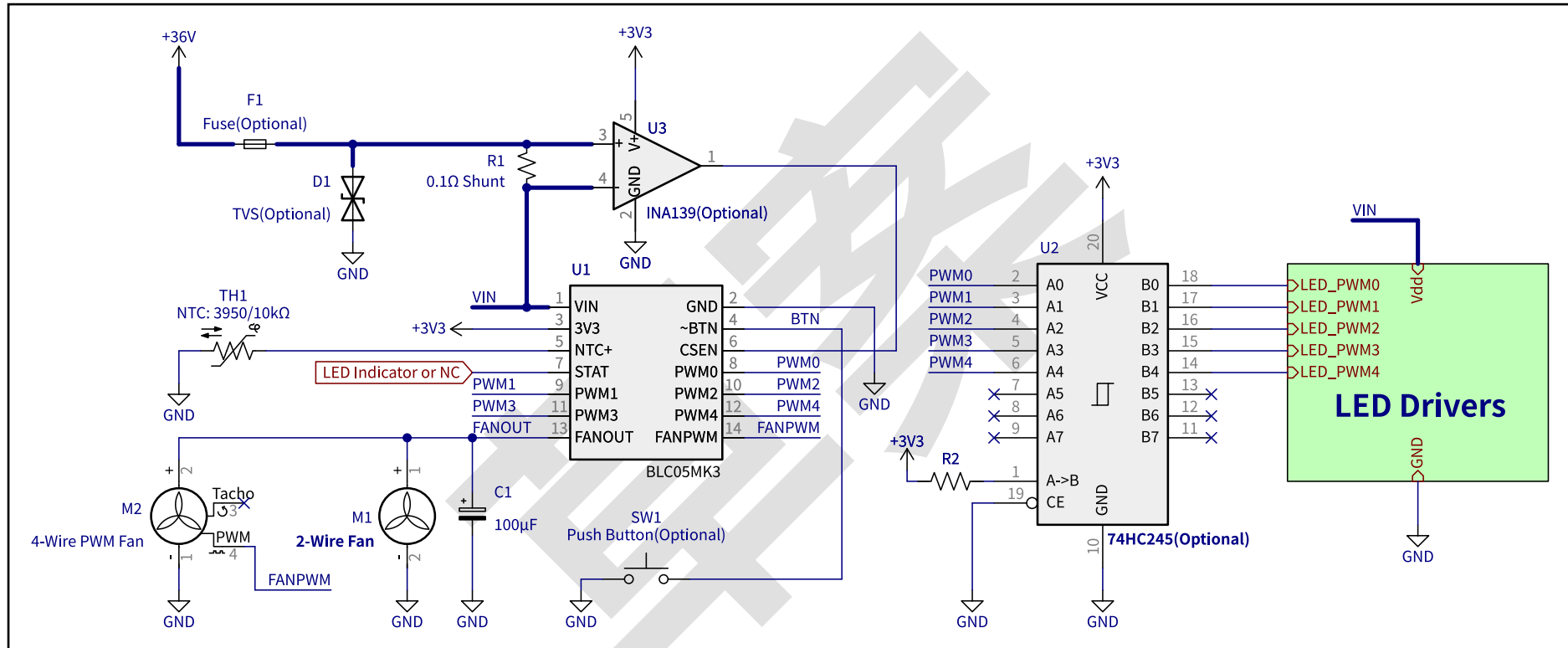


图 8 简化外部电路连接示意图

需要注意的是图 8 仅为简略示意图，省略了退耦电容、INA139 的共模滤波电路等，具体 INA139 和 74HC245 等元器件的使用请参照各自供应商提供的规格书。

### 3.3. 推荐外围设备

#### 3.3.1. PWM 信号缓冲

假如 PCB 空间足够的话，PWM0 至 PWM4 推荐通过 74HC245 缓冲后接入 LED 功率驱动。

#### 3.3.2. 风扇选型

模块同时支持普通两线风扇和 PWM 调速风扇，任何额定电压为 12 V，额定功率 5W 以下的散热风扇均可使用。

推荐使用两线风扇以降低成本，同时注意模块不支持风扇测速。

#### 3.3.3. NTC 选型

本模块支持  $\beta$  值为 3950 的 10k $\Omega$  NTC，推荐采用贴片 NTC 焊接在 LED 灯珠铝基板的方式获得更加准确的温度测量值。

### 3.4. 外围电路设计注意事项

- [PWM0 至 PWM4 引脚](#)已在模块内部通过 4.7k $\Omega$  电阻下拉到 GND，外部无需下拉电阻。
- 当采用恒压方式驱动 LED（不推荐），PWM 调光引脚直接连接 LED MOSFET 管栅极时推荐串联 10 $\Omega$  至 100 $\Omega$  电阻以防止过冲。
- 推荐在电源输入处增加 TVS 管以保护电路。
- 风扇推荐并联 47 $\mu$ F 或更大电容（陶瓷或铝电解电容均可），可缓解有可能出现的风扇啸叫。
- [BTN 引脚](#)内部已上拉且与 ESP32-C3 的 GPIO9 相连，不使用按钮开关时请保持悬空，否则可能造成无法正常启动；
- 编程口 6 个引脚不应在最终产品中使用；

## 4. 机械尺寸与封装信息

### 4.1. DIP-14 封装

#### 4.1.1. 机械尺寸

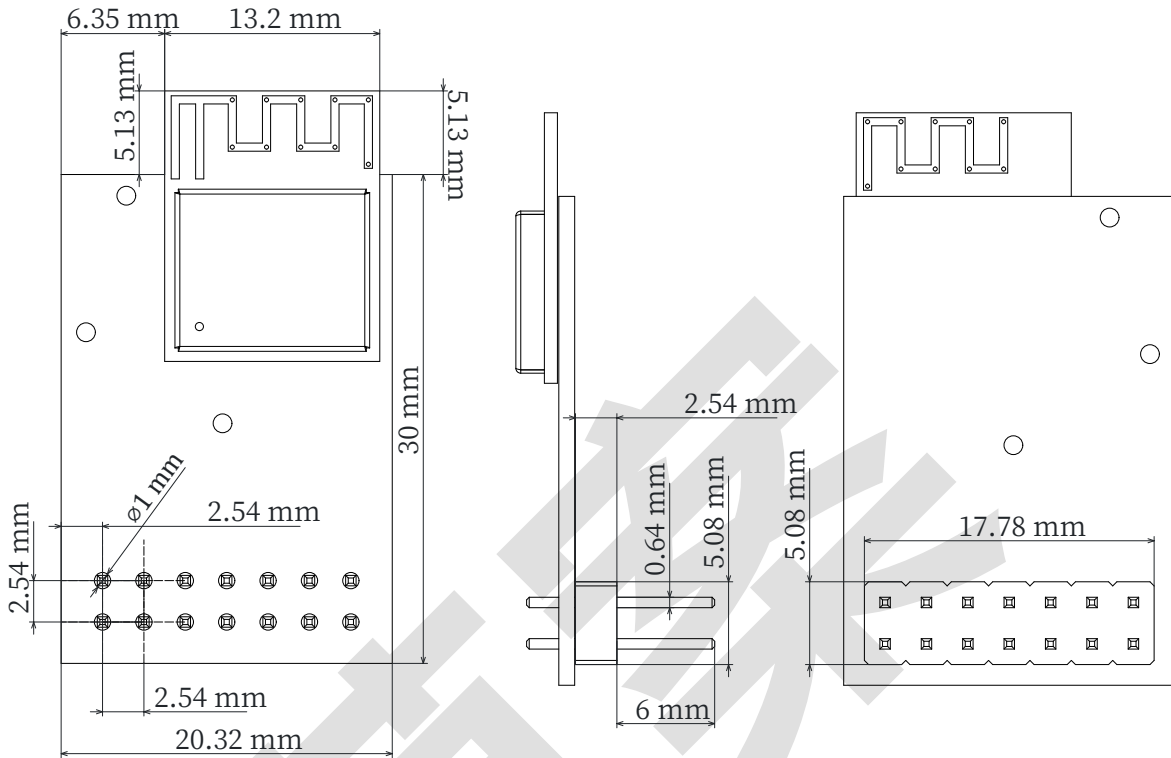


图 9 BLC05MK3 模块 DIP-14 封装机械尺寸图

#### 4.1.2. 产品变体

BLC05MK3 模块可依据需求不同提供以下四种变体型号，各个变体之间的区别仅为采用的天线形式和排针安装方式，在电气结构和软件逻辑上并无区别。表中的数据均为标称值，单位 mm。

表 8 产品变体机械尺寸

型号	封装	排针数	排针排数	排针间距	排针直径	排针形式	天线形式
BLC05MK3	14-DIP	14	2	2.54	0.64	垂直	PCB
BLC05MK3U	14-DIP	14	2	2.54	0.64	垂直	IPX
BLC05MK3-H	14-DIP	14	2	2.54	0.64	90° 弯针	PCB
BLC05MK3U-H	14-DIP	14	2	2.54	0.64	90° 弯针	IPX

## 4.2. PCB 布局指导

### 4.2.1. 立式排针安装

立式排针的模块采用标准 2.54 mm JST XH 排针，可以直接将排针焊接到 PCB 的通孔中，也可以通过排针座进行插接固定。

#### 4.2.2. 贴片卧式排针安装

卧式模块若需要贴片安装，推荐使用 Samtech SMH-107-02-G-D 或兼容型号的间距 2.54 mm 的双排 14 脚 SMD 排针座进行插接固定。

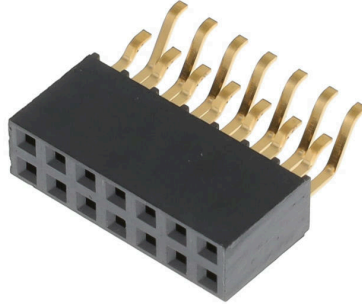


图 10 Samtech SMH-107-02-G-D 外观<sup>[8]</sup>

#### 4.2.3. PCB 板载天线布局

选用 PCB 板载天线的型号时，需要注意天线应尽可能远离金属部件，天线下方及周围至少 15 mm 范围内不应有走线和铺铜。条件允许的情况下天线下方及周边应尽量挖空。

<sup>8</sup>图片版权归属 DigiKey Corporation，仅供参考。





## 5. 相关资源

- 官方网站  
[www.borneoiot.com](http://www.borneoiot.com)
- 在线文档  
[docs.borneoiot.com](http://docs.borneoiot.com)
- GitHub 开源项目主页  
[github.com/oldrev/borneo](https://github.com/oldrev/borneo)
- 开源 5 通道水族灯参考设计  
[github.com/oldrev/borneo/tree/master/hw/blb08103](https://github.com/oldrev/borneo/tree/master/hw/blb08103)
- 作者 QQ  
55431671
- 作者邮箱  
[oldrev@gmail.com](mailto:oldrev@gmail.com)

## 6. 索引

### 6.1. 图表

图 1: 外观示意图 ..... (3)

图 2: 引脚示意图 ..... (3)

图 3: 编程接口示意图 ..... (4)

图 4: 功能框图 ..... (7)

图 5: 内部原理图 ..... (8)

图 6: 手机 App 图示 ..... (10)

图 7: 烧录夹外观 ..... (12)

图 8: 简化外部电路连接示意图 ..... (13)

图 9: BLC05MK3 模块 DIP-14 封装机械尺寸图 ..... (15)

图 10: Samtech SMH-107-02-G-D 外观<sup>9</sup>.. (16)

### 6.2. 表格

表 1: 引脚表 ..... (3)

表 2: 编程接口表 ..... (4)

表 3: 绝对最大额定值表 ..... (5)

表 4: 推荐操作条件表 ..... (5)

表 5: 直流特性表 ..... (5)

表 6: 综合规格表 ..... (6)

表 7: 板载指示灯状态一览表 ..... (12)

表 8: 产品变体机械尺寸 ..... (15)

## 7. 更新记录

### REV1 - 2024/11/15

开始编写的初始版本。

<sup>9</sup>图片版权归属 DigiKey Corporation, 仅供参考。



草案

## 法律免责声明

本文档仅供参考。

本文档可能存在缺陷，并明确声明不提供任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、特定用途适用性或不侵犯第三方知识产权的任何暗示担保。

本文档中提及的所有企业、组织名称、商品名、商标均为各自所有者的财产，特此声明。

版权所有 © 2024 Li Wei. 保留所有权利。