

# ESP32 跑道进近灯摆件 说明文档及开源手册

本项目是一款高度还原 民航跑道进近灯光系统 的桌面智能摆件。它融合了 ESP32 微控制器与 硬逻辑时序电路（NE556+CD4017），在实现拟真视觉效果的同时，能够实时抓取并显示全球机场的 METAR 与 TAF 气象报文。

## 目录

- [1. 摘要](#)
- [2. 功能特性](#)
- [3. 项目图片](#)
  - [---3.1 实物图](#)
  - [---3.2 电路图](#)
  - [---3.3 2D预览图](#)
  - [---3.4 电路原理图](#)
- [4. 使用方法与操作说明](#)
  - [---4.1 初始启动](#)
  - [---4.2 配网与设置](#)
- [5. 系统设计原理](#)
  - [---5.1 硬件电路设计](#)
  - [---5.2 软件逻辑架构](#)
- [6. 硬件清单 \(BOM\)](#)
- [7. 参考文献与技术标准](#)
  - [---7.1 国际标准与行业规范](#)
  - [---7.2 关键元器件规格书](#)

## 1. 摘要

本项目旨在设计并实现一个兼具装饰性与功能性的航空主题摆件。硬件层面，通过两层 PCB 堆叠结构，利用 NE556 双定时器和 CD4017 计数器实现了 20 路流水灯（跑兔灯）与 48 路常亮灯的混合驱动，并支持亮度和闪烁频率的硬件调节。软件层面，基于 MicroPython 开发，利用 ESP32 的 WiFi 能力实现 Web 配网与航空气象数据（METAR/TAF）的实时爬取。该项目不仅复现了机场跑道端的视觉美感，也为航空爱好者提供了一个实用的气象监控终端。

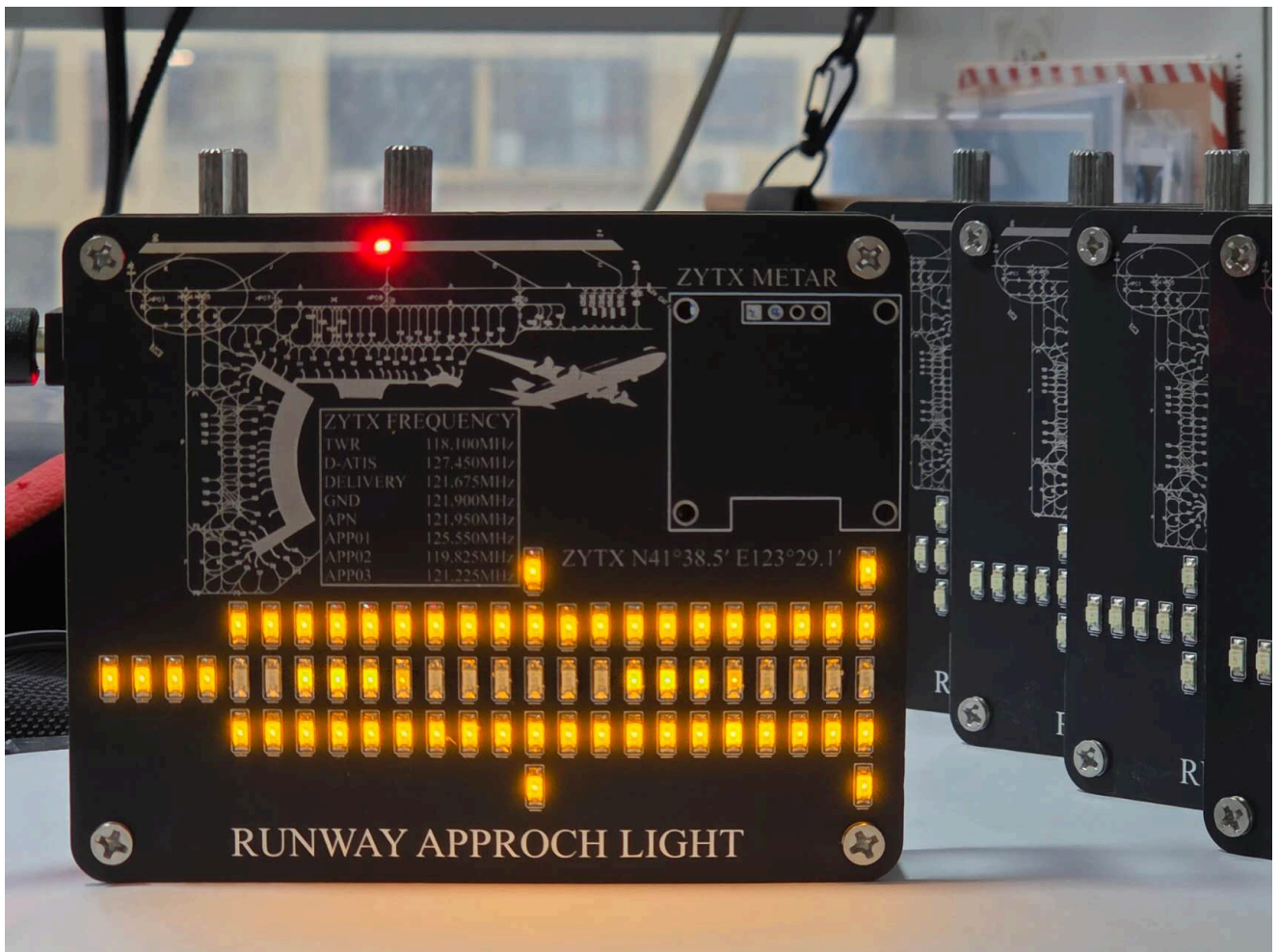
## 2. 功能特性

- 仿真灯效：**包含 20 盏流水引导灯（模拟顺序闪烁灯）及 48 盏常亮进近灯。

- **硬件交互：**
    - **左旋钮：**总电源开关及全局灯光亮度调节（PWM 调光）。
    - **右旋钮：**流水灯流动速度调节（频率调谐）。
    - **底板按键：**一键进入 WiFi 配网及 ICAO 代码配置模式。
  - **智能信息显示：**0.96 寸 OLED 屏幕循环显示指定机场的原始 METAR 与 TAF 报文（5秒间隔）。
  - **便捷配网：**支持热点（AP）配网，内置 Web 配置页面与二维码快速访问。
  - **物理设计：**双层 PCB 结构（100mm x 80mm），正面集成机场平面图与无线电频率表（TWR, GND, APP等）。
- 

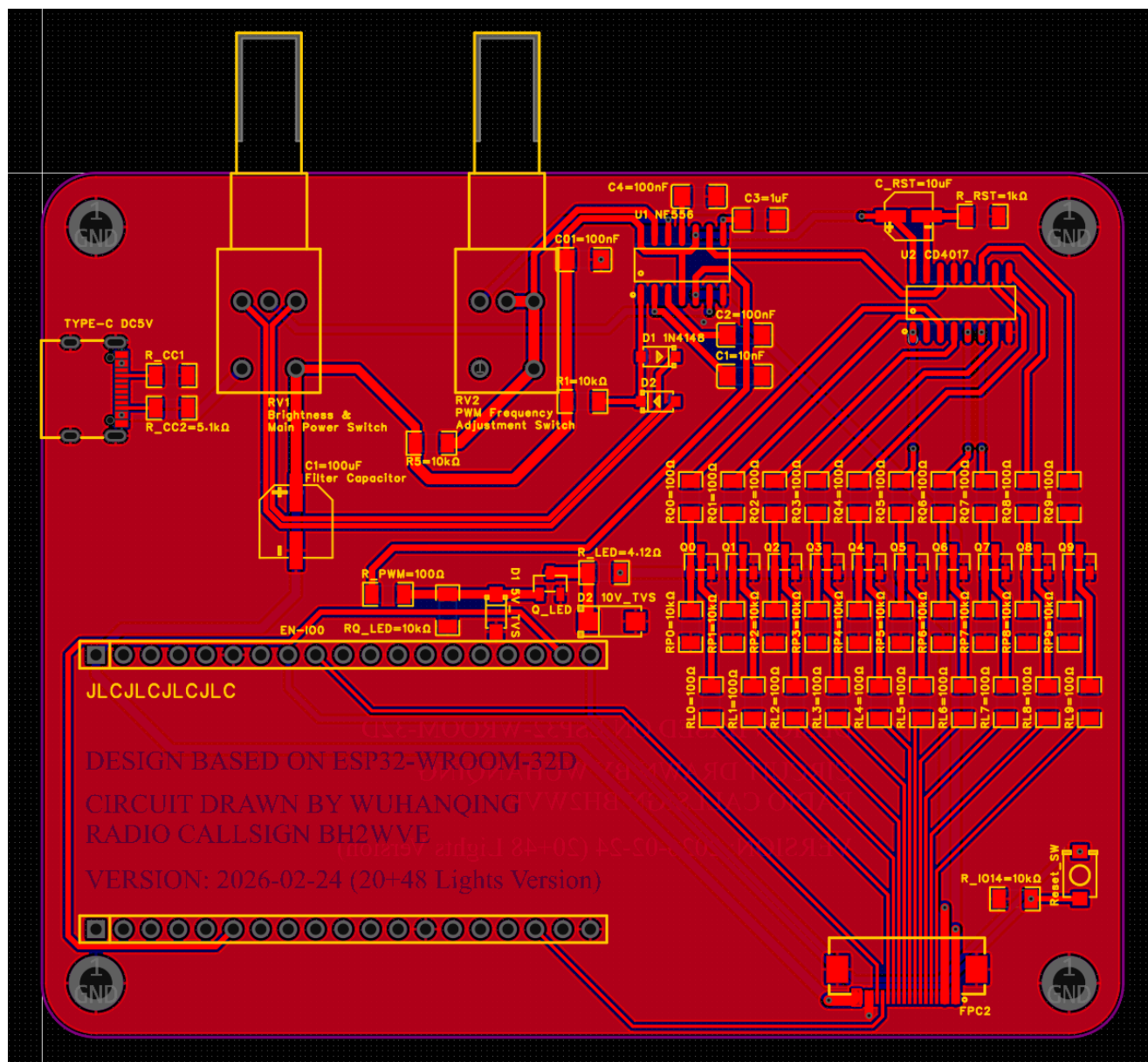
## 3. 项目图片

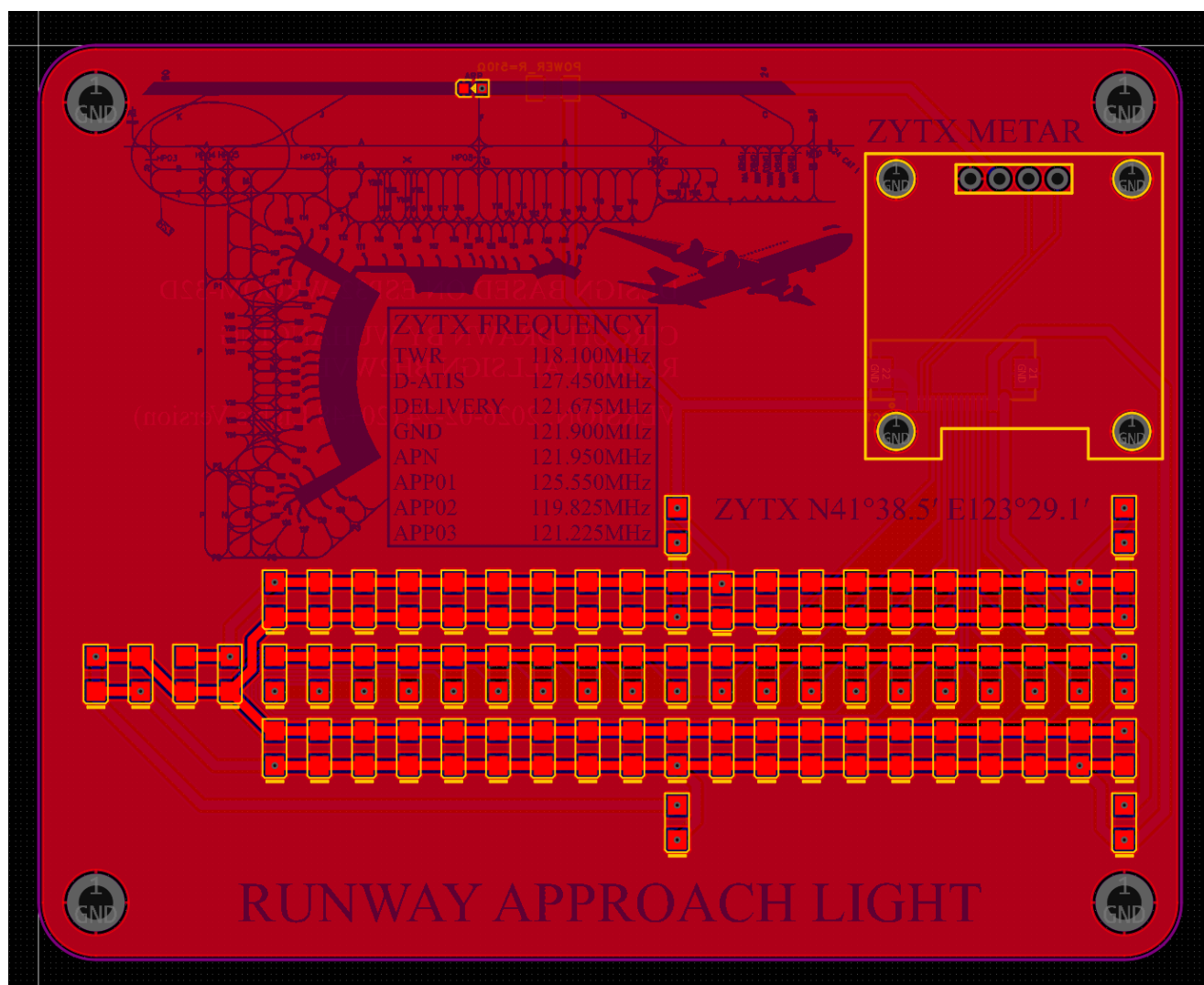
### 3.1 实物图



### 3.2 电路图

#### 3.2.1 底板电路图

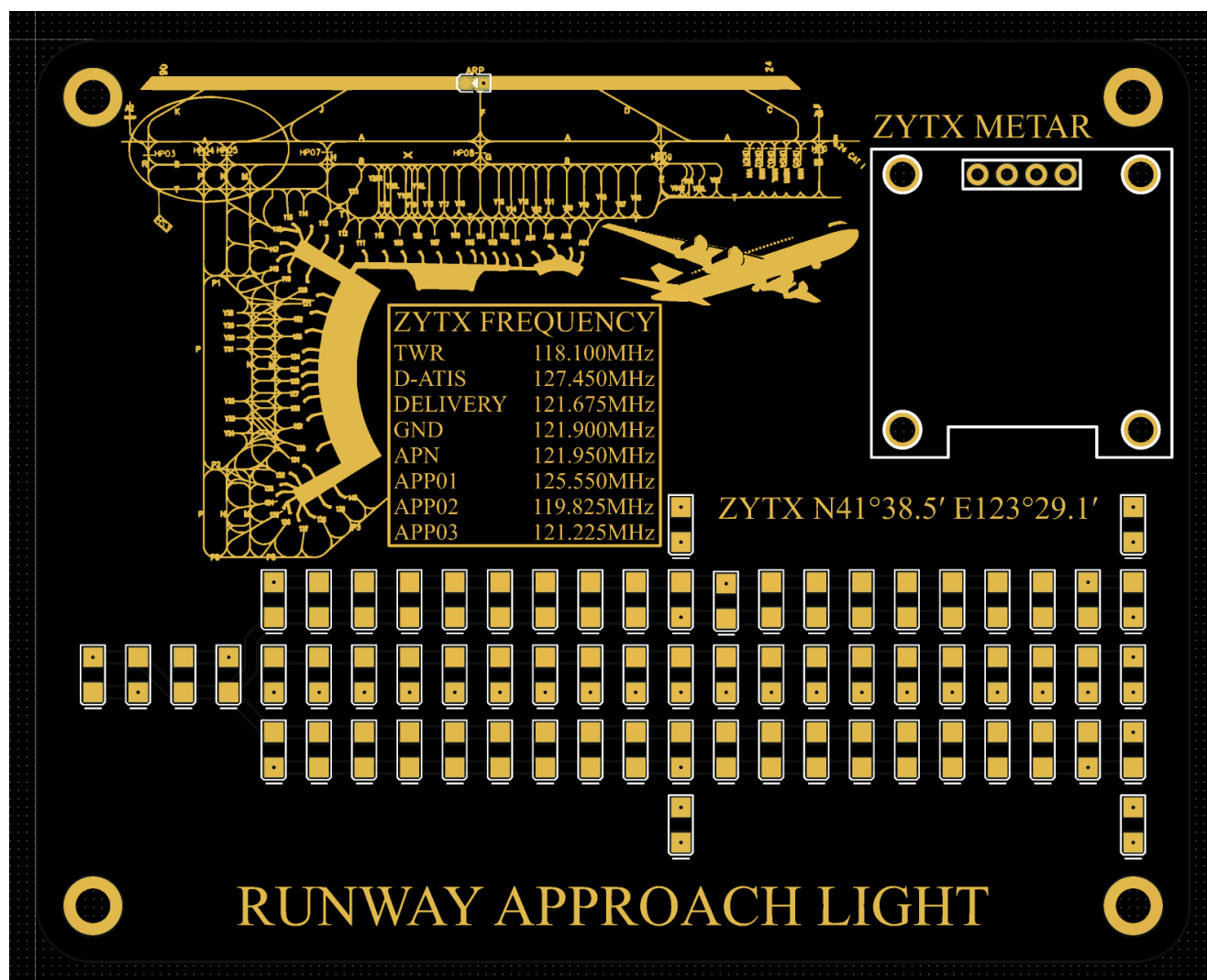




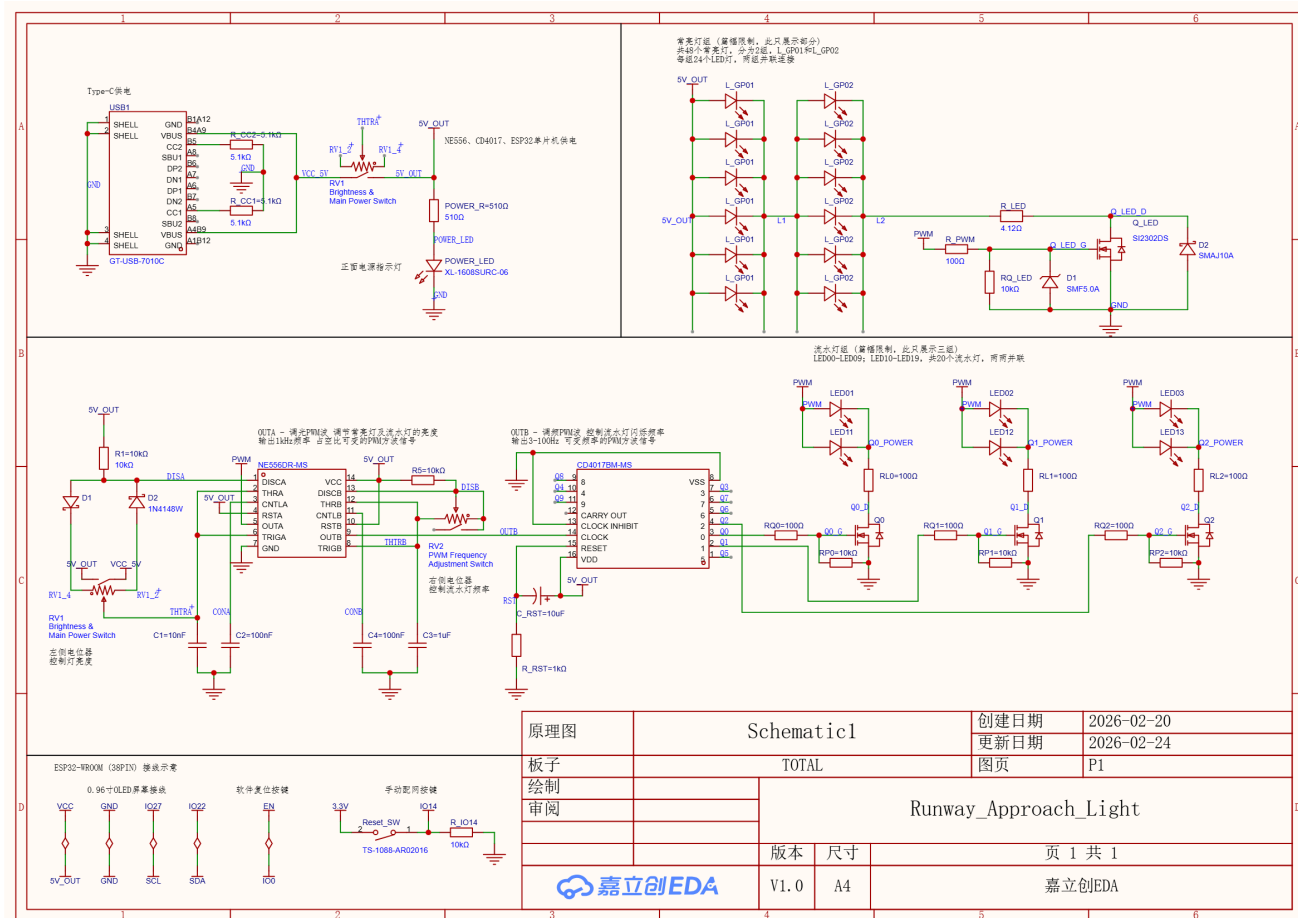
### 3.3 2D预览图

#### 3.3.1 底板2D预览图





3.4 电路原理图



## 4. 使用方法与操作说明

### 4.1 初始启动

- 供电：**使用 Type-C 数据线连接底板左上方的接口（建议 5V/1A 及以上电源）。
- 开机：**顺时针旋转**左侧旋钮**，红色电源指示灯亮起，灯组进入初始工作状态。
- 调节：**
  - 旋转**左旋钮**调整全局亮度。
  - 旋转**右旋钮**改变跑道灯的闪烁流动速度。

### 4.2 配网与设置

若屏幕提示未连接或需要更改机场：

- 进入模式：**长按底板右下方的轻触按键。
- 扫码连接：**屏幕显示二维码及 IP 192.168.4.1。
- 操作：**手机连接 WiFi METAR\_Config，扫码或在浏览器手动输入 IP 进入配置页面。
- 提交：**输入 WiFi SSID、密码及目标机场 **ICAO 四字代码**（如沈阳桃仙 ZYTXX），点击 Save。设备将自动重启并开始爬取气象数据。

## 5.1 硬件电路设计

- **核心逻辑 (NE555 + CD4017):**
  - **NE555 (Unit A):** 输出 1kHz 占空比可变波形, 作为 **PWM 调光信号** 接入 LED 阳极。
  - **NE555 (Unit B):** 输出 3-100Hz 可变频率方波, 作为 **时钟信号** 输入 CD4017。
  - **CD4017:** 十位计数器, 其输出端 Q0-Q9 通过 10 组 MOSFET 驱动 20 盏流水灯 (两两并联)。
- **视觉仿真算法:** 流水灯栅极 (G) 受 CD4017 时序控制, 阳极受 PWM 调光控制。由于 PWM 频率 (1kHz) 远高于时序切换频率, 实现了调速与调光效果的解耦叠加。

- **语言环境**：MicroPython (using Thonny)。
- **数据采集**：通过 `urequests` 模块定期向航空气象 API 发起请求，获取指定 ICAO 代码的 JSON 数据，并解析出 `rawOb` (METAR) 和 `rawTAF` (TAF) 字符串。
- **显示控制**：使用 `ssd1306` 驱动控制 OLED，通过字符切分算法实现长报文的分行显示与自动滚动切换。

No.	Quantity	Comment	Designator	Footprint	Value	Manufacturer Part	Manufacturer	Supplier Part	Supplier
1	1		C1=10nF	L10nF	10nF	FCC1206B10K500UT	FOJAN(富捷)	C5137623	LSCS
2	3	100nF	C01=100nF,C2=100nF,C4=100nF	C1206	100nF	C1318104KBXNNG	SAMSUNG(三星)	C249497	LSCS
3	1	100nF	C1=100nFAnfilter Capacitor	CAP-SMD B06_3-1&_6-W6_6-FD	100nF	EFEFTV10I01AIP	PANASONIC(松下)	C128464	LCSG
4	1	1uF	C3=1uF	C1206	1uF	CLM31E10SKHNRNE	PANSUNG(三星)	C1848	LCSG
5	1	10nF	C_RST=10nF	CAP-SMD B04_0-1-L_3-W4_3-FD	10nF	RVT110W00M405	ROQANG(容盛)	C72485	LCSG
6	2	1N4148W	D1 1N4148	SOD-123 L2.7-W1.6-L53.7-FD	1N4148		宏海恒	C7420318	LCSG
7	1	SMF5.0A	D1 5V TVS	SOD-123FL L2.7-W1.8-L53.8-RD	SMF5.0A		宏海恒	XCF0077497	LCSG
8	1	SMAJ110A	D2 10V TVS	SMA_L4_4-W2.6-L55.0-RD	SMAJ110A		宏嘉诚	C41376407	LCSG
9	2	FPC-05P-20PH20	FPC1,FPC2	FPC-SMD_20P-P0_50_XINPU FPC-05P-20PH20	FPC-05P-20PH20	XINPU(讯普)		C2856803	LCSG
10	68	NCD1206Y1	*O1,L GP01,L GP01,L GP01,L GP01,L GP01,L LED	LED1206 RD		NCD1206Y1	固显光电	C93094	LCSG
11	1	XL1608SURC-06	POWER_LED	LEDO608R-RED	510 Ω	XC11608SURC-06	XINGLIGHT(成兴光)	C965799	LCSG
12	1	510Ω	POWER_R=510 Ω	R1206	510 Ω	RC1206FR-07510RL	YAGEO(国巨)	C114946	LCSG
13	11	S12302DS	Q0,Q1,Q2,Q3,O4,Q5,Q6,Q7,Q8,Q9,Q_LED	SOT-23-3 L2.9-W1.3-P1.90-L52.4-BR	10kΩ	T12302DS	TECH PUBLIC(台青)	C5310967	LCSG
14	14	10kΩ	=10kΩ,R_P4=10kΩ,R_P5=10kΩ,R_P6=10kΩ,R_P7=10kΩ	SW-SMD L3_9-W3_0-O-P4.45	10kΩ	RC1206FR-0710KL	XINPU(讯普)	C132649	LCSG
15	1	TS-1088 AR02016	Reset_SW	TS-1088-AR02016	100 Ω	TS-1088-AR02016	YAGEO(国巨)	C720477	LCSG
16	21	100 Ω	O_O0,R_L9=100 Ω,Q_R0=100 Ω,Q_R1=100 Ω,Q_R2=100 Ω	RES-ADJ-THT RK097111IOEL	10k Ω	RC1206FR-0710ORL	'SALPINE(阿尔卑斯阿尔)	C137392	LCSG
17	2	10k Ω	\nMain Power Switch,R_V2\nPWM Frequency\n	R1206	10k Ω	RK097111IOEL	YAGEO(国巨)	C470572	LCSG
18	2	5.1k Ω	R_CCI,R_OC2=5.1k Ω	R1206	5.1 kΩ	RC1206FR-075KIL	YAGEO(国巨)	C163372	LCSG
19	1	4.12 Ω	R_LED=4.12 Ω	R1206	4.12 Ω	RC1206FR-074R12L	YAGEO(国巨)	C488825	LCSG
20	1	1k Ω	R_RST=1k Ω	R1206	1k Ω	RC1206FR-071KL	YAGEO(国巨)	C131398	LCSG
21	1	GT-USB-7010C	TYPE-C DC5V	USB-C-SMD GT-USB-7010C		GT-USB-7010C	G-Switch(品赞)	C2843967	LCSG
22	1	HS96LO3WC203	U1	OLED-THT L27.8-W27.2-P2.54_C99000033791		HS96LO3WC203	HS(汉昇)	C5248080	LCSG
23	1	NES56DR-MS	U1 NES56	SOIC-14 L8.7-W3.9-P1.27-L56.0-BL		NES56DR-MS	MKSSEMI(美森科)	C7434190	LCSG
24	1	CD4017BM-MS	U2 CD4017	SOIC-16 L9.9-W3.9-P1.27-L56.0-BL		CD4017BM-MS	MKSSEMI(美森科)	C7473153	LCSG
25	1	PM254-1-19-Z-3.-0-C	U6 HDR	HDR-TH_19P-P2_54-V-F	PM254-1-19-Z-3.-0-C	HTCTL(华灿天禄)			LCSG
26	1	PM254-1-19-Z-3.-0-C	U7 HDR	HDR-TH_19P-P2_54-V-F	PM254-1-19-Z-3.-0-C	HTCTL(华灿天禄)		C5159946	LCSG
27	1	ESP32 38Pin				芯苡杰			拼多多
28	1	0.96寸OLED显示屏模块				zave旗舰店			淘宝
29	2	100K RK097NS带开关				teiseky数码旗舰店			拼多多
30	1	FPC软排线20P 线材10CM				电子连接器专营店			拼多多
31	4	M3*16+3单头六角铜柱				creaby旗舰店			多多
32	4	M3铜制螺母				creaby旗舰店			淘宝
33	4	M3*8十字沉头螺丝				creaby旗舰店			淘宝

(详见本文件夹下的 BOM TOTAL PCB.xlsx 文档。)

## 7. 参考文献与技术标准

## 7.1 国际标准与行业规范

- 文献名称: **WMO-No.306\_Vol\_I.1\_Manual\_on\_Codes.pdf**
  - 出版单位: World Meteorological Organization (WMO)
  - 核心关联: 本项目 METAR/TAF 报文解析逻辑严格遵循该手册中 **FM 15 (METAR)** 与 **FM 51 (TAF)** 的字段定义与编码规则。
- 文献名称: **ICAO\_Annex\_14\_Vol\_I\_Aerodrome\_Design\_and\_Operations.pdf**
  - 出版单位: International Civil Aviation Organization (ICAO)
  - 核心关联: 本项目灯光排布及流水灯 (Sequenced Flashing Lights) 的时序要求参考了该标准 **Chapter 5.3.4** 关于进近灯光系统的相关规定。

## 7.2 关键元器件规格书

- 文献名称: **C7434190555定时器-计时器\_NE556DR-MS规格书\_WJ411490.pdf**
  - 生产厂家: MSKSEMI (美森科)
  - 核心关联: 用于设计双路 555 时基电路, 实现系统调光 PWM 波形产生及 CD4017 时钟脉冲控制。
- 文献名称: **C7473153计数器-分频器\_CD4017BM-MS规格书\_WJ411742.pdf**
  - 生产厂家: MSKSEMI (美森科)
  - 核心关联: 用于实现 20 路跑道顺序闪烁灯 (跑兔灯) 的译码计数逻辑与硬件移位驱动。