

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](#)
- [4. 使用方法与操作说明](#)
- [5. 系统设计原理](#)
- [6. 硬件清单 \(BOM\)](#)
- [7. 参考文献与技术标准](#)

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。

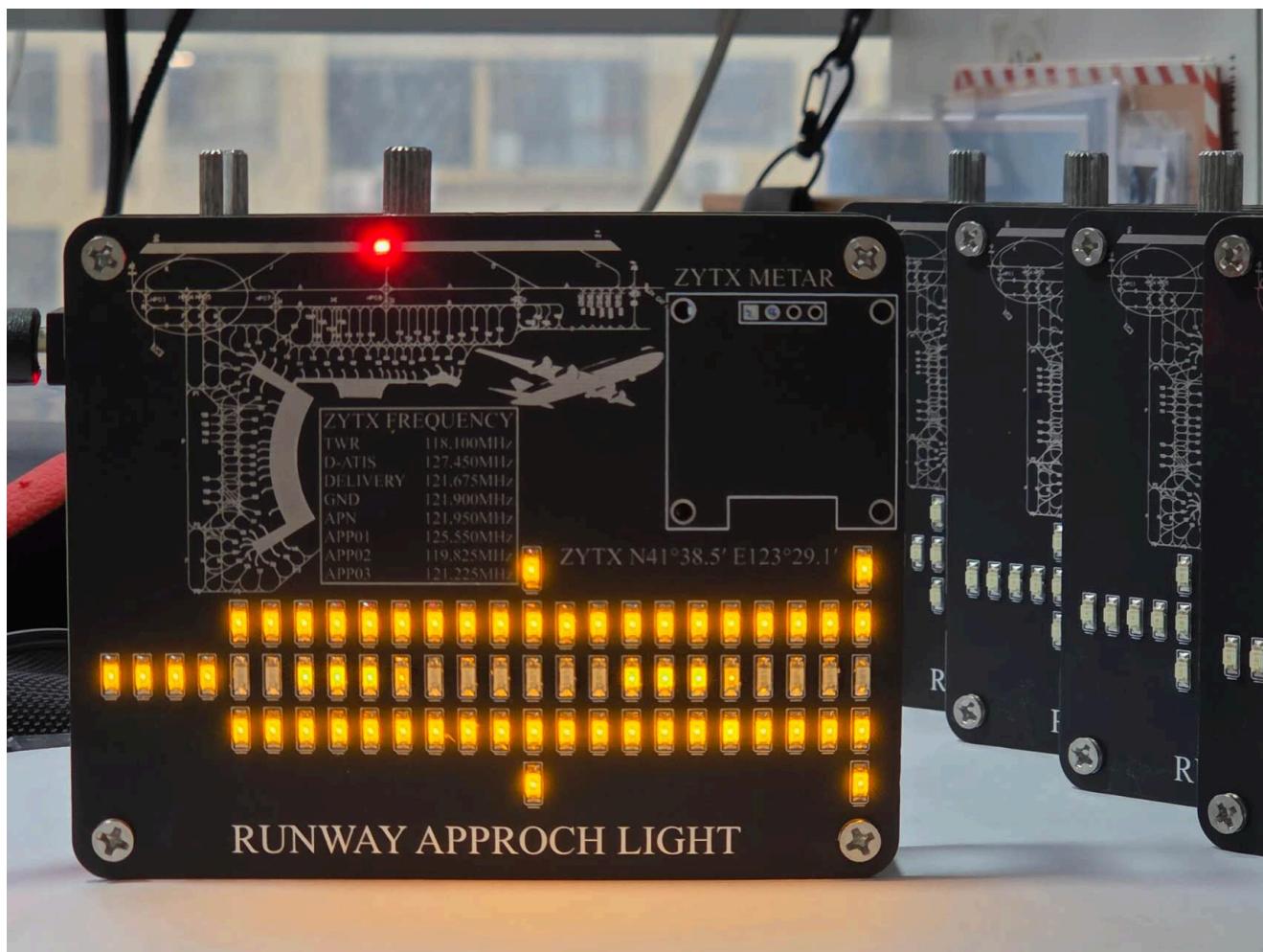
2. 功能特性

- 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)。

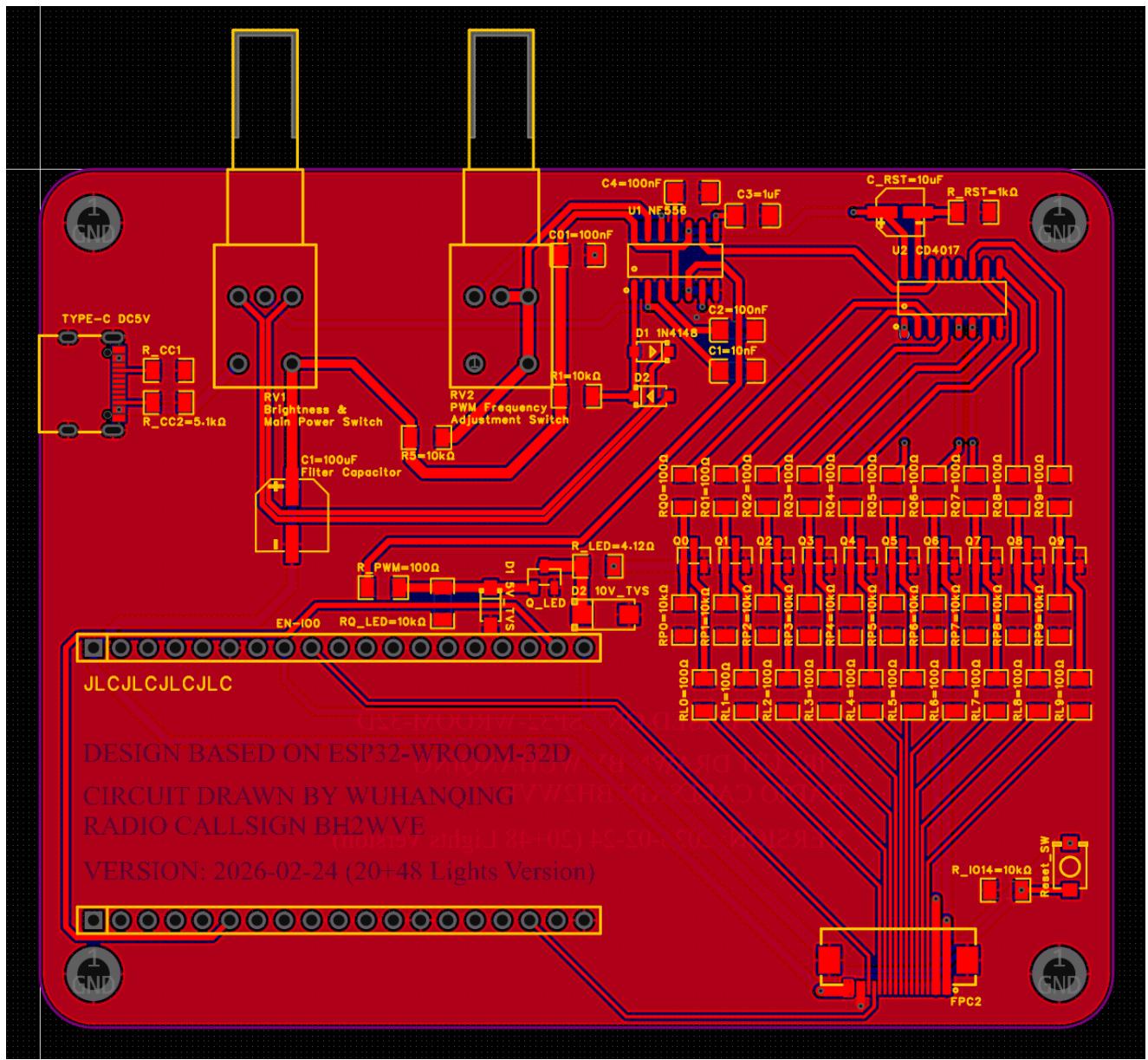
3. 项目图片

3.1 实物图

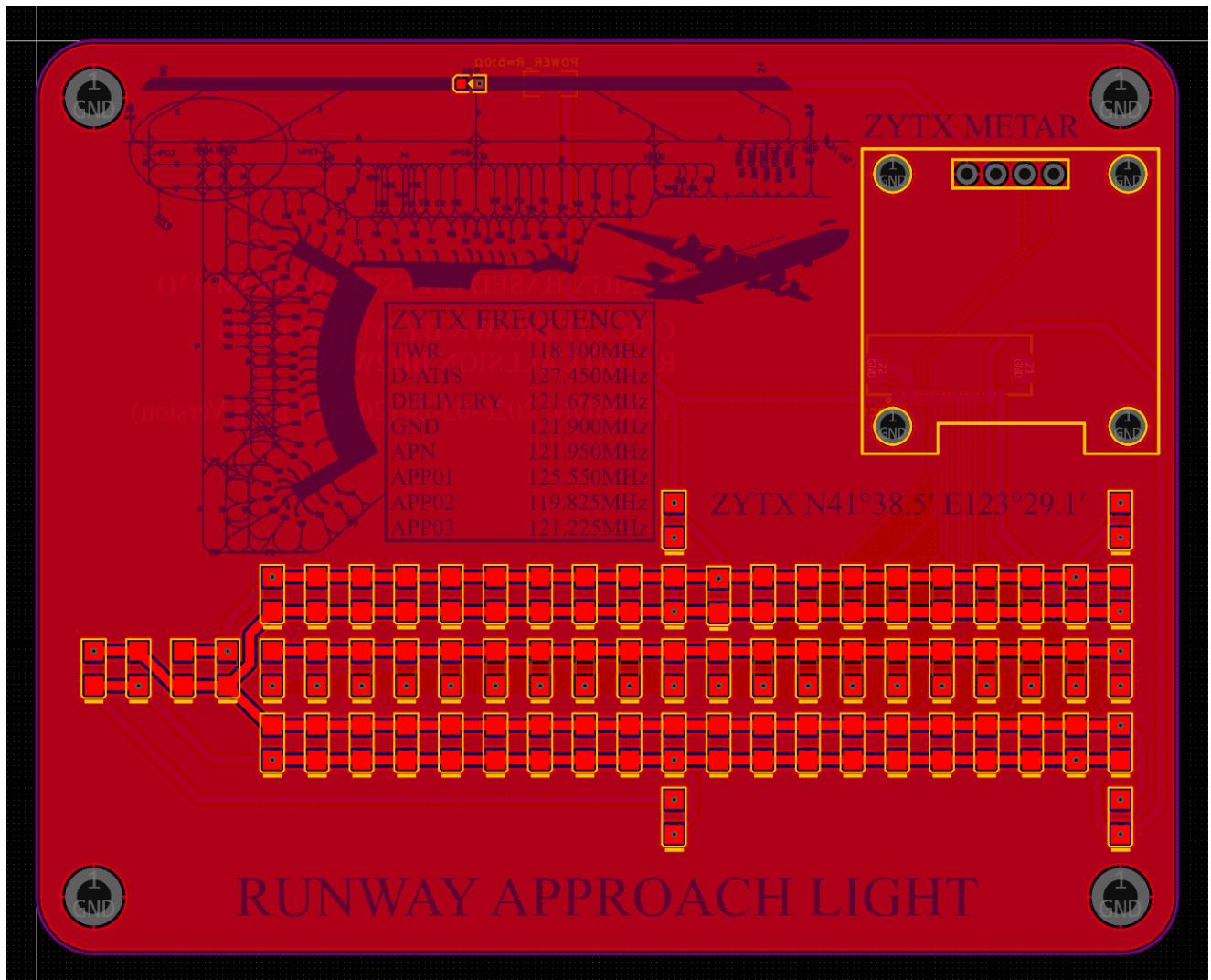


3.2 电路图

3.2.1 底板电路图

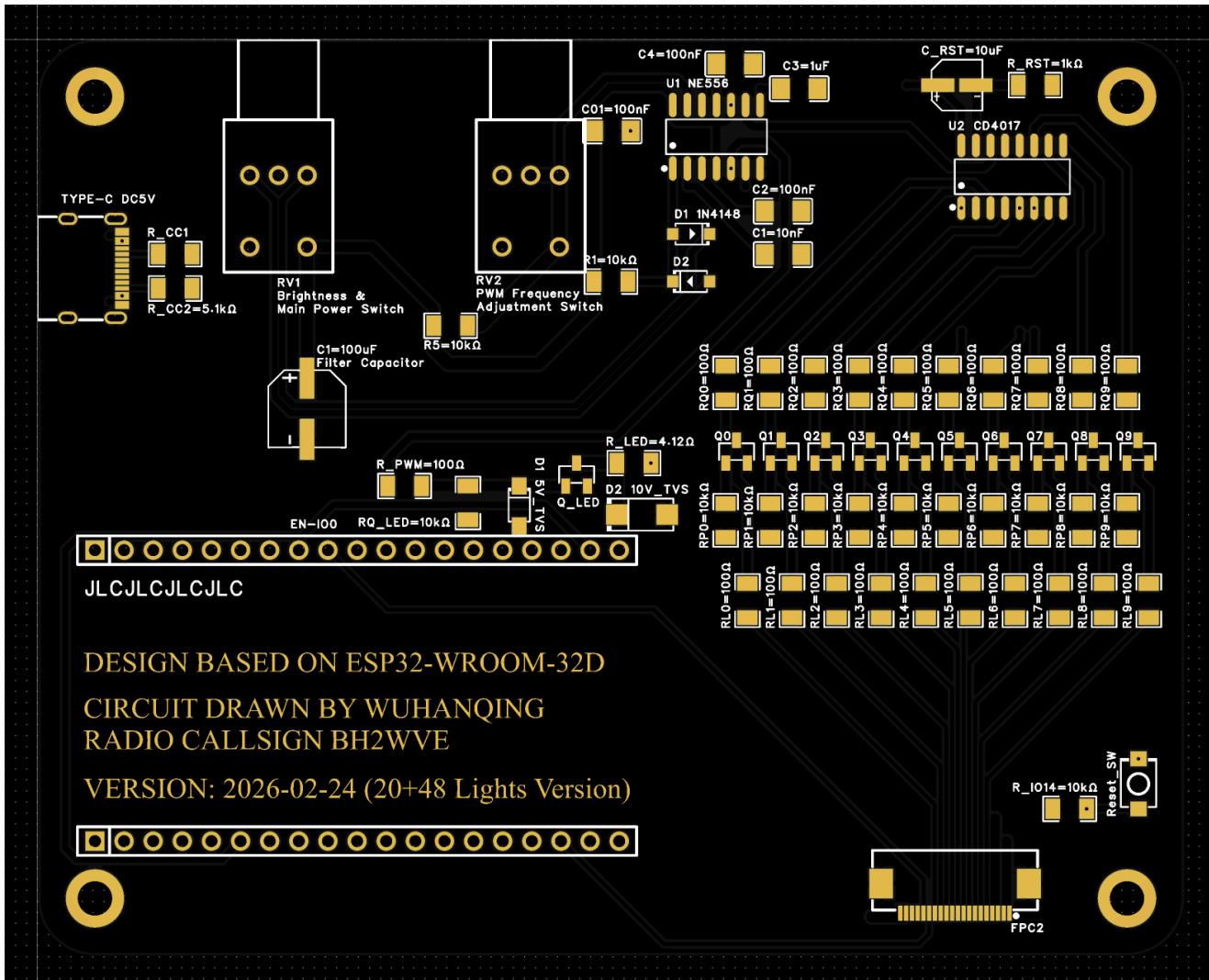


3.2.2 顶板电路图

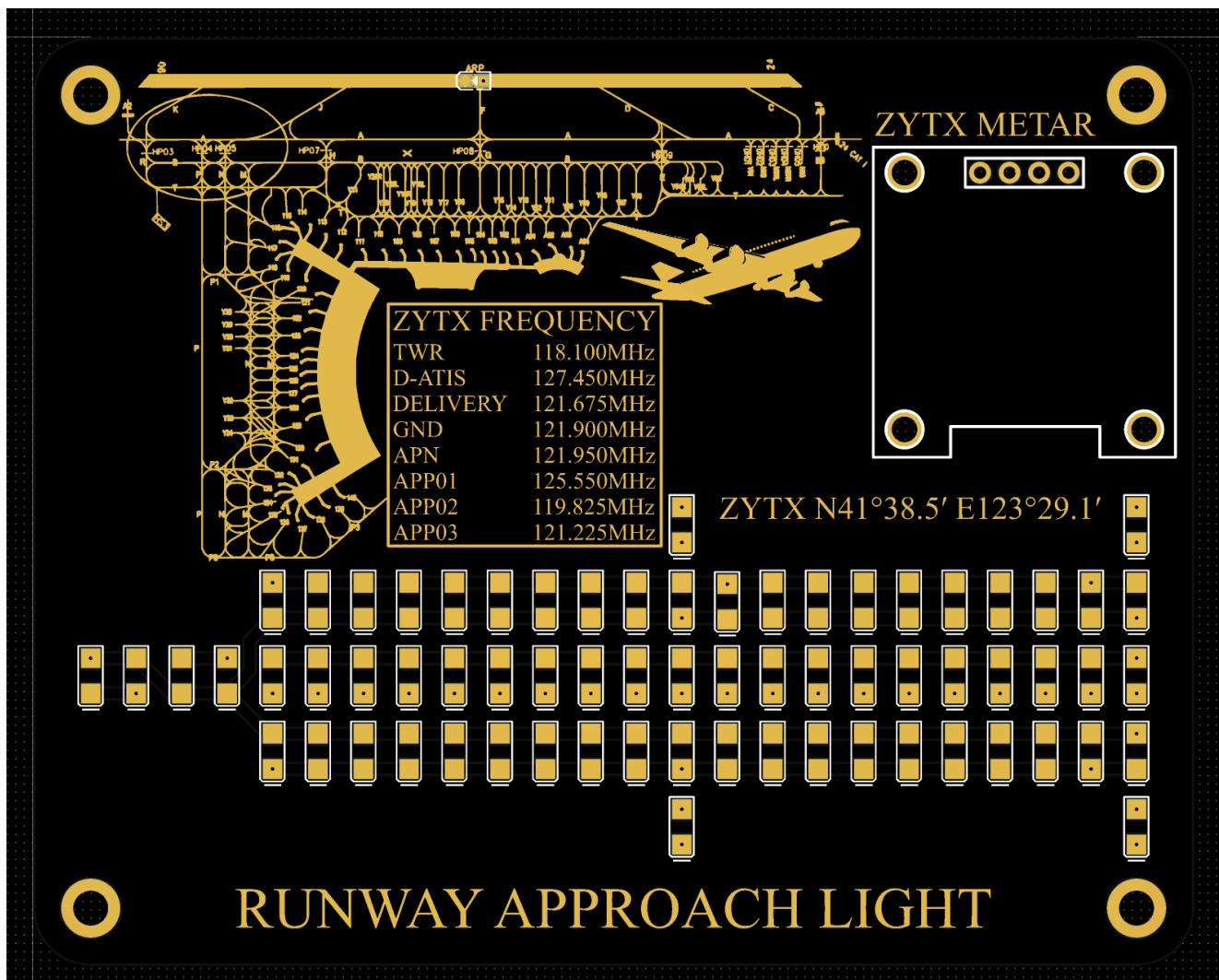


3.3 2D预览图

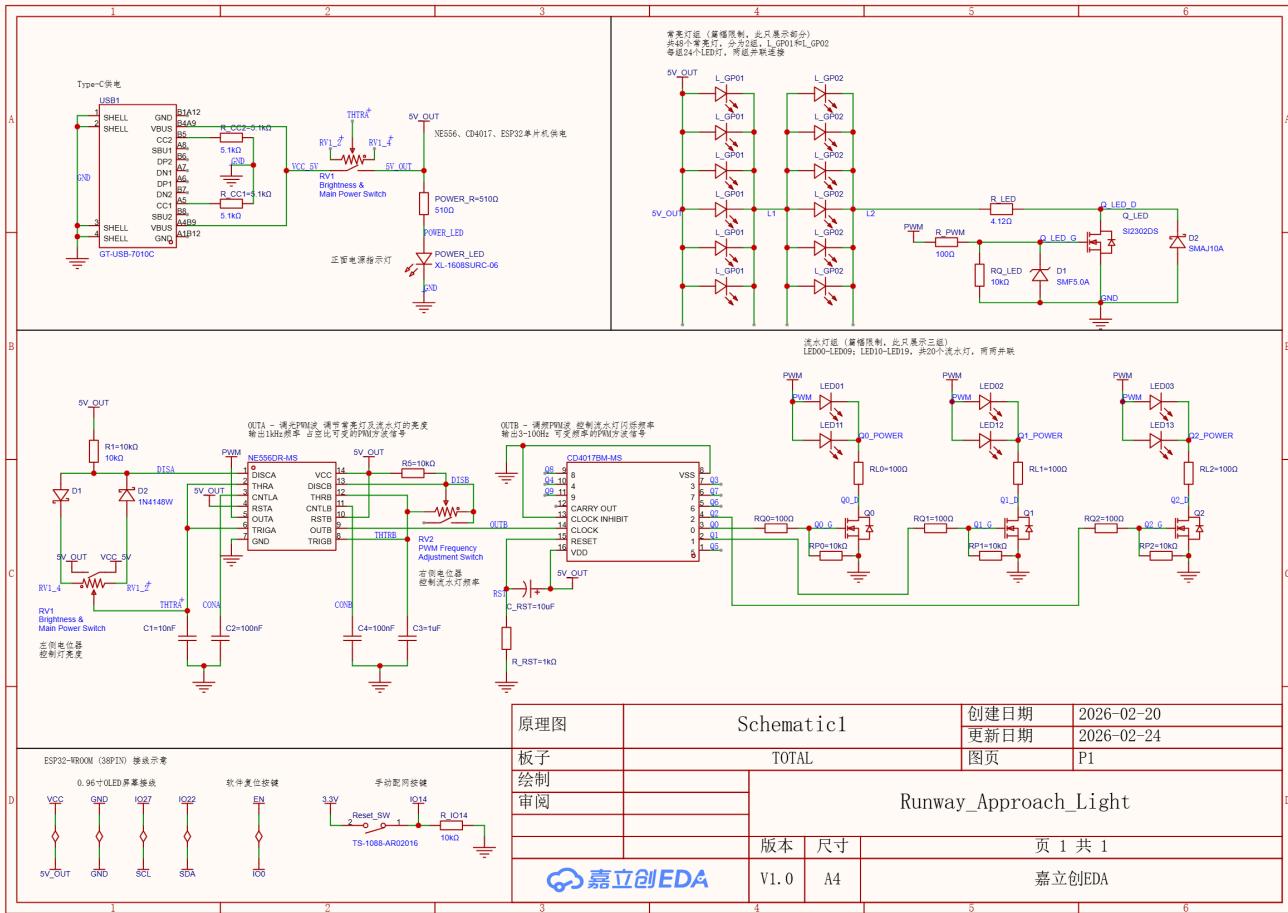
3.3.1 底板2D预览图



3.3.2 顶板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 ZYTX)，点击 Save。设备将自动重启并开始爬取气象数据。

5. 系统设计原理

5.1 硬件电路设计

系统采用“硬逻辑控制灯效，微处理器处理数据”的分工模式：

- **核心逻辑 (NE556 + CD4017):**
 - **NE556 (Unit A):** 输出 1kHz 占空比可变波形，作为 **PWM 调光信号** 接入 LED 阳极。
 - **NE556 (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。

5.2 软件逻辑架构

- **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。

6. 硬件清单 (BOM)

No.	uonit	Comment	Designator	Footprint	Value	Manufacturer	Part	Manufacturer	Supplier Part	Supplier
1	1	10nF	C1=10nF	C1206	10nF	FCC1206B103K500DT	FOJAN(富捷)	C1357623	LCS	
2	3	100nF	C01=100nF,C2=100nF,C4=100nF	C1206	100nF	CL1B104KEBCNNNC	SAMSUNG(三星)	C24497	LCS	
3	1	100nF	C1=100nF/Filter Capacitor	CAP-SMD_BD6_3-16_6-W6-FD	100nF	EFEFTV1101AP	PANASONIC(松下)	C128464	LCS	
4	1	1uF	C3=1uF	C1206	1uF	CL1B105KHBNNE	SAMSUNG(三星)	C1848	LCS	
5	1	10uF	C RST=10uF	CAP-SMD_BD4_0-4_3-W4_3-FD	10uF	RTV1100W405	ROQNG(容强)	C72485	LCS	
6	2	IN4148W	D1 IN4148, D2	SOD-123_L2_7-W1_6-L53_7-FD		IN4148W	宏迪盛	C7240318	LCS	
7	1	SMF5.0A	D1 5V TVS	SOD-123FL_L2_7-W1_8-L53_8-RD		SMF5.0A	宏迪盛	C1907747	LCS	
8	1	SMJ10A	D2 10V TVS	SM4_L4_W2_6-L55_0.5-RD		SMJ10A	宏嘉盛	C41376407	LCS	
9	2	FPC-05F-20PH20	FPC1, FPC2	FPC-SMD_20P-PO_50_XUNPU_FPC-05F-20PH20		FPC-05F-20PH20	XUNPU(讯普)	C2856803	LCS	
10	68	NCD1206Y1	P01, L_GPO1, L_GPO1, L_GPO1, L_GPO1, L_GPO1, L_GPO1	LED1206-RD		NCD1206Y1	国星光电	C93094	LCS	
11	1	XL-1608SURC-06	POWER LED	LEDO603-BD RED		XL-1608SURC-06	XINGLIGHT(兴光兴)	C965799	LCS	
12	1	510Ω	POWER R=510Ω	R1206	510Ω	RC1206FR-07510RL	YAGEO(国巨)	C114946	LCS	
13	11	S12302DS	Q0, Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q, LED	SOT-23-3_L2_9-W1_3-P1_90-L32_4-BR		S12302DS	TECH PUBLIC(台舟)	C5310967	LCS	
14	14	10kΩ	=10kΩ, RP4=10kΩ, RP5=10kΩ, RP6=10kΩ, RP7=	R1206	10kΩ	RC1206FR-0710KL	YAGEO(国巨)	C132649	LCS	
15	1	TS-1088-A0R2016	Reset SW	SW-SMD_L3_9-W3_0-P4_45		TS-1088-A0R2016	XUNPU(讯普)	C720477	LCS	
16	21	100Ω	00Ω, RL9=100Ω, RQ0=100Ω, RQ1=100Ω, RQ2=10	R1206	100Ω	RC1206FR-07100RL	YAGEO(国巨)	C137392	LCS	
17	2	10kΩ	\nMain Power Switch, RV2\nMain Frequency\n	RES-ADJ-TH_RK09711110EL	10kΩ	RK09711110EL	\\$ALPINE(阿尔卑斯阿尔斯)	C470572	LCS	
18	2	5.1kΩ	R_C1, R_C2=5.1kΩ	R1206	5.1kΩ	RC1206FR-075KL	YAGEO(国巨)	C163372	LCS	
19	1	4.12Ω	R_LED=4.12Ω	R1206	4.12Ω	RC1206FR-074R12L	YAGEO(国巨)	C488825	LCS	
20	1	1kΩ	R_RST=1kΩ	R1206	1kΩ	RC1206FR-071KL	YAGEO(国巨)	C131398	LCS	
21	1	GT-USBT-7010C	TYPE-C DC5V	USB-C-SMD_GT-USBT-7010C		GT-USBT-7010C	G-Switch(品智)	C284967	LCS	
22	1	HS96103W2C03	U1	OLED-TH_L2_8-W27_2-P2_54_C9900033791		HS96103W2C03	HIS(汉界)	C5248080	LCS	
23	1	NE556DR-MS	U1 NE556	SO1C-14_L8_7-W3_9-P1_27-L56_0-BL		NE556DR-MS	MSK8511(美森科)	C7434190	LCS	
24	1	CD4017BM-MS	U2 CD4017	SO1C-16_L9_19-W3_9-P1_27-L56_0-BL		CD4017BM-MS	MSK8511(美森科)	C7473153	LCS	
25	1	PM254-1-19-Z-3.0-C	U6	HDR-TH_19P-P2_54-V-F		PM254-1-19-Z-3.0-C	HCTL(华灿天禄)		LCS	
26	1	PM254-1-19-Z-3.0-C	U7	HDR-TH_19P-P2_54-V-F		PM254-1-19-Z-3.0-C	HCTL(华灿天禄)	C5159946	LCS	
27	1	ESP32 38Pins					诚芯态		拼多多	
28	1	0.96寸OLED显示模组					zave旗舰店		淘宝	
29	2	100Ω RK907NS带开关					teisely数码旗舰店		拼多多	
30	1	FPC软排线20引线长10CM					电子连接器专批店		拼多多	
31	4	M3*16+3单头六角铜柱					creaby旗舰店		淘宝	
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	
34	4	M2铜制螺母					creaby旗舰店		淘宝	
35	4	M2#8十字沉头螺丝					creaby旗舰店		淘宝	
36	2	1*19P 2.54MM直插单排母					teisely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。