

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。

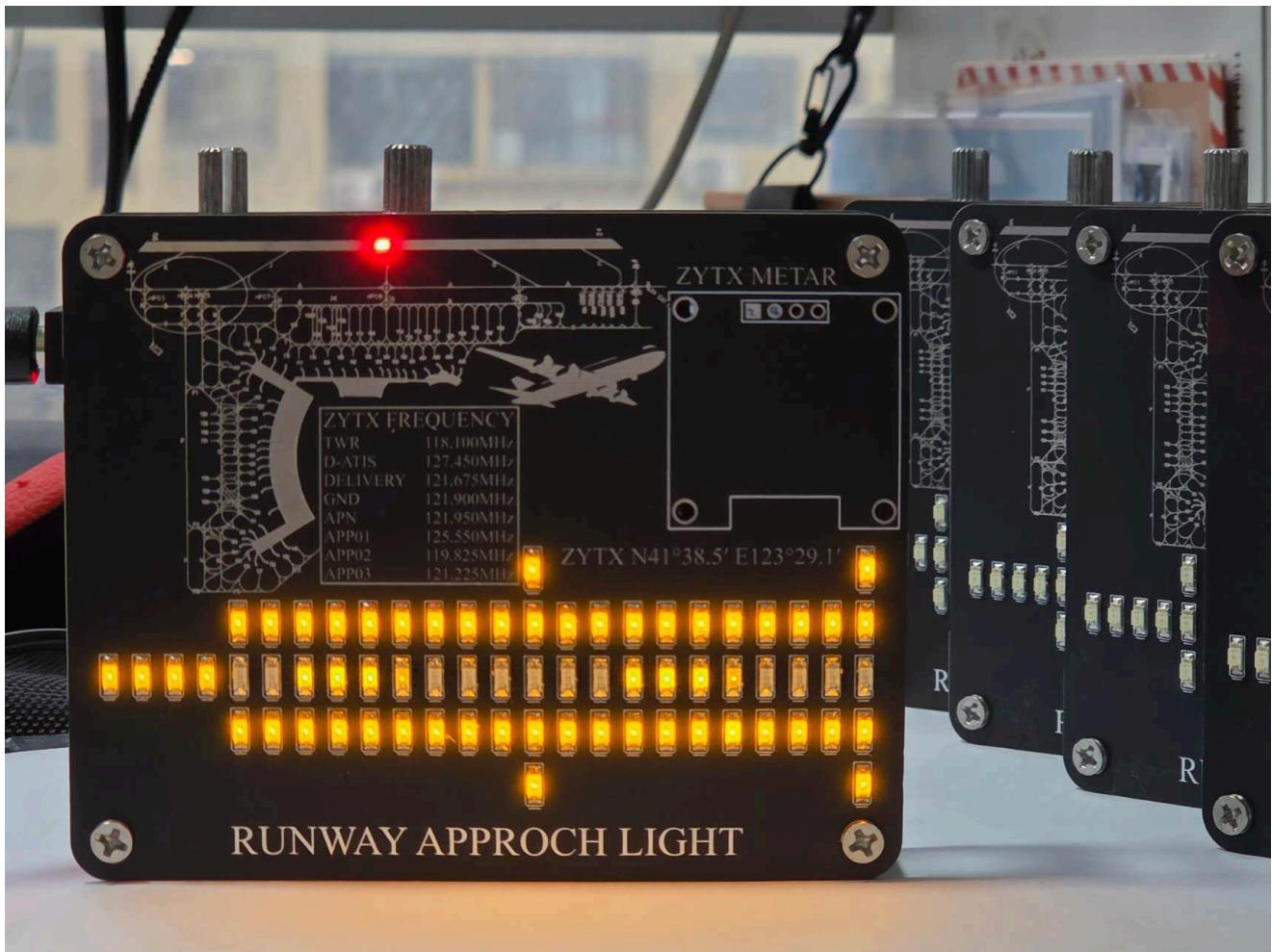
2. 功能特性

- 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）。

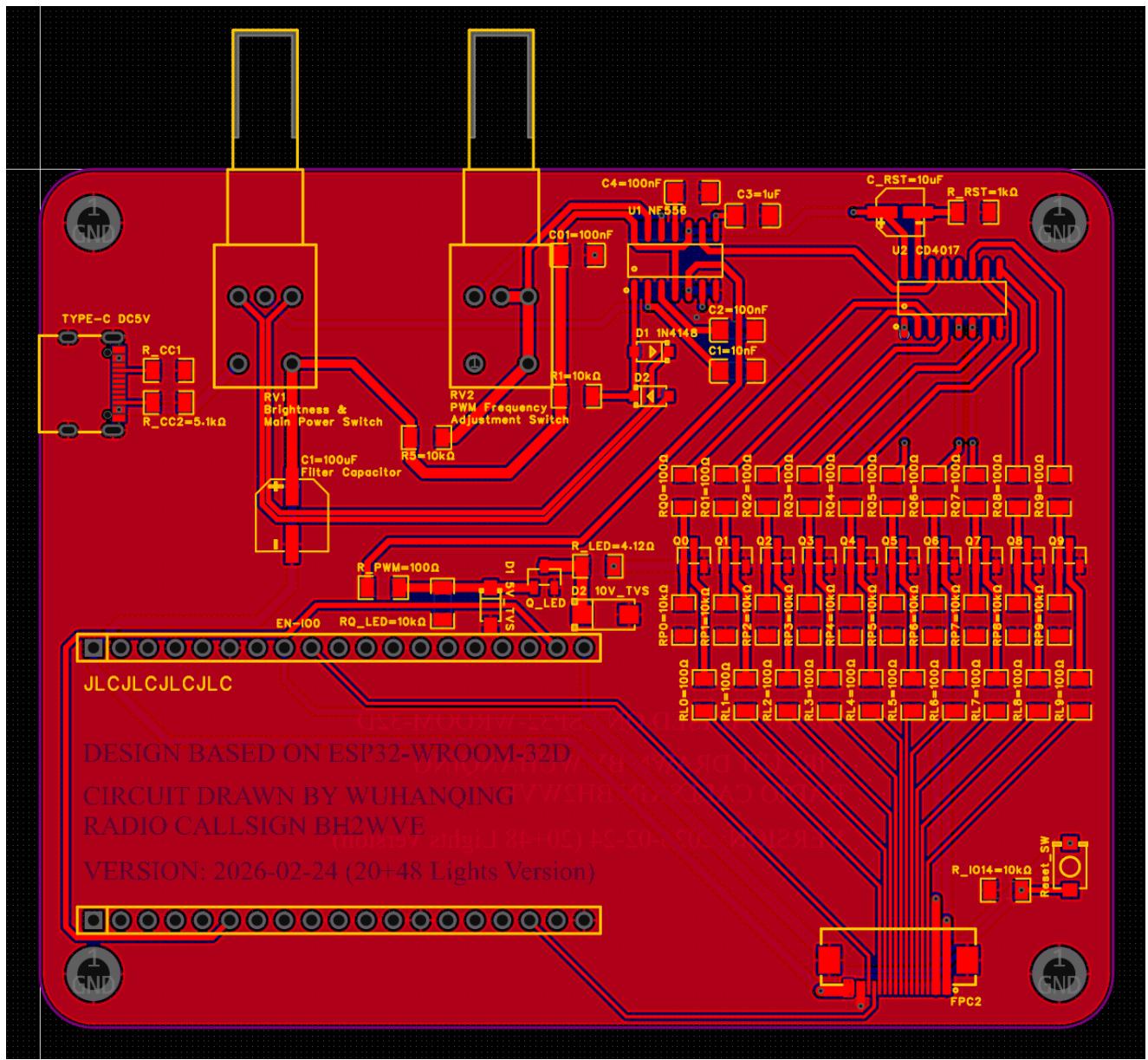
3. 项目图片

3.1 实物图

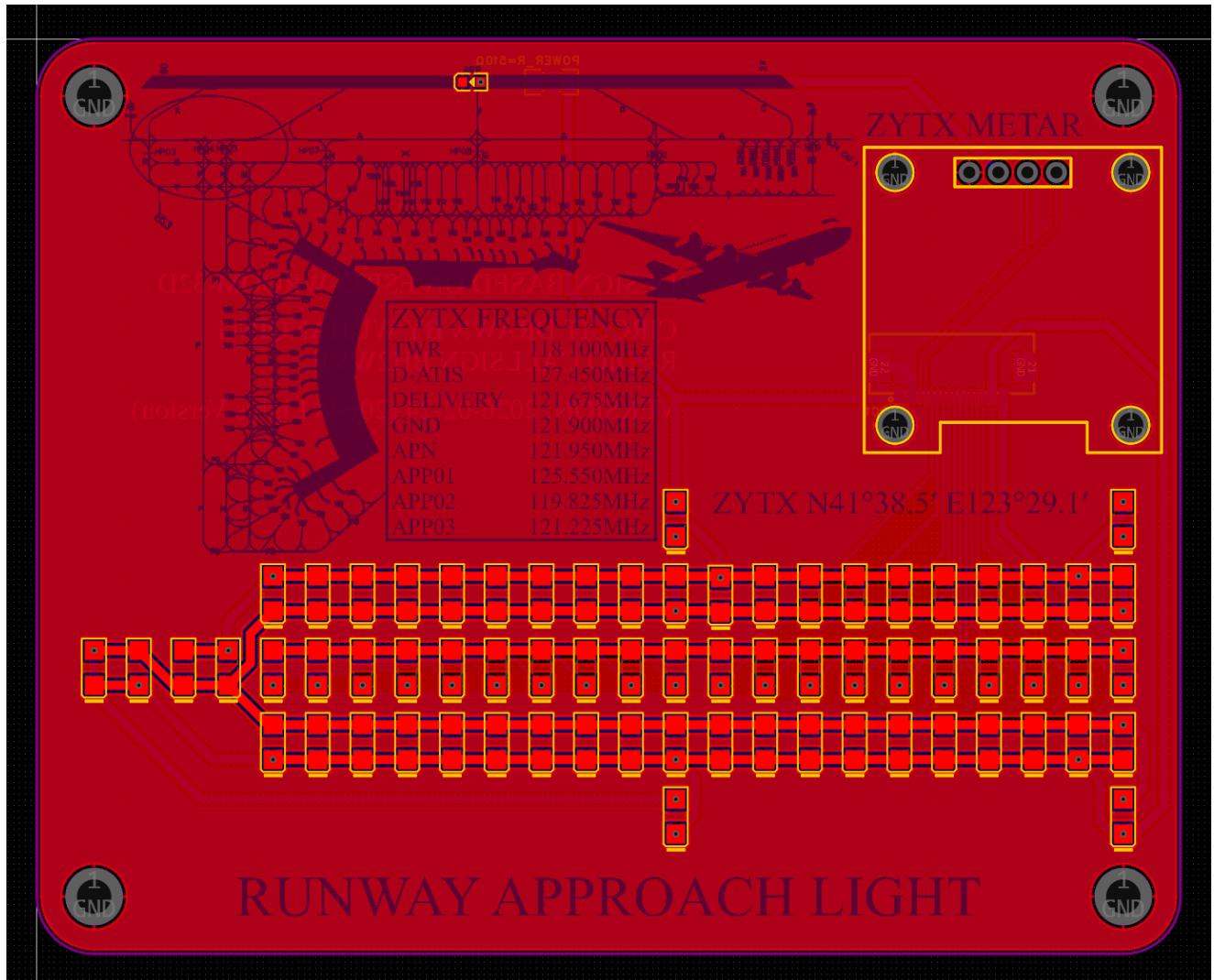


3.2 电路图

3.2.1 底板电路图

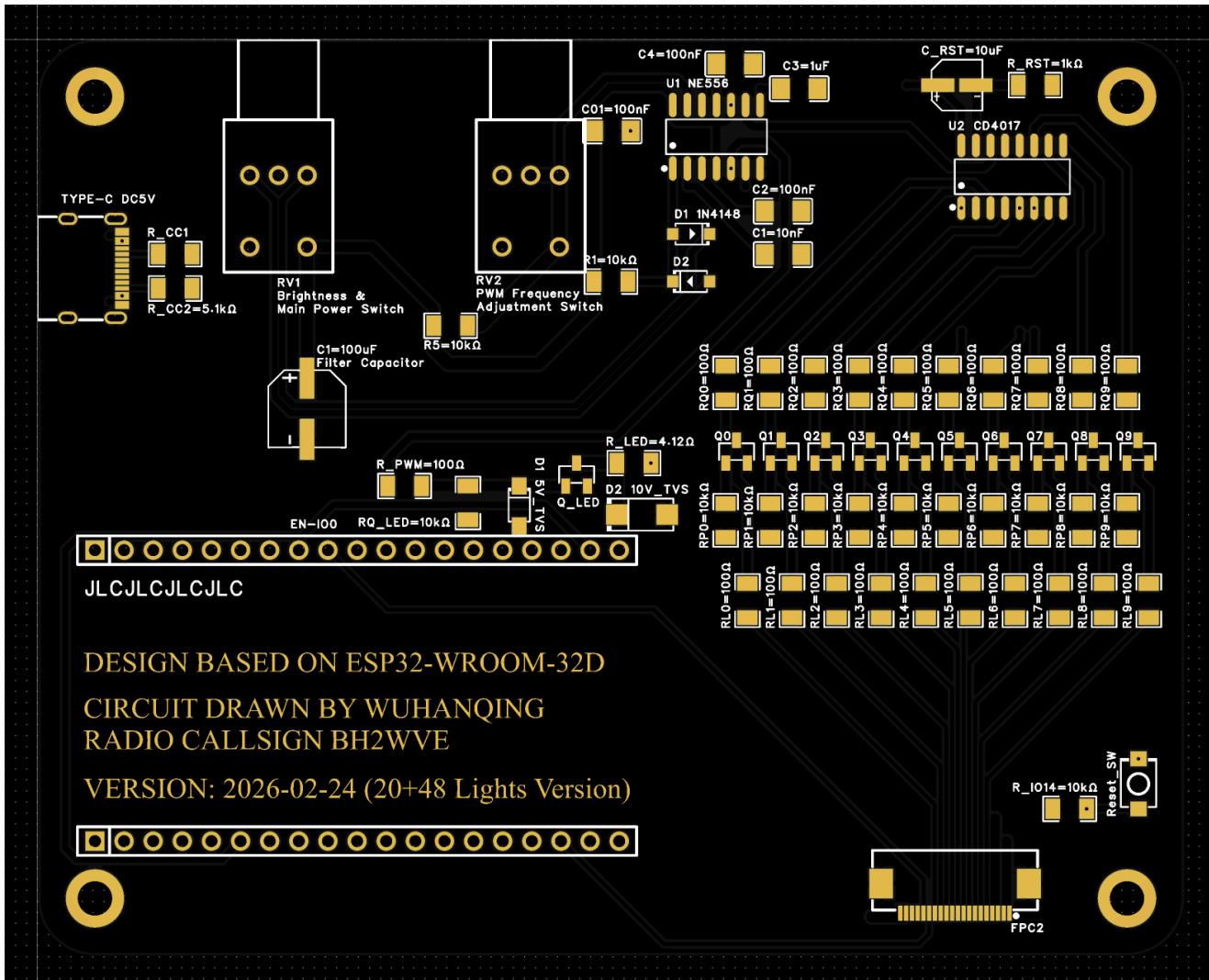


3.2.2 顶板电路图

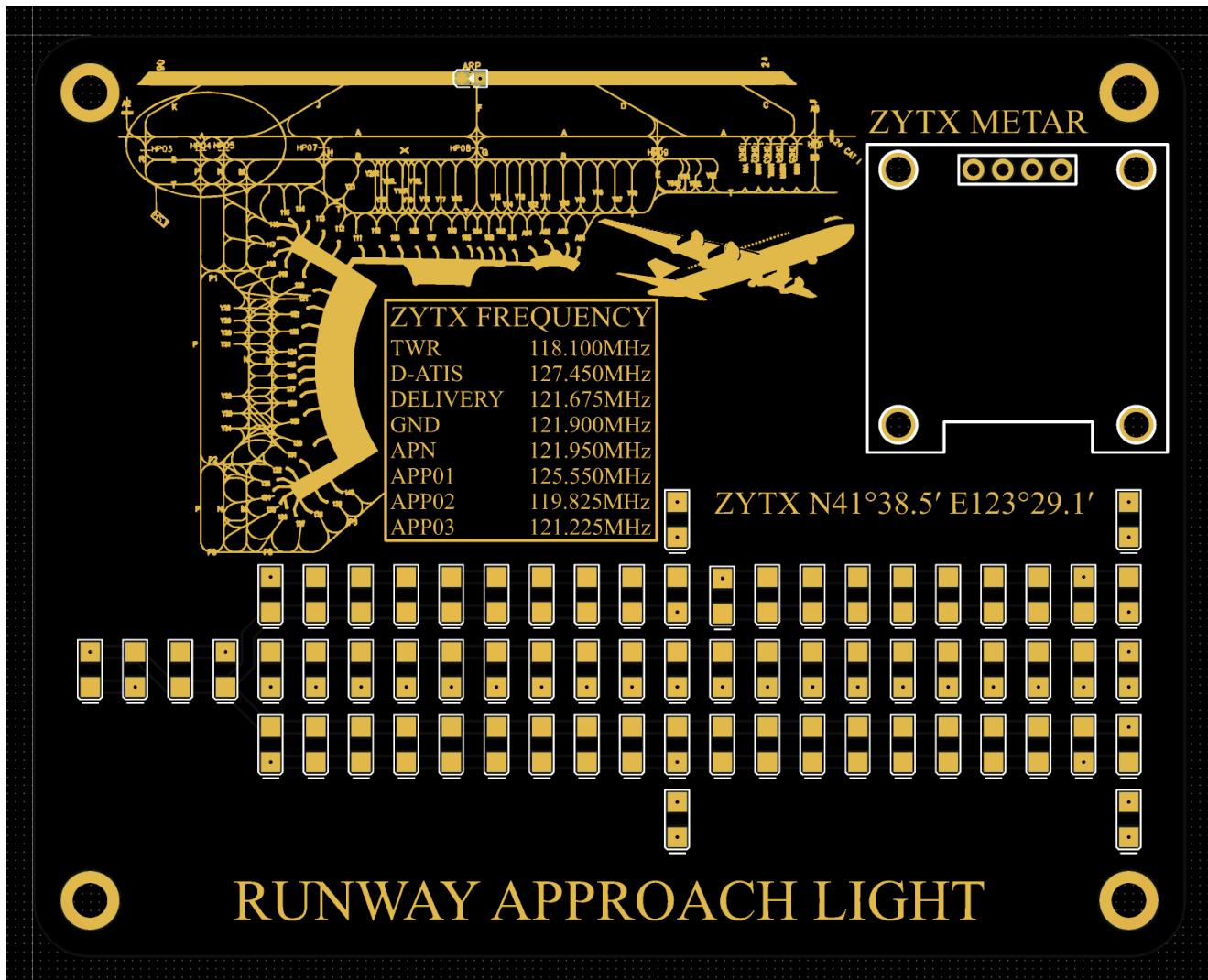


3.3 2D预览图

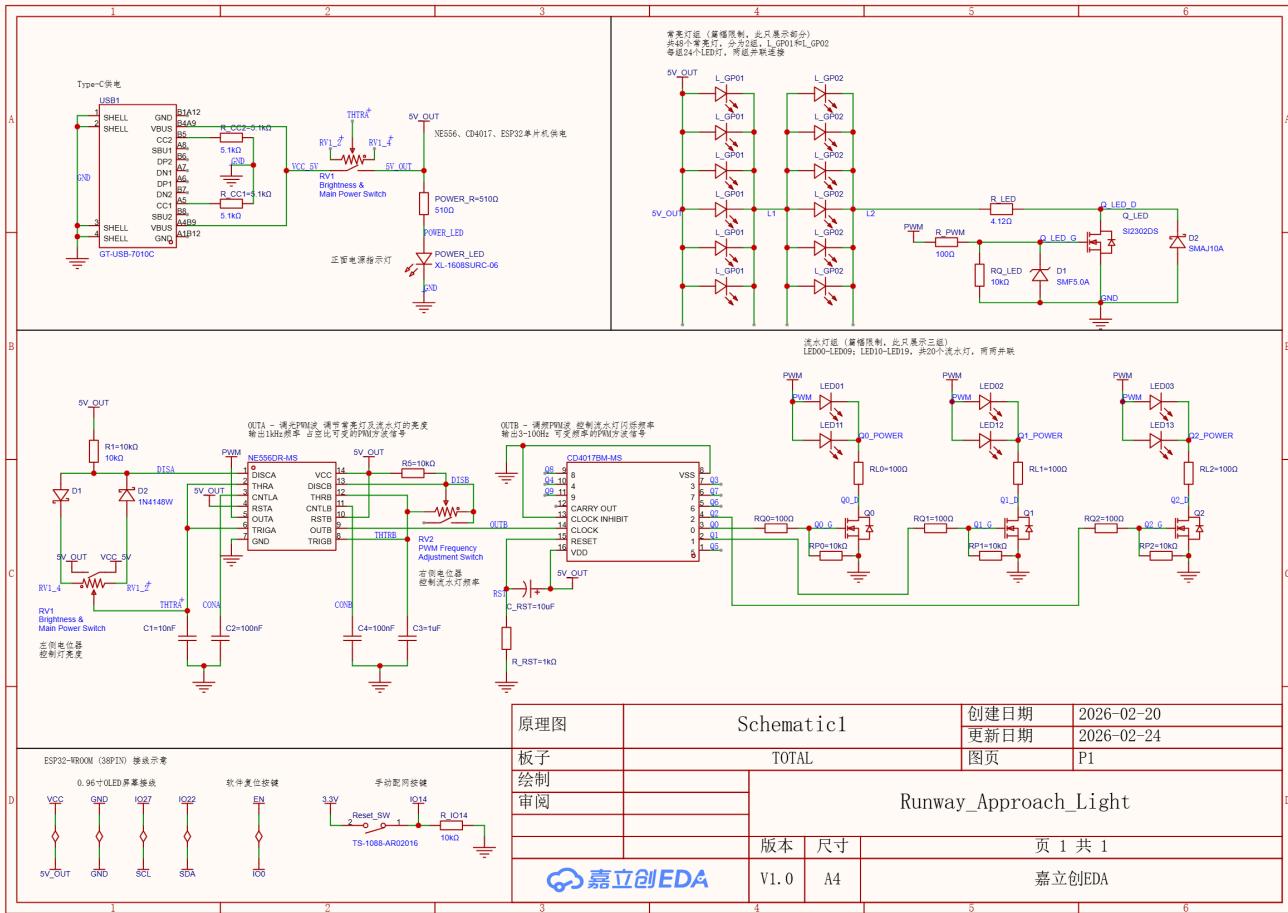
3.3.1 底板2D预览图



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)

(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。