

百工谱——AIGC物品展示框

Artisan's Tome

「一物一世界，一触一春秋」

▼ 百工谱——AIGC物品展示框

- [Artisan's Tome](#)
- [项目简介](#)
- [项目功能](#)
- [开源链接](#)
- [视频链接](#)
- [使用说明](#)
- [应用、推广与展望](#)
- [结构设计](#)
- ▼ [硬件设计](#)
 - [PCB设计](#)
 - [电源电路](#)
 - [主控电路](#)
 - [墨水屏驱动](#)
- ▼ [嵌入式软件](#)
 - [网络连接、存储与配网](#)
 - [休眠与唤醒](#)
 - [网页访问](#)
 - [墨水屏显示](#)
- ▼ [图像生成与处理](#)
 - [运行平台与环境](#)
 - [Prompt设计](#)
 - [API调用与接口设计](#)
 - [图像处理](#)
 - [存储与下载](#)
- [功耗测试\(粗测\)](#)
- ▼ [BOM表与费用](#)
 - [制作成本](#)
 - [API费用](#)
- [参考资料](#)

项目简介

一款基于ESP32的智能桌面艺术装置。

项目功能

基于预设库中时代、地域、职业等元素与文化符号，通过图像生成模型，创造出一件独一无二的虚拟物品，在电子墨水屏上呈现独特的视觉体验，让每一次交互都成为在历史长河中的一次随机发现，让科技与人文在方寸之间完美交融。

开源链接

https://oshwhub.com/ljh345/artisans_tome

视频链接

<https://www.bilibili.com/video/BV11pWbzYEnt>

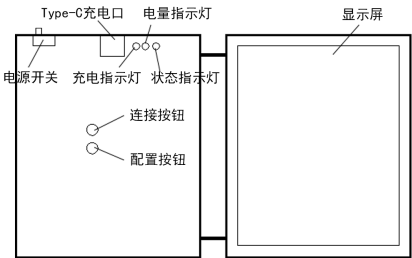
使用说明

注册API可参考<https://www.bilibili.com/video/BV1PW4VzbEP8>。

产品简介

一款基于ESP32的智能桌面艺术装置。
基于预设库中时代、地域、职业等元素与文化符号，通过图像生成模型，创造出一件独一无二的虚拟物品，在电子墨水屏上呈现独特的视觉体验，让每一次交互都成为在历史长河中的一次随机发现，让科技与人文在方寸之间完美交融。

产品结构



指示灯

充电时，充电指示灯常亮，充满电时熄灭。
电池电量低时，电量指示灯常亮；正常使用时电量指示灯可能短暂闪烁，属正常现象。
状态指示灯：
熄灭 - 进入休眠模式
白色 - 正在初始化，通常只会短暂出现
黄色 - 进入连接模式，尝试连接储存的网络
蓝色 - 进入配置模式
绿色 - 成功连接网络，进入生成模式，发送网络请求
紫色 - 网络请求出错

功能操作

本产品开机或定时唤醒后，将自动进入连接模式，尝试接入已保存的无线网络。连接成功后设备将自动发起图像生成请求。图像生成与传输过程中，屏幕会进行全局刷新并伴随多次闪烁，此过程持续5-10秒，属正常现象。刷新完成后，屏幕上将显示本次生成的专属物品图像及文字描述。

若因网络波动或服务繁忙导致生成失败，设备将在30秒后自动重试。图像成功显示后，若持续5分钟仍未完成生成，设备将自动进入深度休眠状态以节省电量，30分钟后将自动唤醒。

您也可在连接、配置或休眠模式下，通过机身按钮手动切换模式：

连接按钮：重新进入连接模式并尝试生图；

配置按钮：进入网络配置模式。

进入配置模式后，设备将开启名为"ArtisansTomeConfig"的无线热点。使用手机或电脑连接该热点后，在浏览器中访问192.168.4.1:3000，即可打开配置页面。在该页面中可进行以下设置：

WiFi配置：在"添加新网络"中输入所在环境的WiFi名称与密码，点击"连接并保存"。成功连接后，该网络将被记录在设备中，之后开机将自动连接。您最多可保存10个网络，并在"已保存的网络"区域中进行连接或管理。

AI配置：在此处可设置语言模型与图像生成模型的API地址、模型名称及身份密钥。保存后，设备将默认使用这些参数发起生成请求。为保障信息安全，已保存的密钥内容不会在页面上回显。

配置完成后，设备将自动重启并应用新设置。如长时间未操作，配置热点将在5分钟后自动关闭，设备恢复原状态。



配置界面示意图

API注册

本产品调用语言模型遵循OpenAI接口规范，兼容国内大多数模型服务平台，如火山引擎、DeepSeek等，但为保证内容的正常生成与多样化，建议采用参数量较大(如DeepSeek-V3)且较稳定的平台模型。按照平台指引注册后，将模型名称、URL与秘钥(若API请求头"Authorization"前需添加"Bearer "则一并传入)传入配置页面。

以火山引擎的DeepSeek-V3模型为例：

注册并登录平台，打开顶部产品→人工智能与机器学习→火山方舟，点击"立即体验"后选择模型DeepSeek-V3，版本250324，点击API接入后创建API Key，将得到形如"90abcdef-1234-8765-abcd-1234567890ab"的秘钥。

接下来查看API接入文档，找到以下形式的调用示例：

```
curl https://ark.cn-beijing.volces.com/api/v3/chat/completions \
-H "Content-Type: application/json" \
-H "Authorization: Bearer 90abcdef-1234-8765-abcd-1234567890ab" \
-d '{
  "model": "deepseek-v3-250324",
  "messages": [
    {
      "role": "system", "content": "你是人工智能助手。",
      "role": "user", "content": "你好"
    }
  ]
}
```



本产品配置页面中的API URL即以上网址，模型名称可通过查看平台文档的模型列表获取。API Key即上一步获取的秘钥，但需注意示例中包含"Bearer "，因此配置本产品时同样需要添加该部分。

图像生成固定选用硅基流动的Kolors模型，注册平台账号后进入首页，选择API秘钥→新建API秘钥，得到形如"sk-48letters"的秘钥，传入本产品时同样需添加"Bearer "。

应用、推广与展望

目前项目的生成内容涵盖多个时代、职业与地域文化，提供丰富、多样化的探索体验。

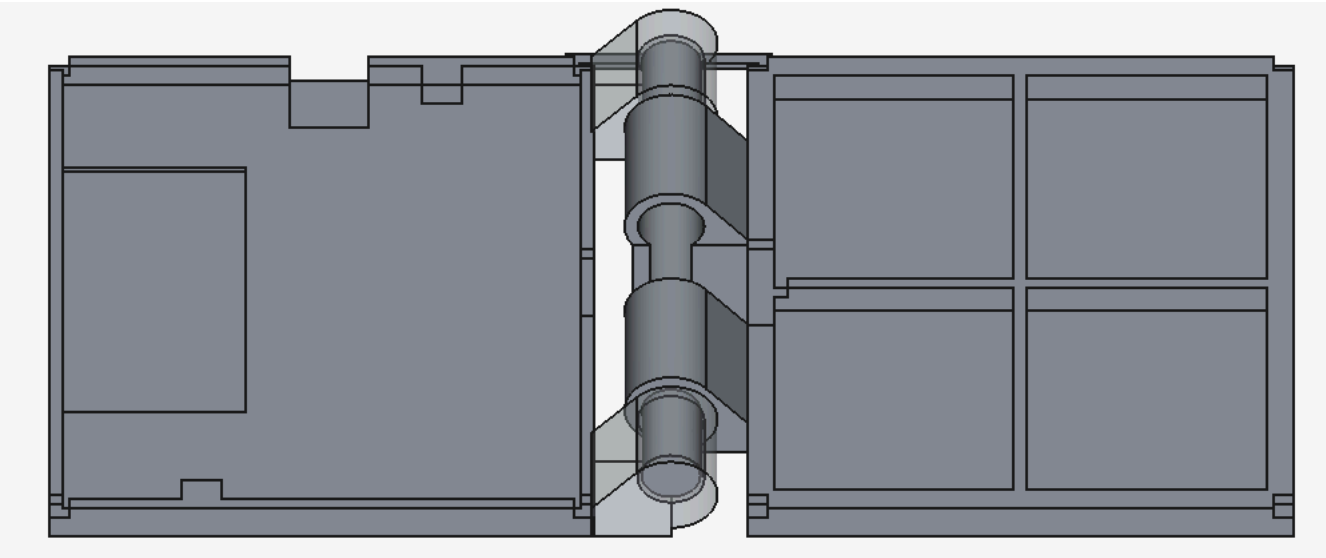
对于特定领域的展示需求，如文旅、艺术、科教等，可进一步优化：

- 在限定领域内，将Prompt更加具体化和专业化，如明确指定某个城市/景区或历史人物，生成与之相关的专属物品，作为当地的专属文创。必要时，可考虑模型微调、知识库等技术，提供更专业、精准的生成效果。
- 可根据需要调整输出的语言风格，如更侧重于历史文化知识，提升内容的教育属性与价值。
- 添加更多交互功能，如通过物理触发（如摇动设备）来生成新内容；支持保存下载物品图片；添加热敏打印模块，将生成的内容实体化；支持短对话语音识别，并将识别内容与随机设定进行融合。
- 换用更稳定的生图API。

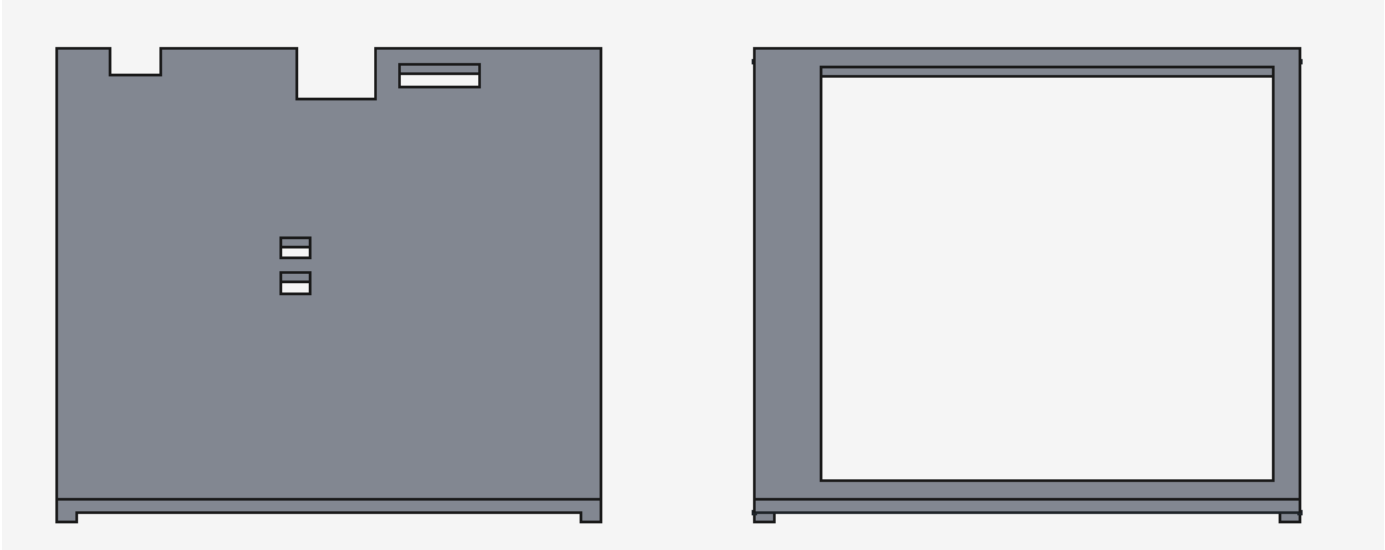
结构设计

本项目使用FreeCAD进行设计。

外壳目前设计为书本形，本部分称两侧为"屏幕页"与"电路页"。



屏幕与PCB均固定在对应该页的外壳之间，因此每页包括上下两部分，且通过四角的方凸台/槽配定位（该设计不能紧密配合，需要在缝隙涂抹热熔胶固定）。两下页连接使用铰链，两下页与铰链可一体成型^[1]。由于铰链为转动配合，两部件实际上分离，因此对于检测多壳体结构的打印平台，需要在两下页添加易去除的薄连接桥，使平台认定为一个整体。



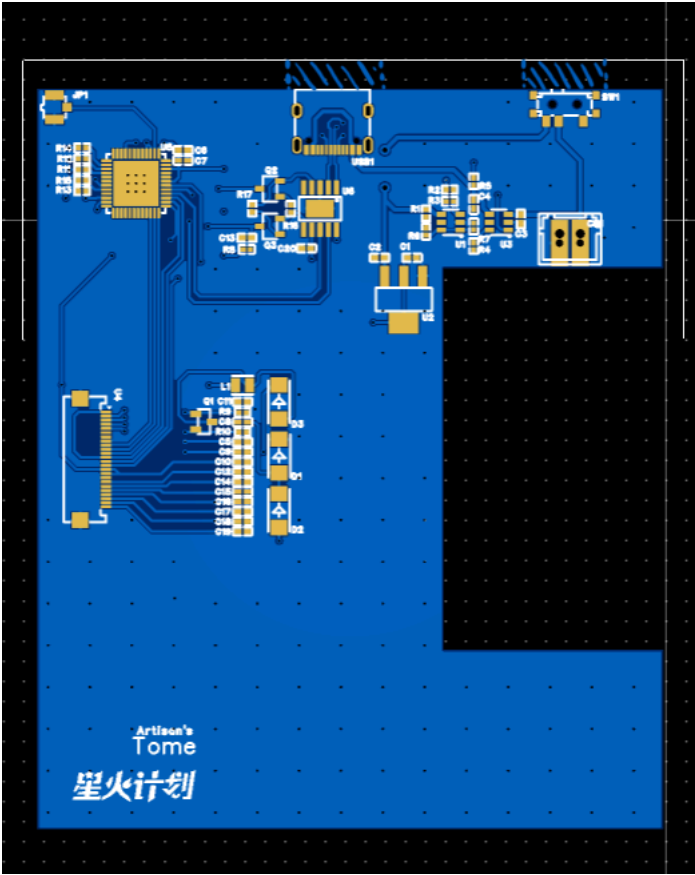
实际按键并未采用原理图上的封装，而是选择4.5*4.5*3.5的直插按钮横放，因此电路上页按键孔位置与原理图不符，若更换按钮需要额外调整。

硬件设计

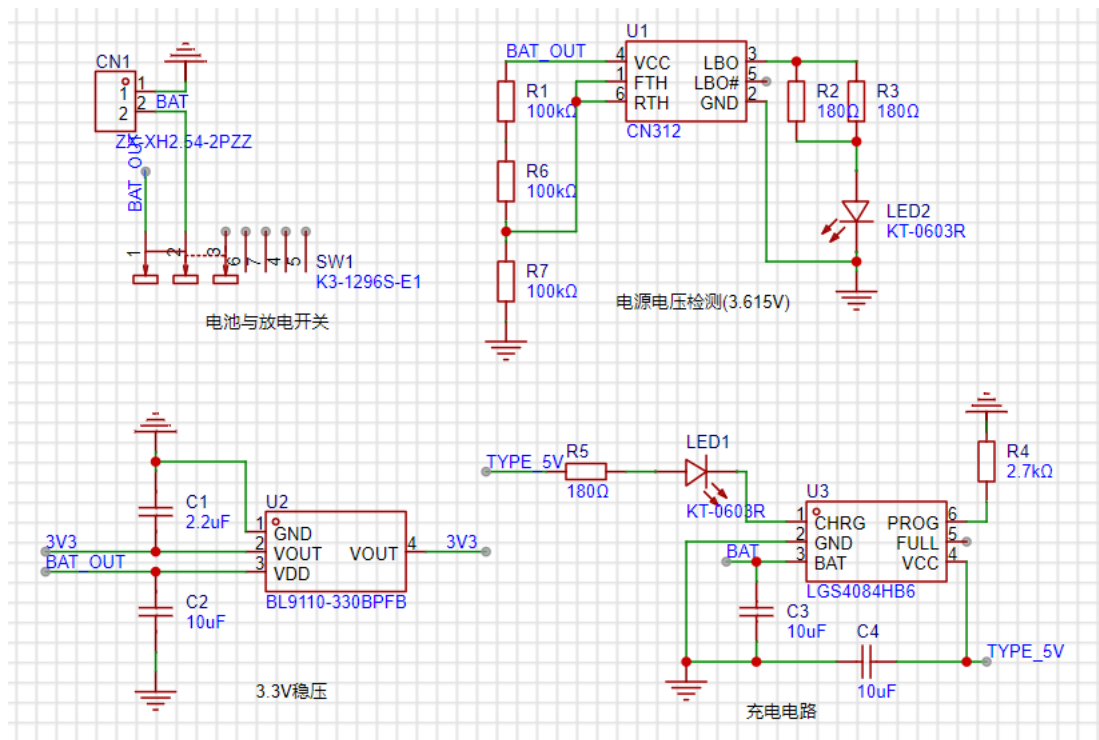
PCB设计

PCB厚度选用0.8mm。

推荐在目前基础上进行以下修改：PCB边缘刚好与外壳边缘投影后重合（即添加图中阴影部分），同时Type-C接口与开关向外移。



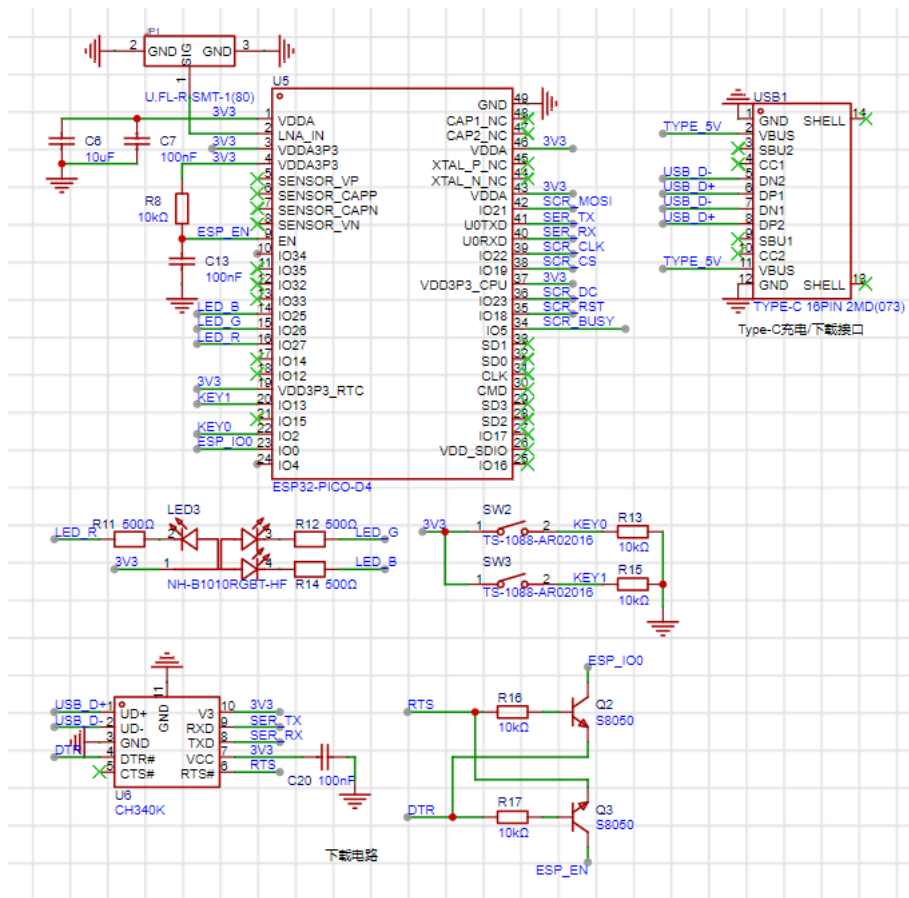
电源电路



本设备采用3.7V锂电池供电，经线性稳压器BL9110-330BPFB输出3.3V，参考前作^[2]。后续可改为DC-DC降压电路，提高电源效率。

电源电压检测采用CN312，其内部主要包括电压比较器与基准电压源。简而言之，RTH引脚电压高于内部基准电压（1.205V）时LBO输出低电平，FTH低于基准电压时LBO输出高电平，LBO#引脚电平相反。方便起见，设置基准电压为3.605V，且FTH与RTH电压相等，则电源电压低于3.605V时LED亮起，反之熄灭。

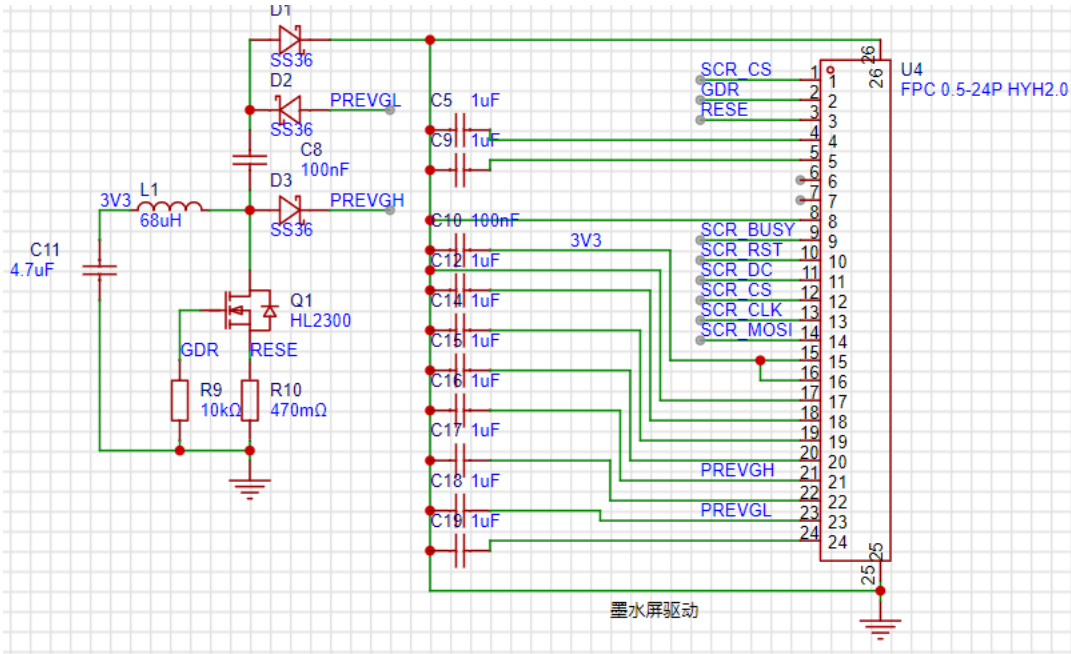
主控电路



整体设计参考前作^[2]，其中由于按钮需要实现深度休眠唤醒功能，因此按钮连接在RTC GPIO（0, 2, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 25, 26, 27, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39）上，且需注意对应芯片内部自带的上下拉电阻。

与墨水屏连接（前缀SCR）的引脚建议改为SCK-18, MOSI-23, MISO-19, CS-5（对应硬件SPI），或顺序反向便于走线。

墨水屏驱动



按照^[3-4]进行设计，其中NMOS、肖特基二极管可自行替换。

嵌入式软件

网络连接、存储与配网

本项目支持WiFi连接与配网。

ESP32提供的Preferences库利用芯片内置的NVS，实现了数据的断电保留，可用于记录连接过的WiFi信息，实现自动连接。

设备每次成功连接后，记录WiFi的SSID与密码，在下次启动时将依次尝试连接所有记录的网络，直到成功或连接超时。

配网模式下，设备工作在AP模式，并维护一个HTTP服务器（页面使用html编写，储存在char*变量中）。用户连接ESP32的WiFi后，通过浏览器访问设置的固定地址 192.168.4.1:3000，即可进入配网页面。用户输入WiFi的SSID与密码后，点击提交按钮，设备将尝试连接该WiFi，若成功则自动重启，并保存输入的表单内容。

休眠与唤醒

为保证设备在常开情况下能够长时间工作，在不需要生成图像时ESP32处于深度休眠状态，此时除RTC、ULP协处理器等外设几乎全部关闭，电流可降低到uA级别^[5]。

休眠后，可通过RTC GPIO唤醒，或通过RTC定时器唤醒，本项目中两方式均采用。

具体地，esp_sleep_enable_timer_wakeup(us)可配置设备在指定时间后自动唤醒，而esp_sleep_enable_ext1_wakeup(pins, mode)用于指定GPIO唤醒的引脚与模式（电平或边沿等），并在esp_deep_sleep_start()执行后进入休眠状态。

唤醒后esp_sleep_get_wakeup_cause()可获取唤醒原因，用于执行不同的操作。

网页访问

此部分参见^[2] 软件设计-路径规划-搭建远程平台。

注意，此处设置函数执行时长上限为30s，因此函数有概率执行失败。

具体失败时间段未确定，但多在晚上到次日白天，且目前确定与账号用量**无关**，推测是硅基流动服务器使用高峰期，导致生成速度降低，一次完整函数流程用时显著增加。

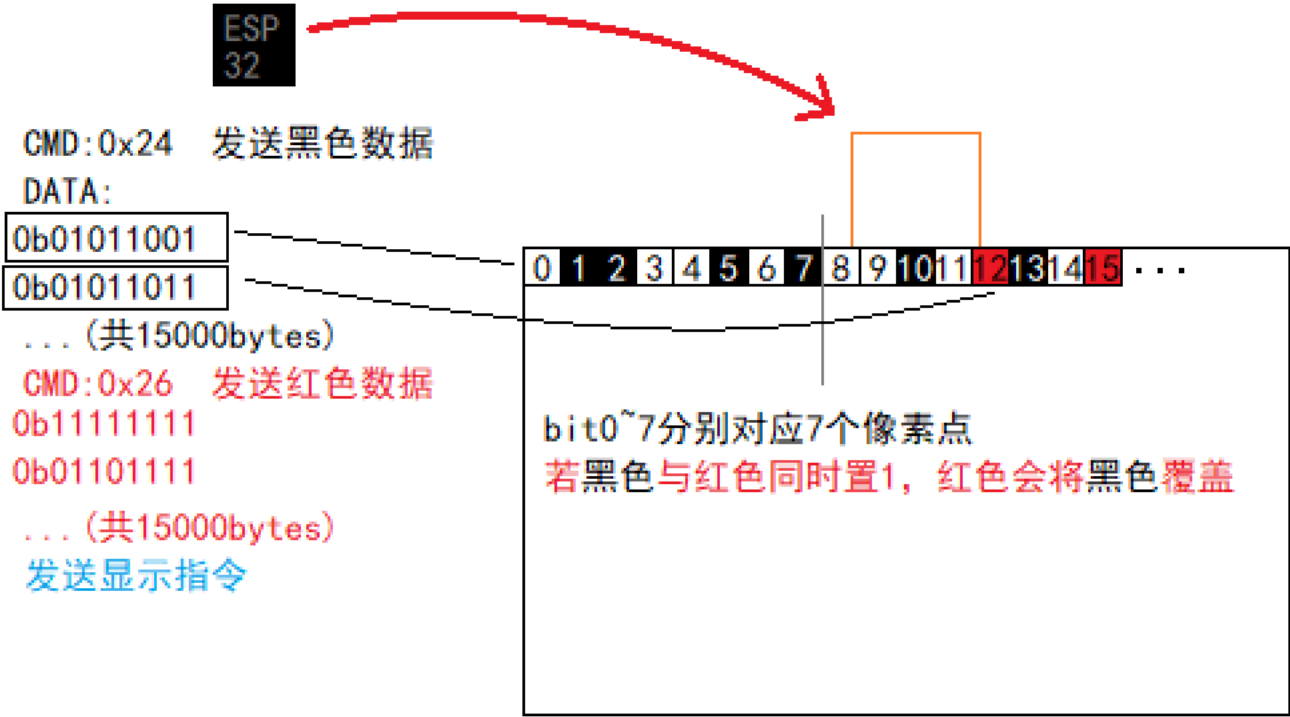
墨水屏显示

项目采用汉硕WFH0420CZ35墨水屏，驱动程序可完全参考WaveShare 4.2inch e-Paper Module (B)^[6]，使用SPI接口进行通信，本项目使用GPIO模拟SPI时序。

本项目屏幕尺寸为400*300，若仅使用黑色显示，则图片所需字节为400*300/8=15000，在ESP32 Pico-D4中具有足够内存空间。

显示逻辑如下：

墨水屏为红黑白三色，因此需要将图片分为黑色、红色两部分。以黑色为例，每一位分别控制一个像素点（低电平为墨水显示），黑色会被红色覆盖。从左上角开始，15000字节依次对应从上到下、从左到右的像素点，低位在左。完成数据发送后，需向墨水屏发送全局刷新指令，更新图像。



若换用其他型号墨水屏，驱动程序需自行修改，但接口与代码框架大体类似。

图像生成与处理

运行平台与环境

图像生成与处理均在华为云FunctionGraph上运行^[2]。由于华为云的免费APIG服务已停止，但先前申请的APIG仍可使用，因此所有设备均调用已部署的API，传入用户自行配置的AI Token。

也可自己搭建服务器或使用类似服务，此时需要修改ESP32中的URL。

Prompt设计

使用DeepSeek大语言模型的目的是，获取一段可用于生图的Prompt。Prompt采用**循序渐进**的方式，先根据职业生成人物设定，再根据设定生成物品，最后根据生成图Prompt与物品描述，且严格限制输出格式以便读取。

随机元素包括人物设定（如年龄、职业类别）、背景设定（时代、语言风格）及生成设定（如物品来源），若完全通过AI生成会导致内容趋于同质化，因此直接在代码内**随机**产生，在下方通过[]标出：

（该Prompt在后续可能会更新）

你是一位来自[时代，如"唐代"]中国，[12~70]岁的[男/女]性，
从事[职业类型，如"农业/种植类"]职业，来自[地区，如"岭南"]
请根据以下约束生成内容：
role: 你的具体职业（具体而简短），该职业类型属于[以上职业类型]
item: [三选一]（8字以内，不要带括号），
该场景下参考物品品质：草帽**5**/酒**30**/铁锄**50**/米**10**/绢**200**/牛**1500**，该物品品质为[1~10000]

description: 一段描述性文字，涉及其特征、功能、来历、故事等，不使用第一人称
- 长度：保证在**60**字符以上、**75**字符以下（计算标点）
- 语言风格：[符合时代特点的详细风格，如"五言或七言唐诗体裁，如李白、李贺的诗歌，自信奔放，意境开阔，色彩浓烈，充满奇特的想象和磅礴气势。"]
- 不要带有emoji

prompt: 用于文生图的提示词
- 必须包含：物品材质+形态+颜色+细节特征，白色背景
- 禁止出现：拼接碎片、透视变形
- 需描述物品形态、材质、颜色、典型特征等
- 描述物品时语言需简洁而准确，不要出现歧义，物品名称可适当换成便于文生图理解的描述

严格按照以下示例输出**json**：

```
{
  "role":string
  "item": string
  "description": string
  "prompt": string
}
```

其中，item的"三选一"可能为如下内容：

生成一项与你的职业特征强相关的[工具/原料/产品/装备/职业标志]
生成一项与你的职业弱相关或无关，但你可能会携带或使用的["物品",或物品类型,如"容器""生活用品"]
生成一项你从[父母/朋友/邻居/(子女/配偶/长辈，根据年龄)]获得的["物品"或物品类型]

返回示例如下：

```
{
  'role': '风水罗盘匠',
  'item': '铜制风水盘',
  'prompt': '3D建模参考图，白色背景，等距视角，写实风格，铜制圆盘表面氧化泛青，中央太极阴阳鱼浮雕，外圈镌刻天干地支篆文，边缘有磨损包浆',
  'description': '祖传三代的黄铜罗盘，指针永远指向东南'
}
```

获取的Prompt用于图像生成，并向生图模型传入Base64形式的以下参考图像以统一风格：



API调用与接口设计

为提高设备对不同AI的兼容性，以便在AI推陈出新时用户可选择更好的模型，同时避免多设备使用相同API导致短时间用量达到上限，本项目允许用户自定义API的URL与模型名称。

选用的大语言模型需采用**OpenAI形式**接口，以火山引擎的豆包为例， POST 请求格式如下：


```
curl https://ark.cn-beijing.volces.com/api/v3/chat/completions \
-H "Content-Type: application/json" \
-H "Authorization: Bearer $ARK_API_KEY" \
-d '{
  "model": "doubao-1-5-pro-32k-250115",
  "messages": [
    {
      "role": "system",
      "content": "You are a helpful assistant."
    },
    {
      "role": "user",
      "content": "Hello!"
    }
  ],
  "stream": false
}'
```

其中，请求头的 `Authorization` 字段为API密钥， `model` 字段为模型名称，与URL需作为访问FunctionGraph时的 `POST` 请求体参数传入。 `stream` 流式输出为 `false`，若部分API默认为`true`则需显式指定为`false`。

对于图像生成，各API的功能、接口存在差异，且此项目需要用到参考图像功能，因此固定采用硅基流动的 `Koolors` 模型（**免费**且每天可生成400张图像），仅需将API密钥传入即可。

在FunctionGraph中，提供的参数会被解析，并在调用API时相应传入。

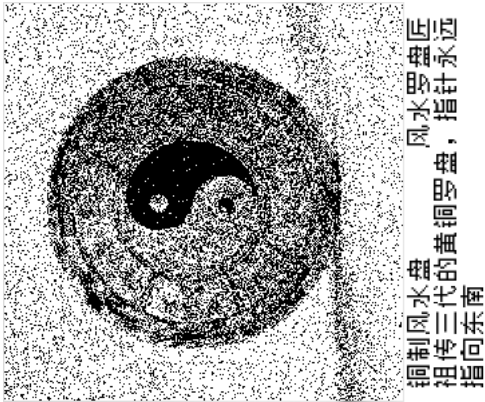
图像处理

为使彩色图像在黑白屏幕显示，需要将图像转为灰度图，并将尺寸缩小到300*300（原图为1:1）。此后对图片进行随机抖动处理：

设像素点的灰度值为 $g \in [0, 1]$ ，则转换后灰度值为 $h = g > rand() ? 1 : 0$ ，其中 $rand()$ 服从 $[0, 1]$ 上的均匀分布。

完成后，在图像上添加文字，包括物品名称、拥有者职业与物品描述，字体采用Zpix。完整图像将进行旋转以适应屏幕方向，编码为15000字节的文件，对应墨水屏驱动时依次传递的120000像素（仅黑色）。

示例如下：



存储与下载

文件上传至阿里云对象存储（OSS）指定路径中（“a.img”）。若用户自行使用更大的显示屏，可将内容分为多个小文件，ESP32多次调用OSS下载URL分别下载，或探索其他方法。

由于FunctionGraph试图导入阿里云SDK-oss2没成功，直接访问Bucket对应的URL进行上传，此时需要手动构建签名信息。

在名为 `bucket_name` 的Bucket中创建路径为 `path` 的文件，即使用 `POST` 方法访问 `https://{bucket_name}.{endpoint}/{path}`，则请求头需满足以下形式：

```
headers = {
  'Authorization': f'OSS {access_key_id}:{signature}',
  'Date': date_str, # 类似Tue, 30 Sep 2025 02:58:16 GMT
  'Content-Type': content_type
}
```

`signature` 通过以下形式构建：


```
bucket_name = 'your_bucket_name'
endpoint = 'your_endpoint' # 如oss-cn-shenzhen.aliyuncs.com
method = 'PUT'
content_type = 'application/octet-stream' # 二进制文件
date_str = email.utils.formatdate(usegmt=True)
access_key_id = str(os.getenv('OSS_ACCESS_KEY_ID'))
access_key_key = str(os.getenv('OSS_ACCESS_KEY_SECRET'))
canonicalized_oss_headers = ''

canonicalized_resource = f'/{bucket_name}/{path}'
string_to_sign = f"{method}\n\n{content_type}\n{date_str}\n{canonicalized_oss_headers}{canonicalized_resource}"
h = hmac.new(
    access_key_key.encode('utf-8'),
    string_to_sign.encode('utf-8'),
    hashlib.sha1
)
signature = base64.b64encode(h.digest()).strip().decode('utf-8')
```

OSS_ACCESS_KEY_ID 与 OSS_ACCESS_KEY_SECRET 为阿里云OSS的Access Key ID与Access Key Secret，可在阿里云控制台获取：

账号 >

退出登录

账号 ID:

主账号 个人认证

权限与安全

安全管控 访问控制 AccessKey

费用与成本 >

可用额度

充值汇款

不建议使用云账号 AccessKey

云账号 AccessKey 具有账号的完全权限，且不能做权限控制。因保管和使用不当，导致云账号 AccessKey 被他人利用，将会对账号资源造成巨大的安全威胁。

使用临时凭证

建议使用 STS Token 临时凭证方案进行程序访问，减少 AccessKey 泄漏风险，无需定期轮换，同时支持更灵活和精细的云资源授权。 [了解更多](#)

使用 RAM 用户 AccessKey

必须使用 AccessKey 的情况，建议使用 RAM 用户 AccessKey，并进行最小化授权。 [了解更多](#)

☒ 我确认知晓云账号 AccessKey 安全风险

使用 RAM 用户 AccessKey

继续使用云账号 AccessKey

身份管理

用户

用户组

角色

权限管理

授权

RAM 用户是 RAM 中的一种实体身份，代表需要访问云的人员或应用。如您想对于 RAM 用户的使用情况做检测和治理，可移步身份权限治理中心。

创建用户

筛选登录名、显示名、用户 ID 或 AccessKey ID

用户登录名称/显示名称

备注

创建用户

用户账号信息

登录名称

+ 添加用户

访问方式

优先考虑使用 STS Token 进行访问

访问密钥 (AccessKey) 是一种长期有效的程序访问凭证。 [查看方案详情](#)

☐ 控制台访问 用户使用账号密码访问云控制台

☒ 使用永久 AccessKey 访问 创建 AccessKey ID 和 AccessKey Secret

确定

返回

用户信息

下载 CSV 文件

用户登录名称	状态	启用控制台登录	登录密码	AccessKey ID	AccessKey Secret	操作
	创建用户: 成功					
	开启 OpenAPI 调用访问: 成功	否	无	复制	复制	复制

添加到用户组

添加权限

手动创建

添加到用户组

添加权限

删除

新增授权

☒ 账号级别 ☐ 资源组级别

授权主体

已选择授权主体

权限策略

oss

所有策略类型

策略名称	策略类型	描述
<input checked="" type="checkbox"/> AliyunOSSFullAccess	系统策略	管理对象存储服务 (OSS) 权限
<input type="checkbox"/> AliyunOSSReadOnlyAccess	系统策略	只读访问对象存储服务 (OSS) ...
<input type="checkbox"/> AliyunYundunNewBGPAntiDDoS	系统策略	管理云盾DDoS高防 (中国内地...)
<input type="checkbox"/> AliyunYundunNewBGPAntiDDoS	系统策略	只读访问云盾DDoS高防 (中国...)

已选择权限策略

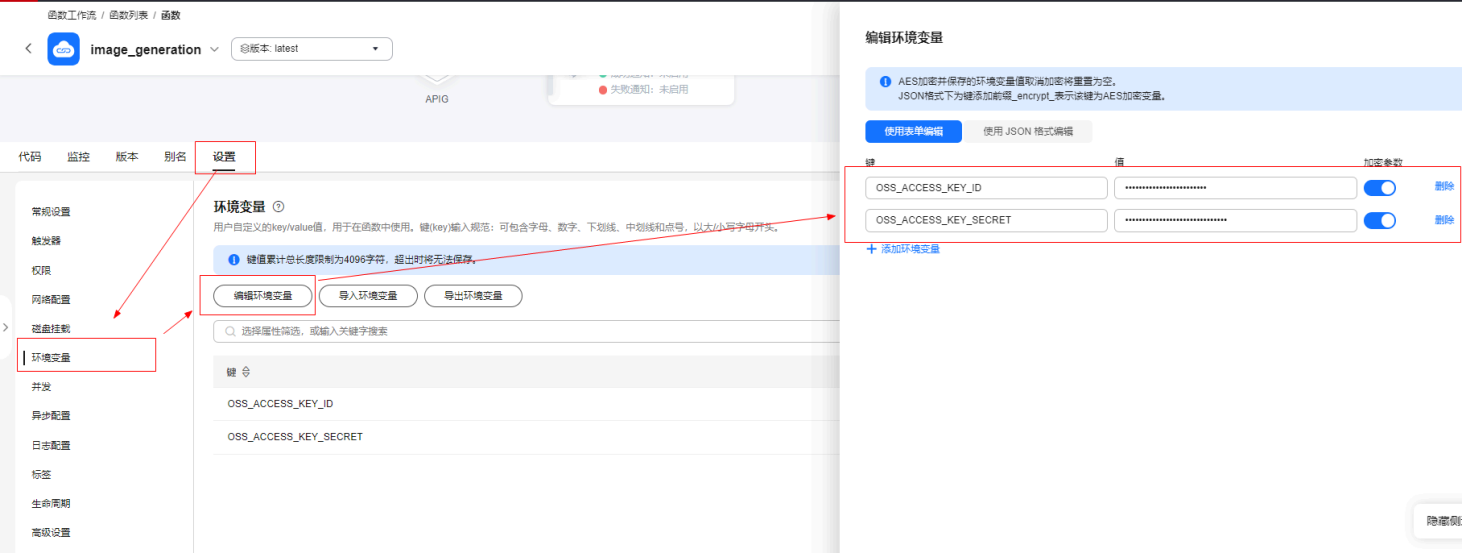
系统策略 (1)

AliyunOSSFullAccess

确认新增授权

取消

注意：以上方式获取Access Key时，关闭第⑤步的页面后将无法再次查看！完成步骤后，将其配置在FunctionGraph的环境变量中，不要使用加密参数。



由于Bucket权限设置为公共读，因此可直接在ESP32 GET 访问 https://{bucket_name}.{endpoint}/{path} 获取图片。云端通过向下位机发送生成成功信息（status=0）后提示下载。

功耗测试(粗测)

在电池正极串联800mΩ电阻，测量电阻两端电压如下。
todo

BOM表与费用

制作成本

以下部分元件立创商城与其它途径相差较大，在 Supplier 一栏中未写 LCSC 则为其它途径价格。

No.	Quantity	Comment	Designator	Footprint	Value	Manufacturer Part	Manufacturer
1	1	2.2uF	C1	C0402	2.2uF	HGC0402R5225K160NTEJ	Chinocera(华瓷)
2	1	10uF	C2	C0402	10uF	CGA0402X5R106M100GT	HRE(芯声)
3	4	4.7uF	C3,C4,C6,C11	C0402	4.7uF	CL05A475MP5NRNC	SAMSUNG(三星)
4	10	10uF	C5,C8,C9,C12,C14,C15,C16,C17,C18,C19	C0402	10uF	CL05A106MQ5NUNC	SAMSUNG(三星)
5	4	100nF	C7,C10,C13,C20	C0402	100nF	CL05B104KO5NNNC	SAMSUNG(三星)
6	1	ZX-XH2.54-2PZZ	CN1	CONN-TH_2P-P2.50_HX25003-2A		ZX-XH2.54-2PZZ	Megastar(兆星)
7	3	SS36	D1,D2,D3	DO-214AC_L5.0-W2.5-LS5.0-FD		SS36	R+O(宏嘉诚)
8	1	U.FL-R-SMT-1(80)	JP1	RF-SMD_FRF05002-JSS103M		U.FL-R-SMT-1(80)	HRS(广瀚)
9	1	1uH	L1	IND-SMD_L2.0-W1.6-B	1uH	FTC201610S1R0MBCA	cjiang(长江微电)

No.	Quantity	Comment	Designator	Footprint	Value	Manufacturer Part	Manufacturer
10	2	KT-0603R	LED1,LED2	LED0603-RD		KT-0603R	KENTO
11	1	NH-B1010RGBT-HF	LED3	LED-ARRAY-SMD_4P-L1.0-W1.0-TR_NH-B1010RGBT		NH-B1010RGBT-HF	国星光电
12	1	HL2300	Q1	SOT-23-3_L2.9-W1.3-P1.90-LS2.4-BR		HL2300	R+O(宏嘉诚)
13	2	S8050	Q2,Q3	SOT-23-3_L2.9-W1.6-P1.90-LS2.8-BR		S8050	Hottech(合科泰)
14	9	10kΩ	R1,R6,R7,R8,R9,R13,R15,R16,R17	R0402	10kΩ	0402WGF1002TCE	UNI-ROYAL(厚声)
15	3	180Ω	R2,R3,R5	R0402	180Ω	0402WGF1800TCE	UNI-ROYAL(厚声)
16	1	2.7kΩ	R4	R0402	2.7kΩ	0402WGF2701TCE	UNI-ROYAL(厚声)
17	1	470mΩ	R10	R0402	470mΩ	0402WGF470LTCE	UNI-ROYAL(厚声)
18	3	500Ω	R11,R12,R14	R0402	500Ω	RT0402FRE07500RL	YAGEO(国巨)
19	1	K3-1296S-E1	SW1	SW-TH_K3-1296S-E1		K3-1296S-E1	韩国韩荣
20	2	TS-1088-AR02016	SW2,SW3	SW-SMD_L3.9-W3.0-P4.45		TS-1088-AR02016	XUNPU(讯普)
21	1	CN312	U1	SOT-23-6_L2.9-W1.6-P0.95-LS2.8-BL		CN312	CONSONANCE(上海如瞻)
22	1	BL9110-330BPFB	U2	SOT-223_L6.5-W3.5-P2.30-LS7.0-BR		BL9110-330BPFB	BL(上海贝岭)
23	1	LGS4084HB6	U3	SOT-23-6_L2.9-W1.6-P0.95-LS2.8-BL		LGS4084HB6	Legend-Si(棱晶半导体)
24	1	FPC 0.5-24P HYH2.0	U4	FPC-SMD_24P-P0.50_FPC-0.5-24P-HYH2.0		FPC 0.5-24P HYH2.0	SHOU HAN(首韩)
25	1	ESP32-PICO-D4	U5	ESP32-PICO-D4_lengthen	-	ESP32-PICO-D4	ESPRESSIF(乐鑫)
26	1	CH340K	U6	ESOP-10_L4.9-W3.9-P1.00-LS6.0-BL-EP		CH340K	WCH(南京沁恒)
27	1	TYPE-C 16PIN 2MD(073)	USB1	USB-C-SMD_TYPE-C-6PIN-2MD-073		TYPE-C 16PIN 2MD(073)	SHOU HAN(首韩)

以上共16.73元。

电池（顺心通500mA 502540） 11.45元（可自行更换尺寸在25*45*5mm以下的3.7V锂电池）。

淘宝上400*300（4.2寸）二手墨水屏价格在20~60元不等，也可以自行选择不同尺寸（代码、结构需自行适配）。若搜索“盒马价签”等关键词，可找到大量

低价墨水屏，价格在5~25元左右，但质量不一定有保证（对于本项目，屏幕老化会显著影响单像素显示质量）。
PCB为33元（**可使用嘉立创免费打样**），外壳3D打印为29.94元（9600），有条件自行打印将进一步降低成本。
墨水屏按25元计算，不计PCB，共计成本83.12元（均不计运费）。

API费用

按照每天调用50次计算。

语言模型（火山引擎 deepseek-v3）：每次请求平均输入385 tokens（定价2元/Mtokens），输出110 tokens（定价8元/MTokens），日费用为0.0715元。

生图模型：目前免费。若后续该服务下线，建议自行搭建服务器生图（目前大量API定价在0.2元/图级别）。

FunctionGraph：每月100万次免费调用、400000GB·s免费执行时间，因此可忽略不计。

阿里云OSS：存储费用0.12元/GB·月，流量费用 ≤ 0.50 元/GB，每个生成图片文件为14.648KB，则月费用为0.010527元，可忽略不计。

参考资料

[1] Shapr3D入门3D打印建模之盒子铰链连接 https://www.bilibili.com/video/BV1FdYVeUEHD/?spm_id_from=333.337.search-card.all.click

[2] 【星火计划】骑行导航辅助显示 https://oshwhub.com/ljh345/cycling_assistance.

[3] 墨水屏驱动板 有示例 <https://e.tb.cn/h.SVfh0rEaqfkrB5y?tk=m9hz4DtTtNR>.

[4] 4.2inch e-Paper Module (B) Manual https://www.waveshare.net/w/upload/9/97/4.2inch_e-Paper_Schematic.pdf.

[5] Arduino-ESP32深度睡眠模式：超低功耗设计与唤醒策略 https://blog.csdn.net/gitblog_00419/article/details/151563516.

[6] [other] 两款汉朔4.2寸墨水屏电子价签拆解与点亮，型号都是Stellar-X <https://www.mydigit.cn/forum.php?mod=viewthread&tid=274369&page=1&authorid=1055519>.