

# 基于 RK3588 的脑机智能辅助单词记忆系统

## 摘要

随着当今学生为了各样的目标学业、考研、四六级等而背单词，会发现传统单词背诵常面临“背了就忘、语境脱节、注意力难集中”等问题，尤其在碎片化学习场景中，学习者缺乏实时反馈与个性化辅助工具。

本系统针对教育硬件智能化趋势，结合语言学习实际需求，通过融合高性能计算与脑机接口技术，打造一个能够解决记忆效率低、学习体验单一、背完易忘现实痛点的系统产品，该系统在基础的背单词 app 上实现了脑机检测用户专注度给予提醒、云平台分析用户背诵质量、将背诵单词 ai 生成短文等功能。

脑机作为一种新型的智能交互装置，目前脑机接口教育应用研究较多关注提升专注力的神经反馈训练，也有研究利用脑机接口监督学习状态，包括学习风格判别、情感识别、专注度监测等，并且脑机接口仅仅是个极低电磁辐射的普通电子设备，其危害程度甚至远不及电脑、手机等。它可以检测人脑脑电波中的各种波例如  $\alpha$  波、 $\beta$  波、 $\gamma$  波等，这些波可以反应出人的专注度，本产品通过检测这些电波分析出用户背单词时专注度情况，在云平台中分析数据给出背诵单词的质量图。

微型短文记忆法以简单短小的语篇作为载体，减轻了学习者的记忆负担，需要的时间不多，符合很多非英语专业大学生课业负担重，学习英语时间少的特点，并且短文的语境可以让学习者更好的掌握单词的意思和用法。我们利用 RK3588 芯片的 NPU 加速模块实现本地 ai 生成短文，每背诵 5 个单词可生成一篇短文，提高记忆效率。

## 第一部分 作品概述

### 1.1 功能与特性

#### 1. 脑电驱动的实时专注度监测

通过脑机接口采集  $\alpha/\beta/\gamma$  脑电波，精准识别学习时的注意力状态，将检测到的数据发送给云端记录并进行智能分析。

#### 2. AI 语境化生成短文

每背诵 5 个单词即可生成 1 篇微型短文，涵盖各种情境场景。让读者能够理解单词的应用，加深印象。

### 3. 云端数据可视化与智能分析记忆质量图

通过涂鸦云与阿里云 Datav 对接，可得到用户不同记忆时间段的脑电波信息，进行智能分析，并生成可视化背诵质量图。

### 4. 便携穿戴设计

脑机接口设备采用头戴式轻量化结构，重量轻，支持 USB-C 快充，并且电磁辐射低于手机和电脑，用户可放心使用，无需粘贴电极片，佩戴舒适且不影响学习姿态。

## 1.2 应用领域

该设备凭借多技术融合与人性化设计，适配全年龄段英语学习者。可应用于教育学习领域，基础教育、四六级、考研等，可与教育机构合作或者个人使用。

## 1.3 主要技术特点

本系统基于 RK3588 高性能平台，深度融合语言大模型与便携式脑机接口技术，构建智能化单词记忆辅助方案。系统集成三大核心模块，实现：

1. 本地 AI 内容生成：实时收集已学单词，通过本地部署语言大模型生成情景化英语短文，将单词融入真实语境，强化记忆关联；

2. 云端 AI 内容生成：datav 调用上传的 tuya 云数据返回给云端 ai 模型生成单词总结和建议并给出背诵质量图；

3. 脑电智能监测：搭载便携式脑机接口，实时采集 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 脑电波，精准分析专注度状态，当用户专注度过低时通过弹窗提示；

4. 沉浸式音频调控：通过播放科学编排的舒缓音乐，营造专注学习氛围，有效提升记忆效率；

5. MPU 连接 tuya 云：通过 mqtt 连接涂鸦云云端实现上传数据；

6.云云互联：阿里云旗下产品 datav 通过 http 协议调用 tuya 云 api 进行大屏界面设计；

7.虚拟服务器：通过 esp32 开发板生成需要的涂鸦云 api 的签名发送给 onenet 作为一个服务器给 datav 输送所需 api 签名。

RK3588 芯片内置 NPU 加速模块，支持大模型本地部署与实时响应，可实现高效交互。

#### 1.4 主要性能指标

指标/性能	参数	准确度
数据上传延迟	<500ms（Wi-Fi 环境下）	100%
签名生成速度	50ms/次（ESP32）	100%
AI 响应时间	<2s（文本分析请求）	100%
DataV 刷新率	5 秒/次	100%
专注度检测		92.6%
生成短文时间	<40s	96%

#### 1.5 主要创新点

**1、脑电驱动记忆辅助模式：**将便携式脑机接口技术引入单词记忆，脑电波实时监测专注度，上传脑电波数据给云端。

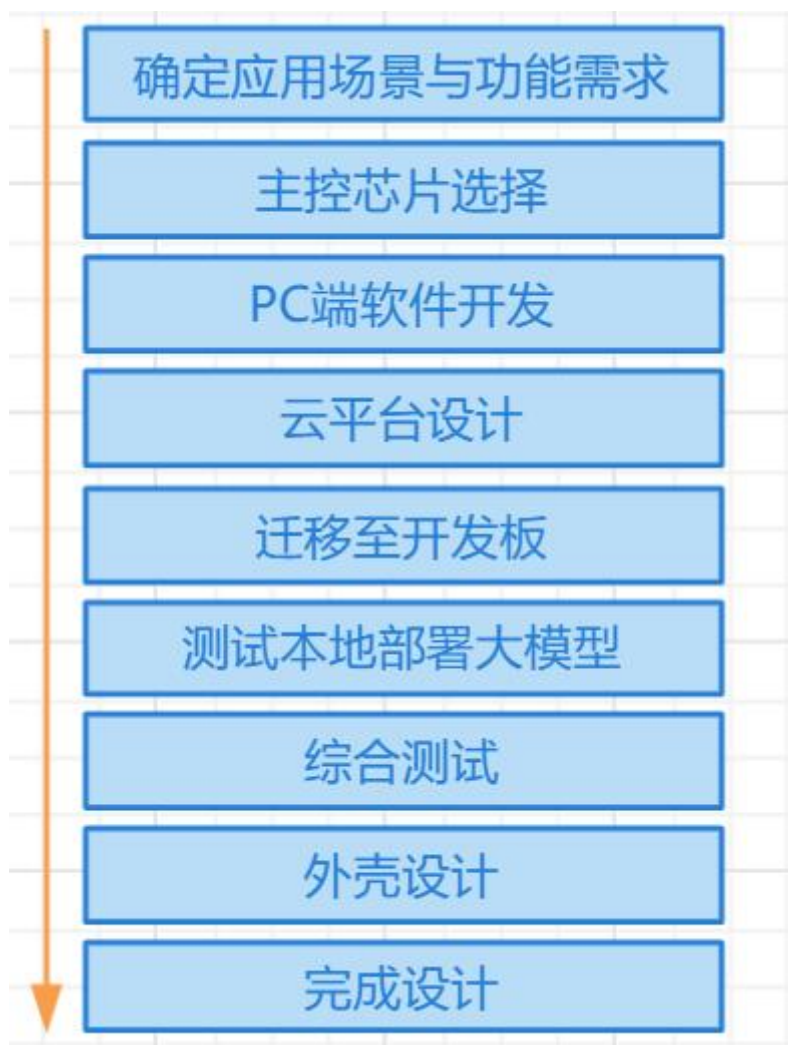
**2、非侵入式脑电采集轻量化落地：**使用 X muse 脑机接口，只需头套脑机即可，使脑电监测功能具备日常学习场景的普适性。

**3、分析数据生成背诵质量图：**调用上传的云数据返回给云端 ai 模型生成单词总结和建议并给出背诵质量图；

**4、本地 AI 微型短文生成：**依托 RK3588 芯片 NPU 算力，在本地实现短文生成，无需云端网络即可生成短文。

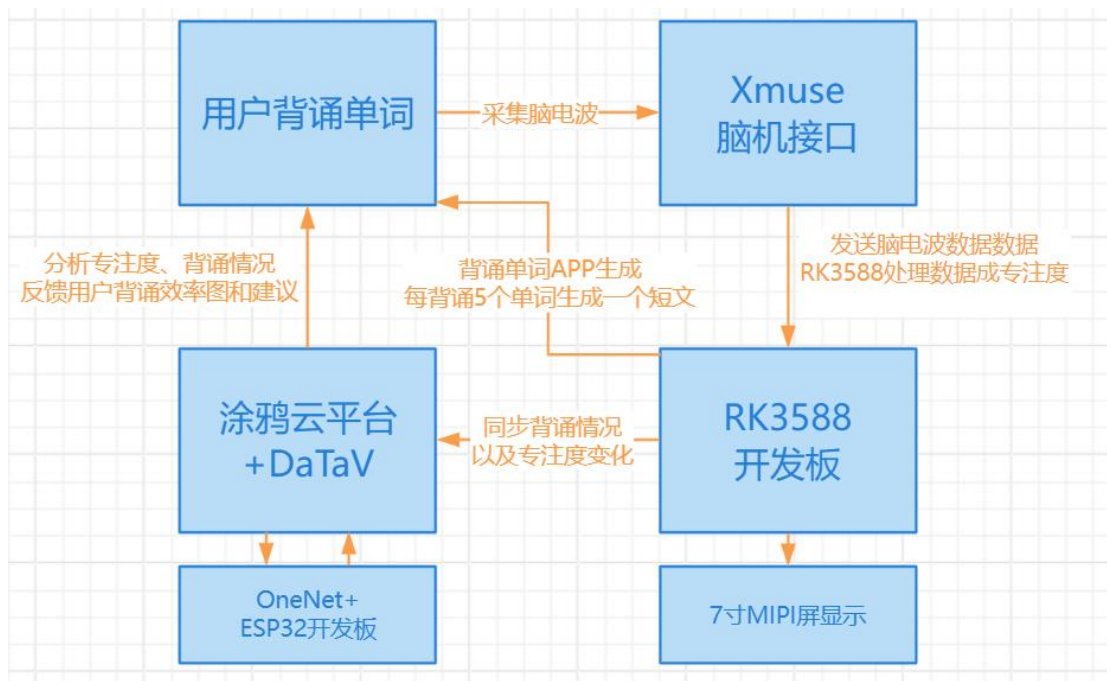
**5、虚拟服务器：**用 esp32 开发板及 onenet 的综合使用解决了 datav 不支持涂鸦云签名算法的问题，替代了开发创建新服务器，减小了开发难度。

## 1.6 设计流程



## 第二部分 系统组成及功能说明

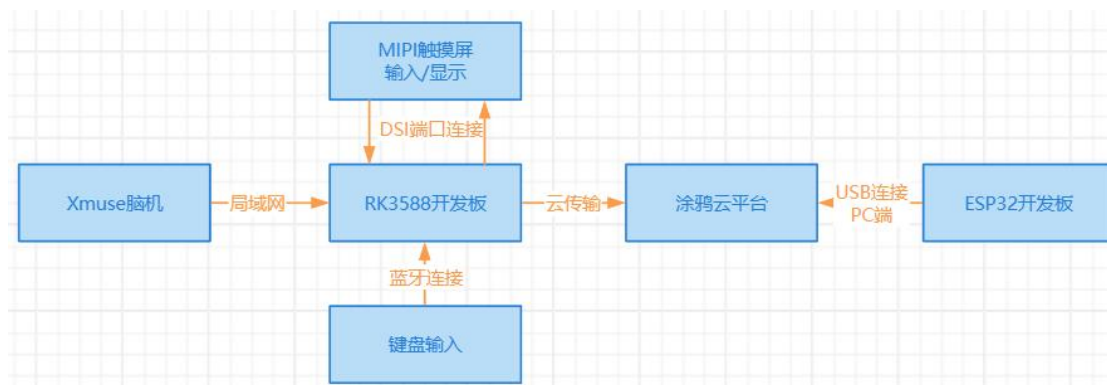
### 2.1 整体介绍



系统整体框图

## 2.2 硬件系统介绍

### 2.2.1 硬件整体介绍



硬件整体框图

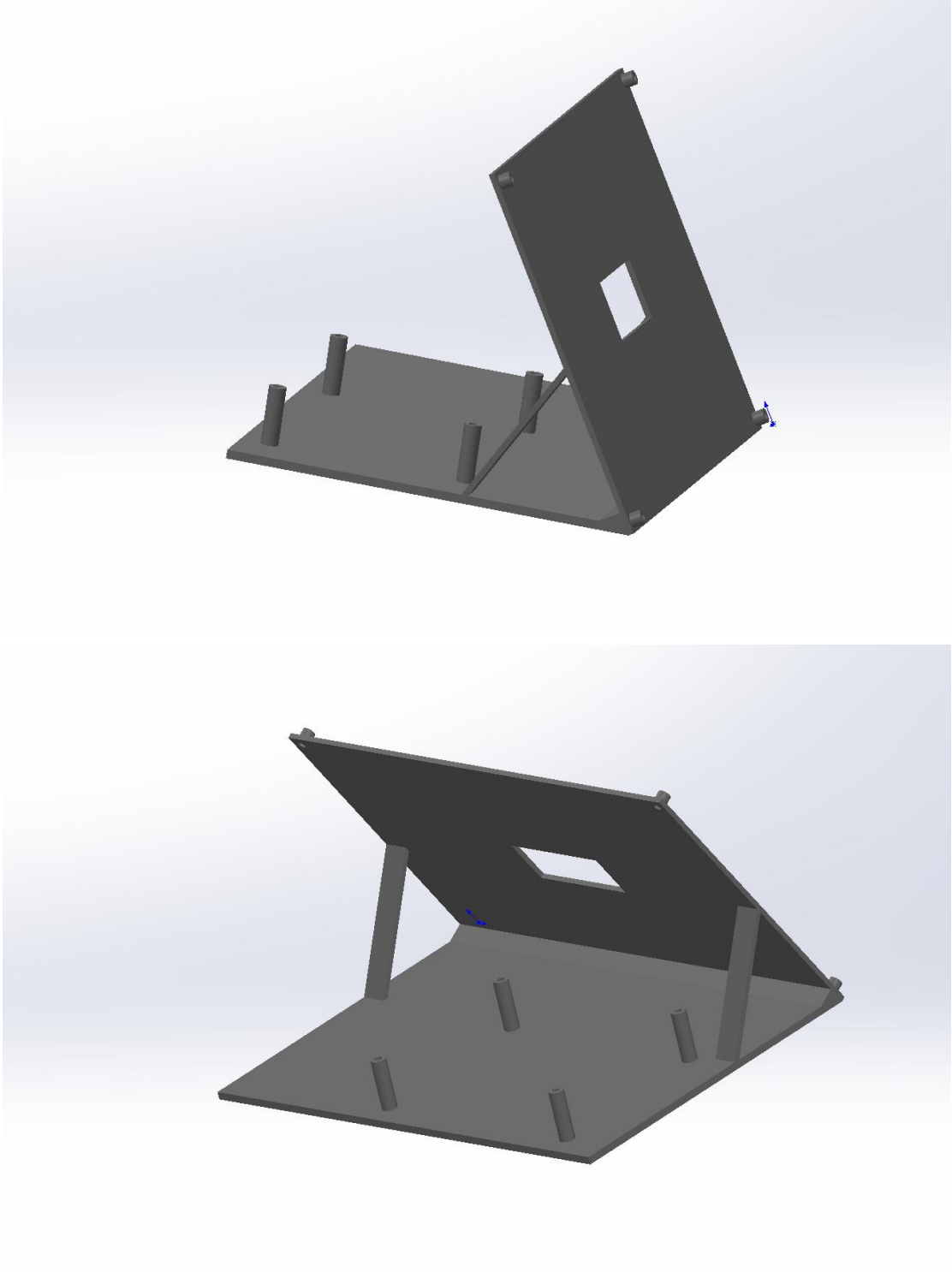
硬件整体由三部分组成

- (1) **Xmuse 脑机**：用于采集用户的脑电波，通过局域网连接；
- (2) **RK3588 开发板（主控芯片）**，**显示屏、键盘**：对采集数据处理成专注度，完成背单词软件的功能，键盘通过蓝牙连接输入单词，MIPI 触摸屏通过 DSI 端口连接。
- (3) **ESP32 开发板（协助芯片）**：生成云平台签名，USB 连接电脑 PC 端

[点击网站显示](#)

### 2.2.2 机械设计介绍

以下是我们的机械设计 3D 视图，斜面用来放置 MIPI 触摸屏，底面四个柱放置 RK3588 开发板，中间的孔可让 MIPI 屏和 RK3588 开发板连接。



### 2.2.3 电路各模块介绍

#### (1) 脑机接口 X muse:



六通道脑电数据的采集（包含 4 通道+2 扩展通道，4 通道分别对应大脑的左颞叶、左前额、右前额、右颞叶；其电极位的对应是：TP9.AF7.AF8.TP10）。



本系统使用到了它的四个脑电通道采集脑电数据，通过局域网连接,数据通过 OSC 格式传输给 RK3588 芯片。

#### (2) RK3588 主控芯片





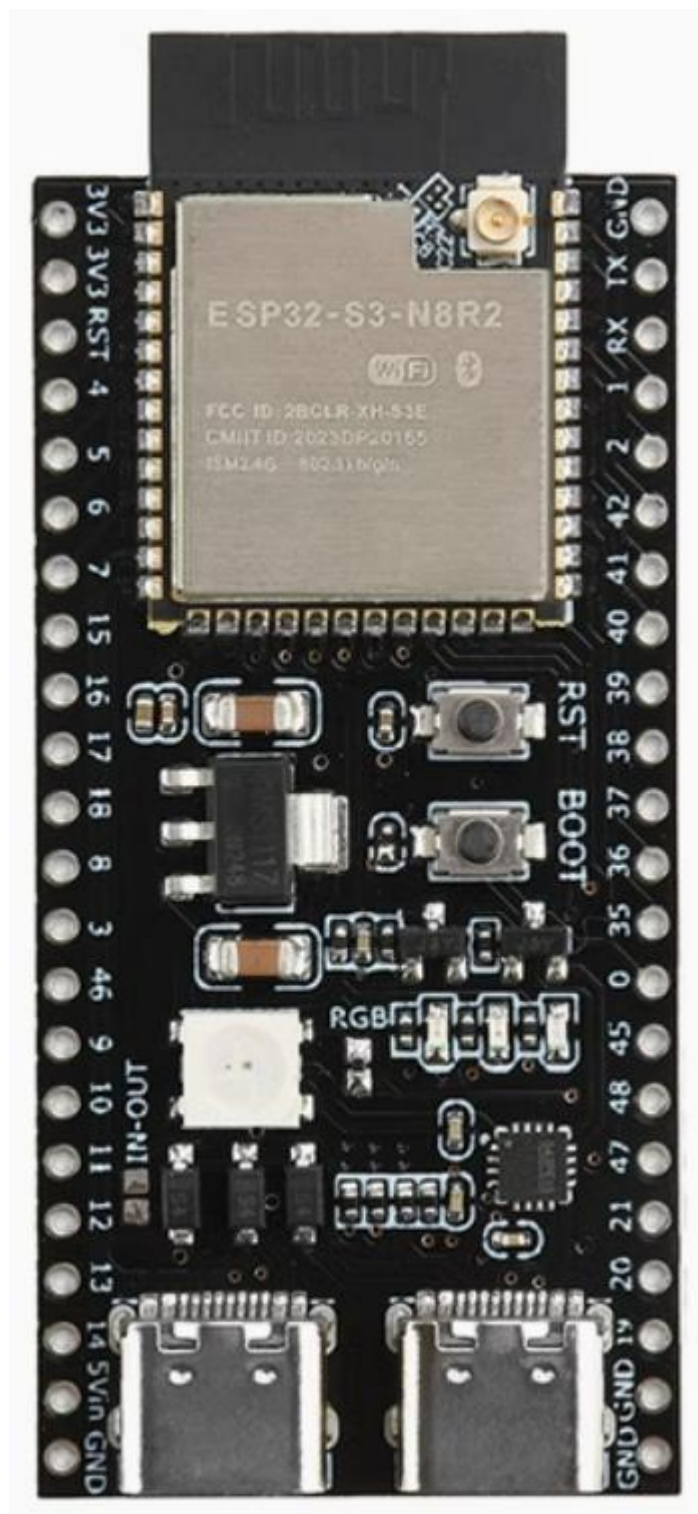
RK3588 是瑞芯微新一代旗舰级高端处理器，具有高算力、低功耗、超强多媒体、丰富数据接口等特点。搭载四核 A76+四核 A55 的八核 CPU 和 ARM G610MP4 GPU，内置 6 TOPs 算力的 NPU，可支持实现 AI 大模型调用生成短文。

背面 MIPI-DSI 接口连接 MIPI 触摸屏，局域网接脑机，蓝牙连接键盘

### （3）ESP32 开发板：

ESP32-S3 为物联网设备提供了完善的安全机制和保护措施，防止各类恶意攻击和威胁。它支持基于 AES-XTS 算法的 flash 加密、基于 RSA 算法的安全启动、数字签名和 HMAC。





连接 USB 连接电脑 PC 端即可

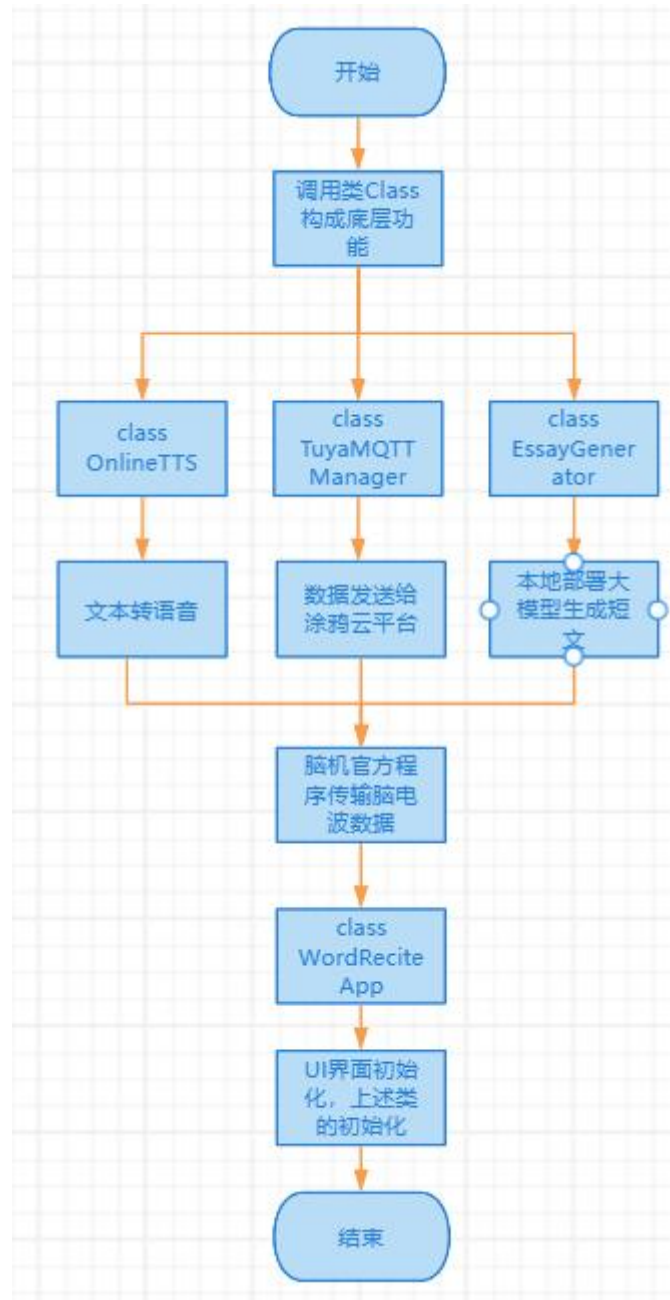
## 2.3 软件系统介绍

### 2.3.1 软件整体介绍：

软件主要分成两部分，RK3588 开发板和云平台部分，我们用流程图来展

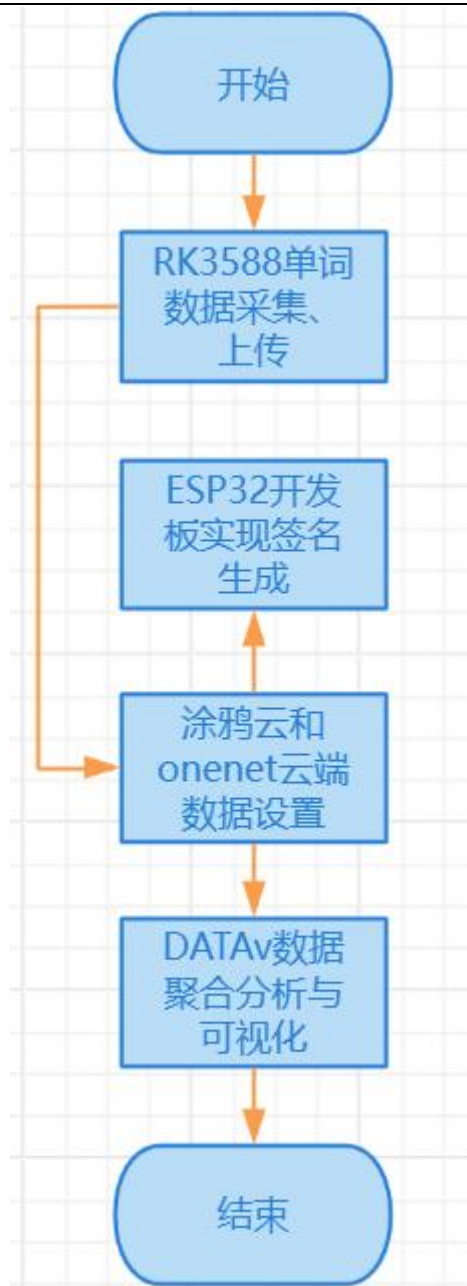
示实现方式

(1) RK3588 专注度测试和单词背诵 APP:



RK3588 软件流程图

(2) 涂鸦开发者云平台:



云平台软件流程图

## 2.3.2 软件各模块介绍

### 2.3.2.1 RK3588 部分：

我们是由背单词 app 及云平台所组成，以下是我们的软件运行图。可以发现程序包含了已掌握，检查，切换单词，形近词跳转，近义词跳转，学习统计及同步数据功能，并且实时显示 mqtt 连接状况，及检查脑机设备是否连接。



我们将软件主要包含以下几个类：**class OnlineTTS**：Edge TTS 作为一款强大的文本转语音工具，具有高质量语音合成、丰富的语言和语音风格支持、易于使用以及免费开源等优点。通过命令行和编程接口，用户可以方便地将文本转换为自然流畅的语音，并将其应用于各种场景中。因此通过调用 `edge_tts` 生成单词语音。并实时释放生成的语音音频内存，避免内存冗余。

其次便是通过调用涂鸦云的类 **class TuyaMQTTManager**，通过 `mqtt` 协议将所需要上传的数据发送给涂鸦云平台，并且根据上传数据不同要求设置不同方式，如与单词有关的设置为当点击下方的同步数据按钮便可将数据上传，或者当退出时会直接同步涂鸦云数据，而对于脑机这种实时性要求较高的数据，则设置定时上传，每隔一秒上传一次数据便于云平台对于数据处理分析。

第三便是生成短文的类：**class EssayGenerator**，首先先在本地部署大模型选用的为 `deep seek` 的 `1.5b` 再由官方开源的 `RKLLM_deepseek` 的程序通过调用官方编写的 `librkllmrt.so` 二进制程序将二者及主程序放在同一文件夹下，同时迁移至板子上时，还需要将大模型放在该目录下并再 `RKLLM_deepseek` 的程序中指定位置。在 `class RKLLM` 中编写所需要的功能再有主函数调用

第四则是**脑机部分**的程序，通过调研得知，该脑机虽具有以上优点，但是却需要在官方指定的程序运行才可以使用，且这个程序只可在 Windows 系统运行，

无法在 Ubuntu 程序使用。于是我们发现该程序可通过局域网的形式进行传输，当我们将板子及 PC 端连在同一个局域网（WiFi 即可）同时要在 X muse 官方程序中设置 IP 地址。地址需要与 PC 端连接局域网时的 IP 地址相同才可，同时设置 RK3588 的在该局域网的 IP 地址保证在同一网段即可（正常连接即可使用）。由于脑机传输的数据有 OSC 格式及 LSL 格式，当我们在 PC 端检测时使用 LSL 格式要将数据传输时得使用 OSC 格式（按照上述指定 IP 地址）。建立联系，于是便可将数据传输至 RK3588 板子，实现脑机与板子互联。



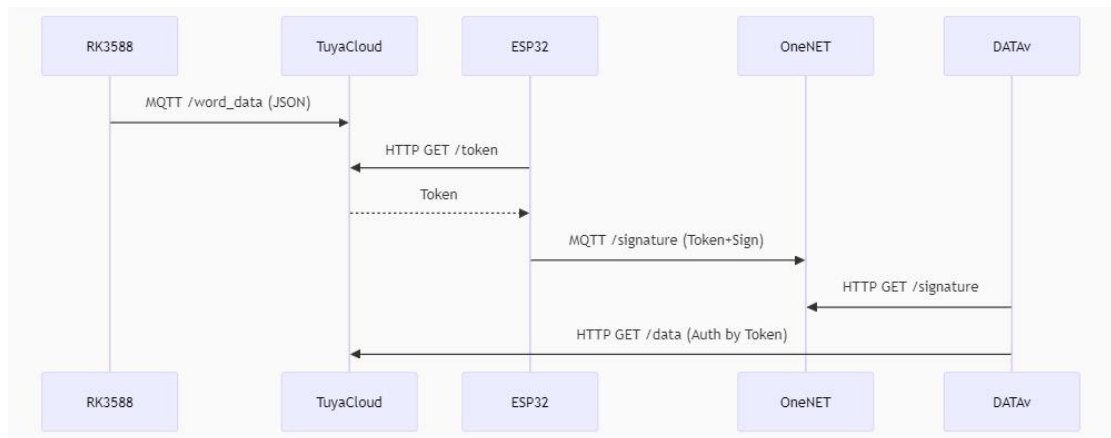
最后便是我们的主要运行程序的类 `class WordReciteApp` 我们将所有的 ui 界面及初始化都交由该类控制，包含上述所有程序类的初始化，及 ui 初始化。整体运行逻辑为：首先进行初始化，对 mqtt，脑机设备连接与否判断，语音模块（edge\_tts），大模型以上进行初始化（由于 edge\_tts 及 mqtt 为在线平台所以需要保证网络顺畅，脑机设备需局域网互联，故也需网络）因此我们在右上角有判断 mqtt 及脑机的连接状态。单词生成逻辑为，首先先从待掌握词里选择 20 个单词为一个学习池。再从学习池中随机生成单词，当已背单词为 5 时便会调用大模型生成短文，同时可以根据各按钮的功能名完成相应的功能。最后当用户关闭该程序便会将所有数据同步统计到云平台，同时安全退出所有模块。

### 2.3.2.1 云平台部分：

#### 1. 软件组成与协议栈

层级	组件	协议/技术	功能概要
硬件层	RK3588	MQTT over TCP	单词数据采集与上传
网关层	ESP32	HTTP+MQTT+HMAC-SHA256	Token 获取、签名生成与转发
云端层	涂鸦开发者平台	RESTful API	数据存储与Token 分发
应用层	DATAv	HTTP API	数据聚合分析与可视化

## 2.硬件到云端关键数据流示意图



## 3. 各个部分分析

(1) RK3588 单词数据采集与上传

(2) ESP32 通过 HTTP+MQTT+HMAC-SHA256 实现 Token 获取、签名生成与转发



logo

开发平台

概览

AI产品

App

云开发

智能硬件

数据

运营

采购

帮助中心

qwerasd

创建产品

TopLink

FID: vuluyagrougjh39

品牌: 其他

设备类型: 普通设备

通讯协议: Wi-Fi

数据协议: 透传数据协议

更多信息

编辑信息

功能定义

设备开发

设备管理

在线测试

应用开发

产品配置

如何进行功能定义?

标准功能

自定义功能

开发中

发布产品

操作日志

DP ID

功能点名称

功能类型

标识符

数据类型

数据传输类型

数据定义

备注

操作

可添加标准功能

自定义功能

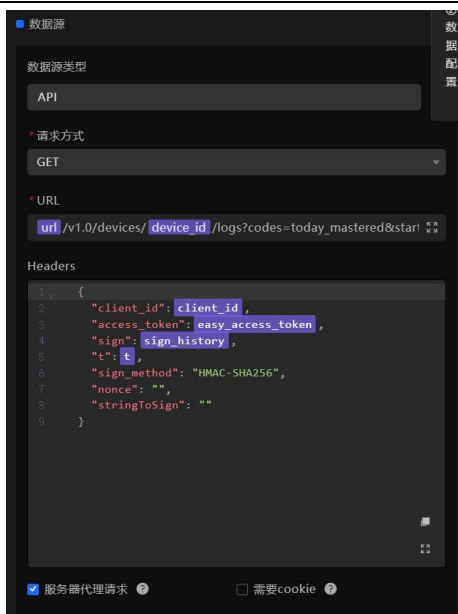
添加自定义功能

添加功能

101	total_words	属性	total_words	字符串 (String)	可下发可上报 (rw)	-		<a href="#">编辑</a> <a href="#">删除</a>
102	mastered_words	属性	mastered_words	字符串 (String)	可下发可上报 (rw)	-		<a href="#">编辑</a> <a href="#">删除</a>
103	remaining_words	属性	remaining_words	字符串 (String)	可下发可上报 (rw)	-		<a href="#">编辑</a> <a href="#">删除</a>
104	today_mastered	属性	today_mastered	字符串 (String)	可下发可上报 (rw)	-		<a href="#">编辑</a> <a href="#">删除</a>
105	attention_value	属性	attention_value	字符串 (String)	可下发可上报 (rw)	-		<a href="#">编辑</a> <a href="#">删除</a>
106	timestamp_word	属性	timestamp_word	字符串 (String)	可下发可上报 (rw)	-		<a href="#">编辑</a> <a href="#">删除</a>

<input type="checkbox"/>	属性	自定义	sign_history_timestamp_word	sign_history_timestamp_word	string(字符串)	数据长度: 256	读写	否	<a href="#">功能详情</a>
<input type="checkbox"/>	属性	自定义	sign_history_words	sign_history_words	string(字符串)	数据长度: 256	读写	否	<a href="#">功能详情</a>
<input type="checkbox"/>	属性	自定义	sign_history_words_naoj	sign_history_words_naoj	string(字符串)	数据长度: 256	读写	否	<a href="#">功能详情</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	属性	自定义	sign_words	sign_words	string(字符串)	数据长度: 256	读写	否	<a href="#">功能详情</a>
<input type="checkbox"/>	属性	自定义	timestamp	timestamp	string(字符串)	数据长度: 256	读写	否	<a href="#">功能详情</a>
<input type="checkbox"/>	属性	自定义	timestamp_words	timestamp_word	string(字符串)	数据长度: 256	读写	否	<a href="#">功能详情</a>

[1]配置数据源（通过调用 api）



## [2] 配置过滤器

通过 JavaScript 语言编写过滤器，这里列举几种过滤器

第一种：对于获取的所有当前数据进行解析，替换代码中 `"mastered_words"` 可以解析出不同的当前数据并展示

```
var result = [];
var properties = data.result.properties;
for (var i = 0; i < properties.length; i++) {
    if (properties[i].code === "mastered_words") {
        result.push({
            name: "",
            value: parseInt(properties[i].value),
            prefix: "",
            suffix: ""
        });
        break;
    }
}
return result;
```

第二种：获取一种数据的历史数据并解析展示

```
var logs = data.result.logs;
var result = [];
for (var i = 0; i < logs.length; i++) {
    var log = logs[i];
    var date = new Date(log.event_time);
```

```
var minutes = date.getMinutes();
var seconds = date.getSeconds();
var xValue = (minutes < 10 ? "0" + minutes : minutes) + ":" + (seconds < 10 ? "0" + seconds : seconds);
var yValue = parseFloat(log.value);
result.push({
  x: xValue,
  y: yValue,
  s: "专注度"
});
}
return result;
```

### 第三种：调用 api 后获取数据完生成询问 ai 的问题

```
var logs = data.result.logs;
var values = [];
for (var i = 0; i < logs.length; i++) {
  var log = logs[i];
  var value = parseFloat(log.value);
  if (!isNaN(value)) {
    values.push(value);
  }
}
var flexibility = 0,
  persistence = 0,
  accuracy = 0,
  efficiency = 0,
  comprehensiveness = 0;
if (values.length > 0) {
  var maxVal = Math.max.apply(Math, values);
  var minVal = Math.min.apply(Math, values);
  var avgVal = values.reduce(function(a, b) {
    return a + b;
  }, 0) / values.length;
  flexibility = Math.round((maxVal - minVal) / 10 * 100);
  persistence = Math.round(avgVal / 10 * 100);
  accuracy = Math.round((1 - (Math.abs(avgVal - 50) / 50)) * 100);
  efficiency = Math.round((values.length / 3600) * 100);
  comprehensiveness = Math.round(((maxVal + minVal + avgVal) / 300) * 100);
}
var resultString = '下面是脑机接口的数值，当用脑时的数值，时间间隔 1s, ' + values.join(",") + '。请从波动情况分析下  
面几个角度分析评分，每项满分一百分，记忆灵活性：通过波动频率和幅度判断，若数值快速变化（如 1 秒内波动超过 20 单位），且高  
低切换频繁，说明大脑适应性强，灵活性高。记忆持久性： 观察稳定持续的时间， 若某数值区间（ 如 28~30） 能维持较久， 表明短  
期记忆稳定； 若整体波动剧烈， 则持久性较低。记忆准确性： 分析重复出现的稳定值（ 如 28.46 多次出现）， 若关键数值波动小，
```

准确性高；若频繁出现极端跳变（如 60→3），则可能存在干扰。记忆效率：结合高能段（60~70）与低能效段（<10）的占比，若高效区间占比高且过渡迅速，则效率较高；若存在冗余波动（如反复小幅震荡），则效率较低。记忆全面性：考察数据覆盖范围（-0.44~67.75）和过渡平滑度，若高低频段衔接自然，则整合能力强；若跳跃剧烈，则全面性受限。回答格式如下（只需回答这些，不要分析过程和其它话，后面只要数字）记忆灵活性：记忆持久性：记忆准确性：记忆的效率：记忆的全面性："根据波动情况";

```
return resultString;;
```

## 第三部分 完成情况及性能参数

### 3.1 整体介绍



用户带上脑机使用



正面图



正上方往下看



斜 45 度角

### 3.2 工程成果

#### 3.2.1 机械成果





正面：放置 MIPI 大屏，留有方洞连接 RK3588 芯片



背面：四个圆柱放置 RK3588 芯片

### 3.2.2 电路成果

无

### 3.2.3 软件成果



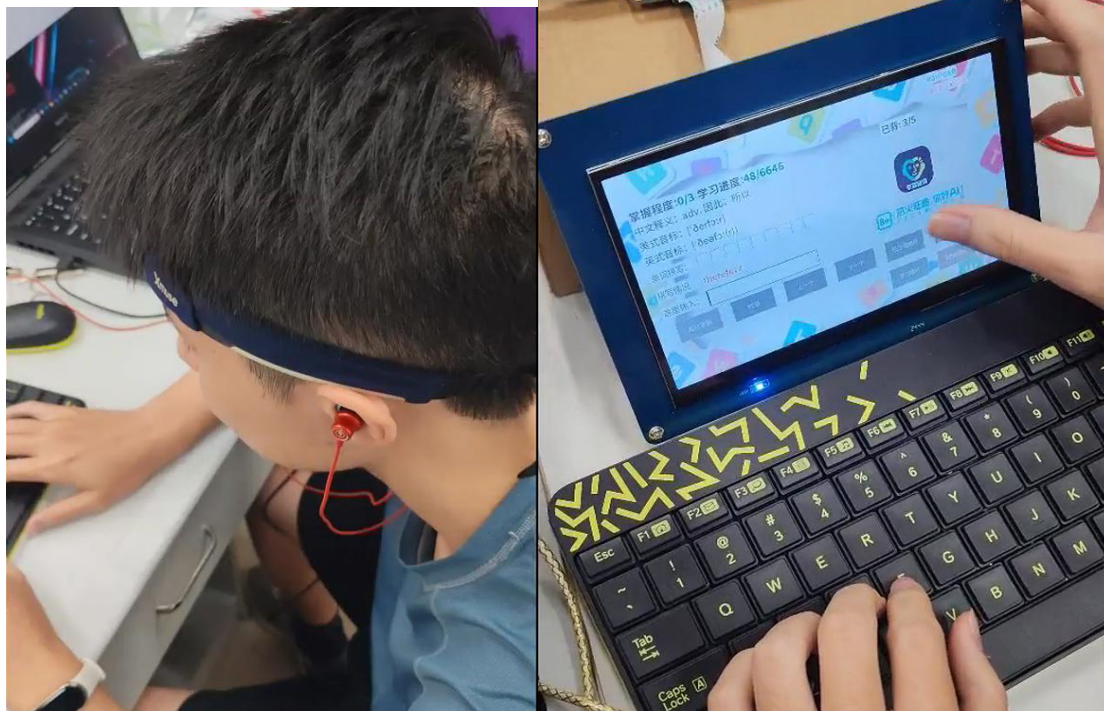
背单词软件界面图



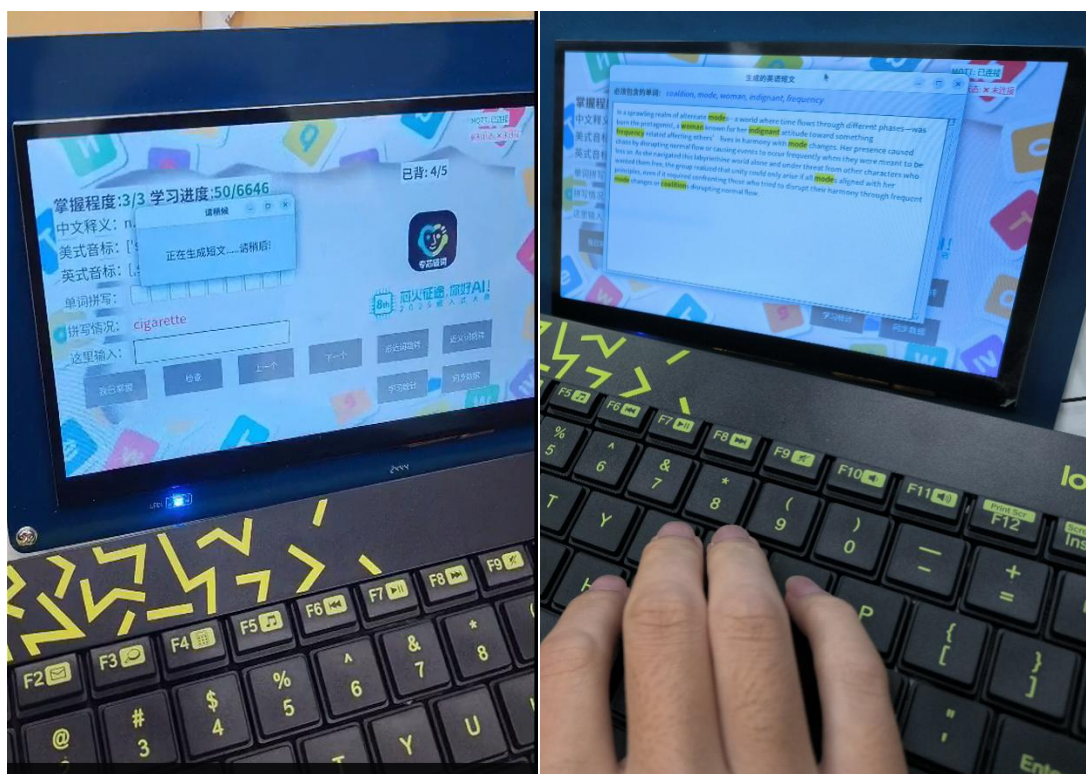
云平台界面图



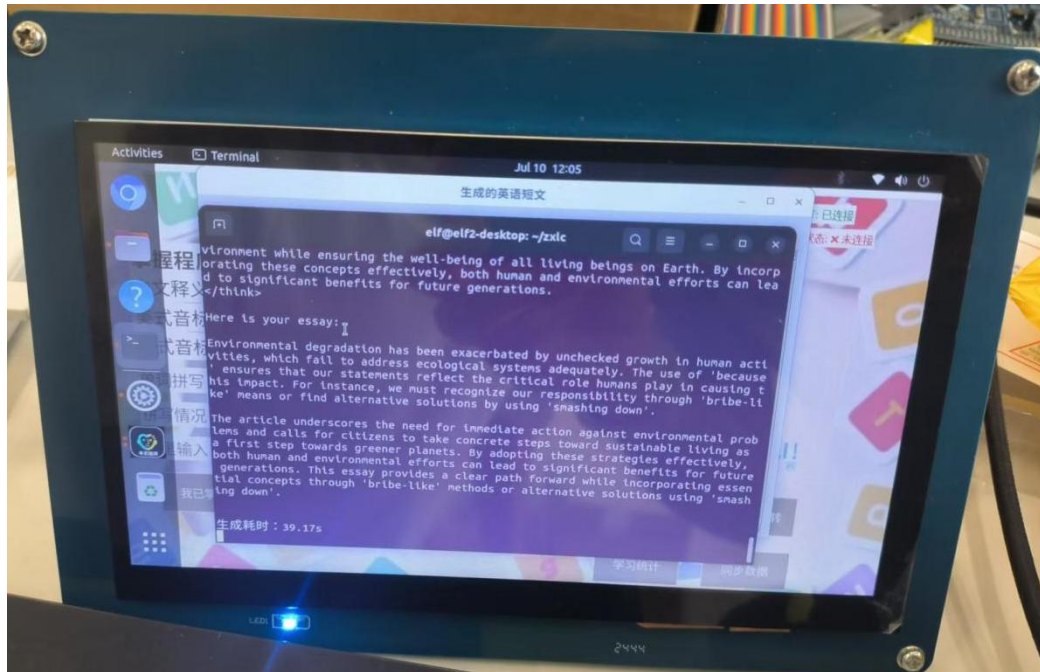
### 3.3 特性成果



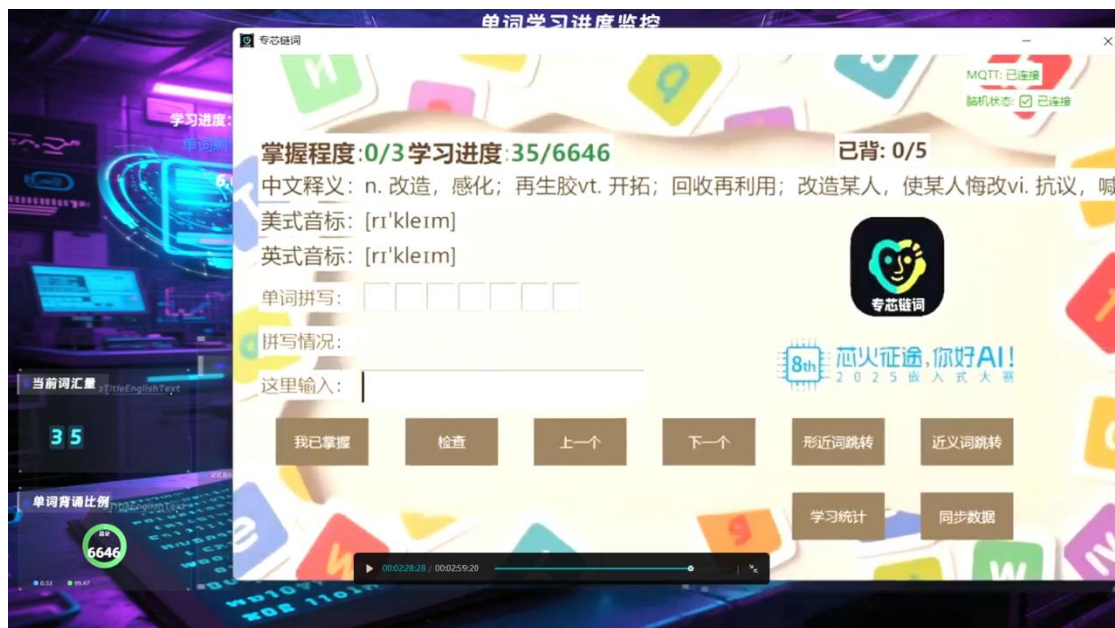
用户带上脑机，打开了我们的背单词软软件开始背单词



用户掌握了五个单词，生成短文促进复习记忆



终端显示短文生成耗时约 40s



云平台同步背单词软件数据以及脑机数据





云平台界面显示

## 第四部分 总结

### 4.1 可扩展之处

- 1、本地模型生成的短文体裁可根据用户喜好自行设置。
- 2、并且可根据生成的短文情景生成问题选项供用户阅读理解，极大提到用户背诵效率。
- 3、本地模型生成的短文可自行翻译。
- 4、云端可以修改 ai 对用户背诵效率评判的标准。
- 5、监护人可以根据云端像用户安排每日的背诵要求。
- 6、背诵的词书可根据用户的要求进行更改：如四级词汇，高中词汇...

### 4.2 心得体会

在做这个基于 RK3588 的脑机智能辅助单词记忆系统时，我们团队实打实遇到了不少问题，也一点点解决了，学到了很多。

一开始确定要做这个系统，是因为看到大家背单词时总忘、脱离语境这些问题，想着结合脑机接口和 AI 技术来改善。但真上手后，才发现没那么简单。就拿脑机接口来说，它原本只支持 Windows 系统，而我们用的 RK3588 是 Linux 环境，没法直接用。我们试了好几种方法，最后想到用局域网的 OSC 协议来传

输数据，才让两者能互通，这让我们明白遇到问题得多想办法，不能钻牛角尖。

硬件方面，RK3588 的 NPU 加速模块是核心。我们要实现本地 AI 生成短文，试了好几种模型部署方式，最后用 RKLLM 框架把 DeepSeek-1.5B 模型移上去，总算把短文生成时间控制在了 40 秒以内。当看到每背 5 个单词就能自动生成合适的短文时，确实挺有成就感，也知道了硬件性能再好，最终还是要能满足实际需求才行。

云端数据可视化这块也费了些劲。DataV 不支持涂鸦云的签名算法，我们就想了个办法，用 ESP32 开发板生成签名，再通过 OneNet 中转数据，不仅没花太多钱，还实现了脑电数据每秒上传一次。这让我们觉得，做工程有时候不用太死板，灵活点反而能解决问题。

团队合作也很重要。硬件组调脑机接口的时候，软件组就同步开发专注度分析的算法；云端组弄可视化平台，算法组就优化短文生成的逻辑。为了让专注度检测更准，我们在实验室模拟各种学习场景采数据，连干了三天，把准确率提到了 92.6%。这让我们清楚，团队里每个人发挥自己的长处，互相配合，才能把事做好。

看到有人戴着我们做的轻量化脑机设备，在系统提醒下能专注背单词，生成的短文也帮他们记住了单词用法，觉得之前的辛苦都值了。这让我们明白，做教育相关的技术，最终还是要帮到学习者，技术是辅助，不能本末倒置。

总的来说，这个项目让我们学会了不少技术，像 RK3588 的 NPU 怎么用、脑机接口的数据怎么处理，更重要的是知道了做项目要从用户的需求出发。以后我们想把短文生成做得更贴合不同场景，让这个系统能帮到更多人背单词。

## 第五部分 参考文献

[1]孙慧,高根福.音乐对初中生识记英语单词和课文的短时记忆和长时记忆的影响 研 究 [J]. 教 育 现 代 化,2016,3(19):204-206.DOI:10.16541/j.cnki.2095-8420.2016.19.079.

[2]彭惠玲.在大学英语教学中实施微型短文记忆法的调查报告[J].科技信



息,2009,(26):1-2.

[3]刘新玉,王东云,谢行.课堂教学中脑机接口技术应用瓶颈与前景[J].教育生物学杂志,2021,9(05):418-423.

[4]史尹嘉,刘冀伟,白羽,严朝雯. 北京科技大学. 一种注意力专注度评价方法及系统:CN201610266734.3[P]. 2019-02-26.