

项目计划（纯中文最终版）

第一部分 研究问题与 SMART 目标

研究问题

如何设计并实现一套基于 CRDT 的 Web 富文本协同编辑系统，使用户能够注册、组队、邀请成员，并对多份富格式文档进行并发编辑，同时保持强一致性、低延迟和安全持久化？

SMART 目标与时间线

周次	目标	可量化成果
1-2	需求与可行性 • 阅读并整理至少 12 篇关键文献（含 <i>Peritext</i> ）；• 从 Slate、Tiptap、CKEditor 三大开源编辑器的高评论 issue 以及得分 ≥ 20 的 Stack Overflow 问答中提取需求，建立“需求矩阵”；• 冻结核心需求。	3 页综述报告 + 需求矩阵
3	系统架构与原型设计 • 输出三层架构图（前端 React/ProseMirror/Yjs \leftrightarrow 中间件 Node.js+y-websocket \leftrightarrow 持久化 MongoDB）；• 定义 API、权限模型、UI 原型。	架构图 + Swagger 初稿
4	核心后端实现 • 完成用户认证、团队/文档 CRUD、Y.Doc 持久化；• 发布 Swagger API 文档。	接口单元测试通过率 $\geq 90\%$
5-6	协同内核集成 • 在前端集成 Yjs+ProseMirror；• 实现 remove-wins / LWW anchor 合并逻辑、协同光标、基础快捷键。	在线多人编辑演示
6-7	系统集成与体验优化 • 打通创建团队 \rightarrow 邀请 \rightarrow 邮件通知 \rightarrow 文档历史 workflow；• 首页 LCP ≤ 2.5 s，脚本执行 < 100 ms。	集成环境可用
8-9	系统级评估 • 单元测试覆盖率 $\geq 85\%$ ；• 压力测试：30 个虚拟用户、150 ops s^{-1} 、持续 5 min；通过标准：p95 mergeLatency < 150 ms, opsPerSec ≥ 1200 , bytesSent ≤ 25 kB s^{-1} ；• 记录 conflictDeviation 并与 OT 基线比较；• 可选 ：10 名参与者 SUS 问卷（需 Comp6200 伦理批准）。	k6 报告 + 性能/合并质量数据
10-12	收尾与交付 • 上线演示站点；• 第 10 周提交报告初稿，第 12 周提交最终报告并答辩。	线上 Demo + 最终报告

第二部分 技术栈与系统架构

1. 技术栈

- 前端：React 19 + Vite；ProseMirror 负责富文本渲染与命令执行
- 协作层：Yjs CRDT (ychars + yformatOps) ，通过 y-websocket 实时同步
- 后端：Node.js 20 + Express；MongoDB 存储 Y.Doc 快照与增量；JWT 认证
- 部署：Docker Compose 一键启动；GitHub Actions 实现 CI/CD
- 工具：Figma (原型) 、Jest/Mocha (测试) 、k6 (性能压测)

2. 系统架构概览

- 1. 身份与访问控制：JWT + 角色 RBAC (Owner / Editor / Viewer)
- 2. 文档服务：REST 接口 + WebSocket，同步并持久化 Y.Doc 版本
- 3. 实时协作：基于 Peritext 的 remove-wins / LWW anchor 冲突策略
- 4. 富文本编辑器：ProseMirror 渲染；Yjs 事务；Y.UndoManager 撤销/重做

第三部分 评估方案

维度	指标 / 方法	合格阈值
性能	自定义 Prometheus 计数器 / 直方图： • opsPerSec (吞吐) • mergeLatency (p95) • bytesSent (带宽)	mergeLatency < 150 ms； opsPerSec ≥ 1200； bytesSent ≤ 25 kB s ⁻¹
合并质量	conflictDeviation — 意外拆分或格式错位次数，对比 OT 基线	Peritext-Yjs 明显优于 OT
加载体验	Largest Contentful Paint (LCP)	常规网络 ≤ 2.5 s；受限网络 ≤ 4 s
可用性 (可选)	SUS 问卷 + think-aloud	SUS > 80 (若实施)
工程质量	单元测试覆盖率	≥ 85 %

第四部分 风险、伦理、环境与数据管理

- **风险控制**：WebSocket 自动重连；CI/CD 强制 CRDT 单测通过。
 - **伦理**：问卷测试为低风险；若实施，将走 Comp6200 模块级审批或 ERGO 流程。
 - **环境影响**：部署于英国阿里云绿色数据中心，峰值功耗 < 180 W，无纸化交付。
 - **数据管理**：MongoDB AES-256 静态加密；JWT + RBAC 最小权限；代码 MIT 协议开源，实验数据以 CC-BY-4.0 附录。
-

第五部分 商业、法律影响与局限

- **商业价值**：可作为自托管套餐、SDK 组件或增值插件进行商业化。
 - **法律合规**：遵循 UK GDPR；依赖库许可证与 MIT 兼容；原创 remove-wins/LWW 代码可做防御性出版。
 - **局限**：暂未验证极高并发；移动端适配、表格/公式等复杂格式尚未支持；部分增量同步与垃圾回收策略待后续研究。
-

参考文献（节选）

[1] N. Jatana, M. Singh, C. Gupta, *et al.*

“Differentially processed optimized collaborative rich text editor,” *Multimedia Tools and Applications*, 2024. doi: [10.1007/s11042-024-19734-3](https://doi.org/10.1007/s11042-024-19734-3)

[2] G. Litt, S. Lim, M. Kleppmann, and P. van Hardenberg,

“Peritext: A CRDT for collaborative rich text editing,” *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, vol. 6, CSCW2, Article 531, pp. 1–36, Nov. 2022. doi: [10.1145/3555644](https://doi.org/10.1145/3555644)

[3] Yjs Contributors, “Yjs: A Framework for CRDT-based Collaboration,” GitHub repository README, 2024. [Online]. Available: <https://github.com/yjs/yjs/blob/main/README.md>. [Accessed: May 6 2025].

[4] Information Commissioner’s Office, “Guide to Data Protection: Guide to the UK GDPR,” Information Commissioner’s Office, 2019. [Online]. Available: <https://ico.org.uk/media/for-organisations/guide-to-data-protection-1-1.pdf>. [Accessed: May 6, 2025].

[5] Alibaba Cloud, “Alibaba progresses towards carbon neutrality goals and digital inclusion: 2024 ESG report,” Alibaba Cloud Blog, 2024. [Online]. Available: https://www.alibabacloud.com/blog/alibaba-progresses-towards-carbon-neutrality-goals-and-digital-inclusion-2024-esg-report_601423. [Accessed: May 6 2025].