

AOSCC 2024 | 欢迎

衰落的王国

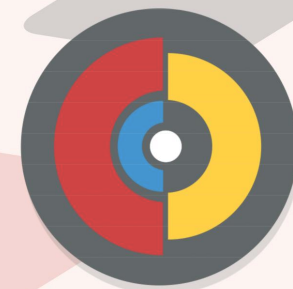
MIPS 发行版及 基础设施的现状与无奈

Henry Chen

chenx97@aosc.io

杨欣辉

cyan@cyano.uk



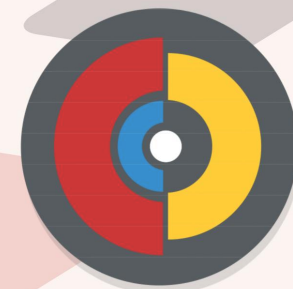
曾经辉煌的 MIPS

90 年代的 MIPS 几乎占领了工作站领域，且在游戏主机领域也有不少份额：

- SGI 图形工作站（Indigo、Indy、O2、Octane 等均使用 MIPS 架构的处理器）
 - SGI 机器参与渲染了著名的《玩具总动员》电影
- 任天堂 64 游戏主机
- 索尼 PlayStation、PlayStation 2 和 PSP



由上到下：
Octane, Indigo 和 Indy
图源：Wikipedia



曾经辉煌的 MIPS

- 最初被指定为 Windows NT 默认架构之一
- 即便 x86 逐渐成为主要平台，当时的开发团队始终维护着 MIPS 构建，且要求发版时能通过大部分测试
- Dave Cutler 自称“Mr. Mips”且一直对 MIPS 持有热情

G. P. Zachary, *Show-Stopper!: The Breakneck Race to Create Windows NT and the next Generation at Microsoft*. New York, Toronto, New York: Free Press ; Maxwell Macmillan Canada ; Maxwell Macmillan International, 1994.



衰落的王国：历史

Debian: 自 Debian 3.0 起加入正式 MIPS32 移植，
自 Debian 9 起正式加入小尾端 MIPS64 移植

- MIPS32 大小端移植已经退出维护
- 尽管小尾端 MIPS64 移植还在维护，但维护成本愈来愈高
 - 由于设施资源不足，该架构已经与主线脱节^[1]

[1]: <https://lists.debian.org/debian-devel-announce/2023/11/msg00005.html>



衰落的王国：历史

Gentoo: MIPS 移植自 2003 年就有活动

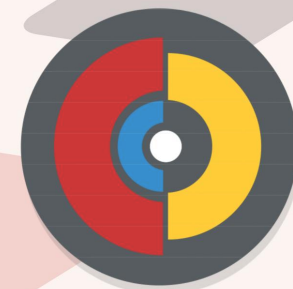
- 该移植的 Stage 3 tarball 涵盖大小端及 MIPS32/64 和 MIPS II
- 该项目仍在持续维护中，但基本处于无人看管的状态
 - 社区向广大 MIPS 爱好者呼救请求继续维护^[1]
- 该移植依旧可以在 SGI Indy 等机器上运行！

[1]: <https://marc.info/?l=gentoo-dev&m=171965705309709>



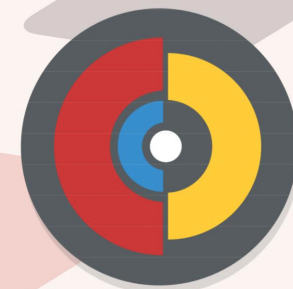
衰落的王国：历史

- OpenWrt: 自古以来，仍在继续
- NetBSD: 拥有各类 MIPS 移植
 - 支持了大量我们想都不敢想的平台，比如 SGI 工作站
- 除此之外，几乎没有别的发行版做 MIPS 移植



衰落的王国：现状

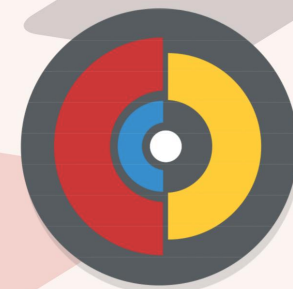
- 几乎只能在嵌入式领域见到该架构
- 来自其他架构（如 ARM）的竞争
 - 在路由器等嵌入式领域尤为明显
- 市场份额持续走低
- 开发兴趣低迷



衰落的王国：改革

MIPS Technologies 在 2014 年发布了 MIPS32/64 Release 6，该版本删除了 Hi/Lo 寄存器、删除了一些不常用的指令、新增及优化了一些跳转指令

- 一定程度上在硬件方面改善了历史包袱
- 因此 R6 与之前的版本不兼容



衰落的王国：改革

- 架构名称及定义上没有显示不兼容性
 - mips(64r2)el 和 mips(64)r6el 在内核、编译器主架构中都是 mips(64)el
 - 编译器内的角色是 `-march (-mcpu)`
- 并没有 MIPS R6 硬件流入市场
 - 开发工作只能借助 QEMU 进行



短暂的繁荣：龙芯 3 号

- 龙芯 3 号问世，MIPS 又一次有了桌面应用场景
- MIPS64 R2 兼容硬件大量流入市场
- 部分软件出现了私有移植
- 然后……龙芯就转向 LoongArch 了
- MIPS 发行版又几乎回到了缥缈的状态——



短暂的繁荣过后：无奈

- 历史包袱众多
- 用户越来越少
- 一直缺少关键软件移植
- 部分关键软件质量不高



在我们手里的是...

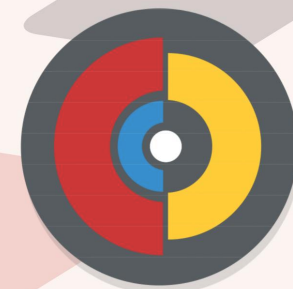
- 安同 OS 有龙芯 3 号和 R6 移植
- 龙芯 3 号较为完整，桌面环境可以满足日常使用
- 但是随着时间的推移，两者的维护愈发困难
- MIPS 发行版的接力棒有一部分已经到我们手中
- 同时还要维护基础设施



先了解现状

在我们正式开始修复各大组件的 MIPS 支持前：

- LLVM 原 MIPS 维护者 Simon Atanasyan 因个人原因于 2022 年离开该职位
- LLVM 的 MIPS 后端长期存在 Bug
- 无人理会 MIPS 工单
- Rust 将 MIPS 降级至 Tier 3
 - R6 的 Rust 基本编不出来



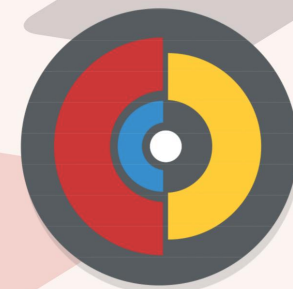
改善现状

AOSC 有许多 Rust 周边项目，怎么办？

- 修！
- 于是 R6 有 Rust 用了

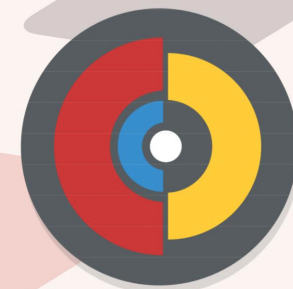
```
Sorting... Done
Full Text Search... Done
rustc/stable,stable,now 1:1.79.0 loongson3 [installed]
  General purpose, multi-paradigm programming language (compiler and runtime)
```

```
Sorting... Done
Full Text Search... Done
rustc/stable 1:1.79.0 mips64r6el
  General purpose, multi-paradigm programming language (compiler and runtime)
```



心有余而力不足

- 我们能做的也只是一些小事
- 还有一些残酷的现实摆在我们面前



历史包袱：前浪死在沙滩上

- 部分信号码（如 SIGBUS）与其他架构不同
 - 90 年代积极参与 UNIX 生态建设的 RISC 架构的历史背景所致
 - Alpha、SPARC 和 PA-RISC 也是如此¹
 - 在 MIPS R5 之前，NaN 的处理与其他架构不同
 - 跳转范围和限制与其他 RISC 架构不同
 - 例如到 R6 才有原生的 PCREL 系列指令
 - ABI 定义也保留了那个年代的风格
- 1: 详见手册 `signal(7)` § Signal numbering for standard signals
当时的 Unix ABI 基本都是 RISC 架构的天下

| Signal | x86/ARM most others | Alpha/ SPARC | MIPS |
|-----------|------------------------|-----------------|------|
| SIGHUP | 1 | 1 | 1 |
| SIGINT | 2 | 2 | 2 |
| SIGQUIT | 3 | 3 | 3 |
| SIGILL | 4 | 4 | 4 |
| SIGTRAP | 5 | 5 | 5 |
| SIGABRT | 6 | 6 | 6 |
| SIGIOT | 6 | 6 | 6 |
| SIGBUS | 7 | 10 | 10 |
| SIGEMT | - | 7 | 7 |
| SIGFPE | 8 | 8 | 8 |
| SIGKILL | 9 | 9 | 9 |
| SIGUSR1 | 10 | 30 | 16 |
| SIGSEGV | 11 | 11 | 11 |
| SIGUSR2 | 12 | 31 | 17 |
| SIGPIPE | 13 | 13 | 13 |
| SIGALRM | 14 | 14 | 14 |
| SIGTERM | 15 | 15 | 15 |
| SIGSTKFLT | 16 | - | - |
| SIGCHLD | 17 | 20 | 18 |
| SIGCLD | - | - | 18 |
| SIGCONT | 18 | 19 | 25 |
| SIGSTOP | 19 | 17 | 23 |
| SIGTSTP | 20 | 18 | 24 |
| SIGTTIN | 21 | 21 | 26 |
| SIGTTOU | 22 | 22 | 27 |
| SIGURG | 23 | 16 | 21 |
| SIGXCPU | 24 | 24 | 30 |
| SIGXFSZ | 25 | 25 | 31 |
| SIGVTALRM | 26 | 26 | 28 |
| SIGPROF | 27 | 27 | 29 |
| SIGWINCH | 28 | 28 | 20 |
| SIGIO | 29 | 23 | 22 |
| SIGPOLL | | | |
| SIGPWR | 30 | 29/- | 19 |
| SIGINFO | - | 29/- | - |
| SIGLOST | - | -/29 | - |

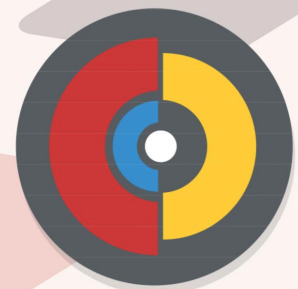
历史包袱：过时的 ABI 规范

MIPS 的 ABI 问题主要在于二进制链接方面：自安同 OS 开始维护 MIPS 移植起，就时不时和链接器斗智斗勇

- MIPS SVR4 psABI 规范要求：开了 `-fPIC` 后必须通过 GOT 寻找函数入口
- 编译器默认生成只有 16 位偏移量的寻址，明显无法满足现代二进制的需求
- 不是所有链接器都能得到同等及时的修复



relocation truncated
to fit:
R_MIPS_CALL16

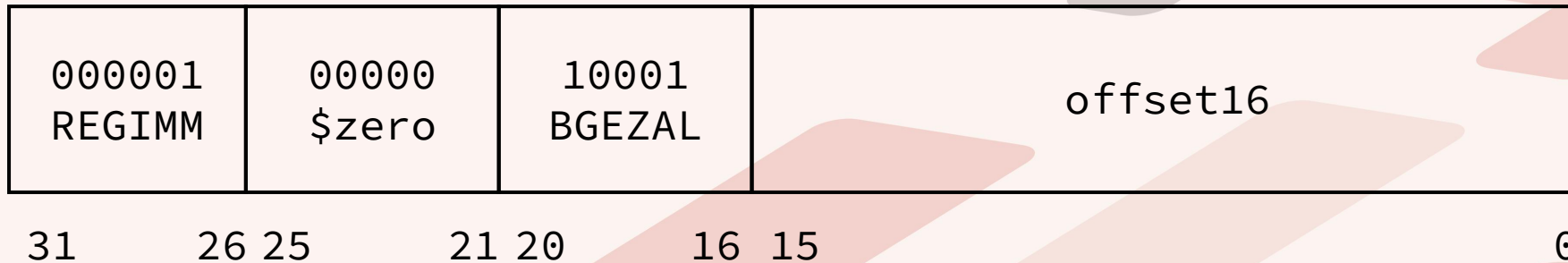


历史包袱：过时的 ABI 规范

JAL

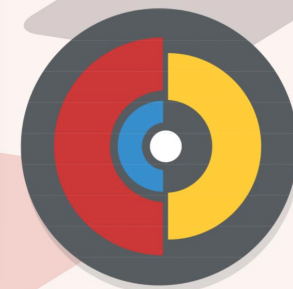
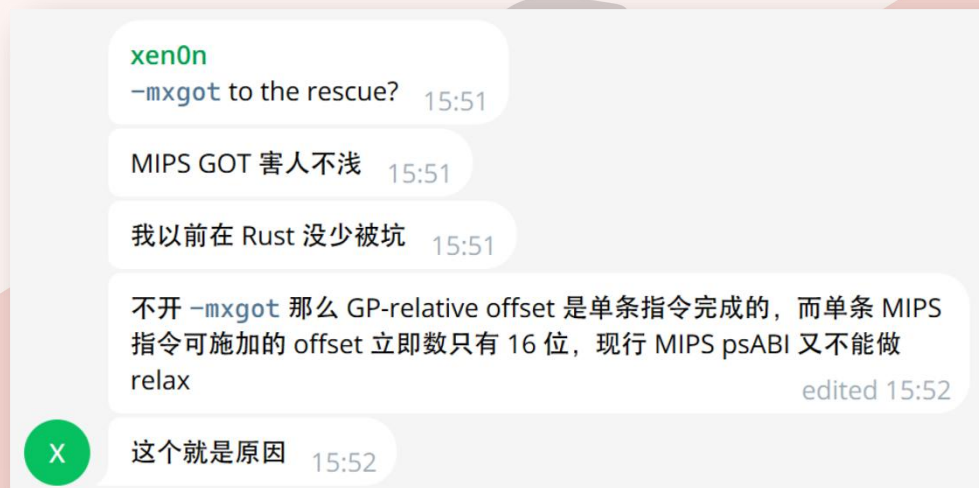


BAL



历史包袱：过时的 ABI 规范

- 可以使用 `-mxgot` 选项，让编译器生成 `R_MIPS_[GOT|CALL]_[HI|LO]16`，扩展 GOT 到 32 位
- 或许可以考虑让工具链默认打开这个选项



历史包袱：时常出错的工具链

除之前介绍的链接器问题之外，还有一些工具链相关的问题：

- LLVM 会生成错误的指令
 - Rust 因此无法通过 CI
- LLVM 在编译场景会莫名其妙崩溃
 - 可以在安同 OS 的源码树上看见许多
`USECLANG__LOONGSON3=0`



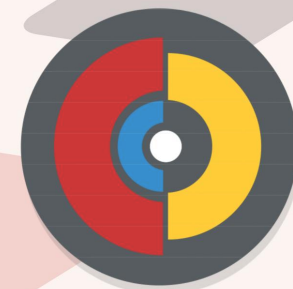
历史包袱：破而不立的 MIPS R6

- 没有硬件，只能用 QEMU 起容器造空气
 - 也无法进入实际场景调试
- 不做区分，会无意中链接到针对 R2 的汇编代码
 - Rust 成天因为这个问题苦恼
- LLVM 尝试生成调试信息时会 SIGSEGV
- GDB 也时不时不工作
 - 地址到处飞，但是重跑一下似乎又可以



尴尬的结局

- mold 链接器作者表示老子不干了
- 除非有商业支持，不然链接器的坑填起来过于依赖时间的沉淀
- 还是先保证 GCC 和 LLVM 的维护罢（悲）



“

I made a fair amount of effort to try to support MIPS, but it turned out that it is much harder than expected. I punted it instead of making further efforts.

The problem is the MIPS ABI is hostile to the linker in the modern environment.

[...] MIPS requires the linker to implement tons of workarounds for its legacy ABI assumptions.

[...] At this point, I don't think it is productive to implement workarounds for the old ABI that is stuck in the 90s.

— Mold 作者,

<https://github.com/rui314/mold/commit/db5fa8a8cd9884fc8b493fd5642d72a11b9a5aff>

”



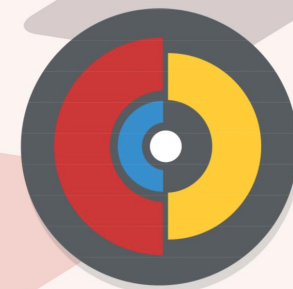
衰落的王国：虚无的未来

- 尽管 R6 硬件上改善了弊端，但软件方面依旧过时
 - 没有端上改善了跳转限制、能合理利用 PCREL 系列指令的新 ABI
 - 没有使 Linux 信号码与常见架构同步，依然是独一份定义
- 破坏了兼容性却没有甩掉包袱
- R6 没有硬件！
- MIPS Technologies 在 2021 年宣布停止 MIPS 架构研发，转投 RISC-V



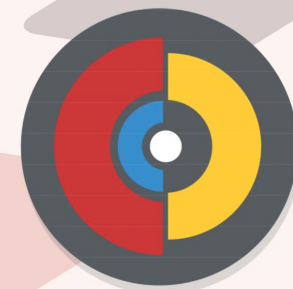
持续维护

- 芯联芯同事：维护 MIPS 工具链
 - 参与修复了数个 LLVM Bug
- 依旧热衷于 MIPS 的开发者、贡献者们：不会放弃
 - Gentoo 的呼救也得以响应
- 苏运强：Debian 还不能死
 - 同时一直在维护 GCC 和 Binutils



活在当下

- 同事和社区贡献者将继续努力
- 尽量把小事做好，让 MIPS 发挥余热
- 安同 OS 的 MIPS 移植会持续进行



Q & A



本 PPT 和演讲得到了一些社区好友和同事的帮助，在此鸣谢：

- 白铭骢
- Jiaxun Yang (FlyGoat)
- WANG Xuerui (xen0n)
- YunQiang Su (wzssyqa)

Thanks

