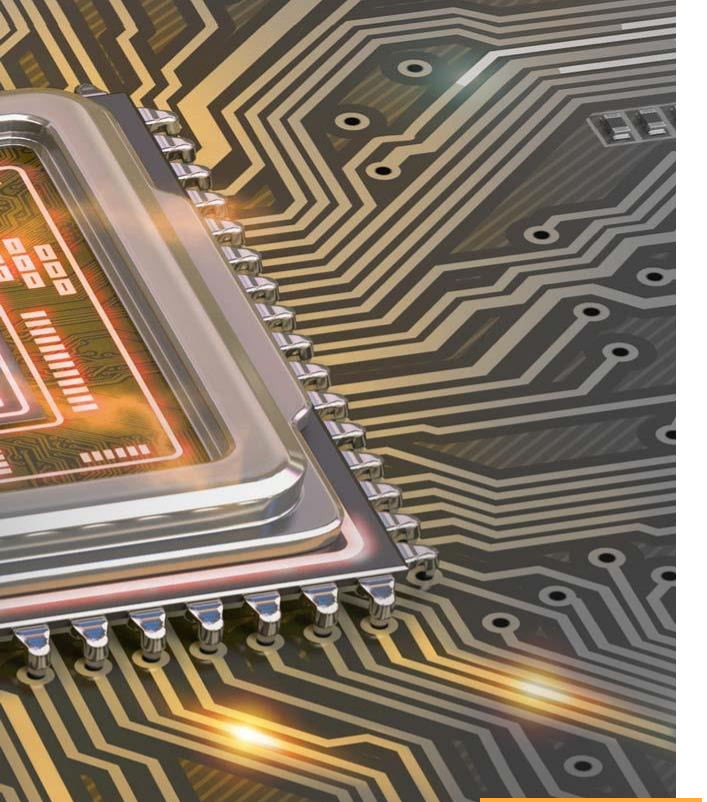


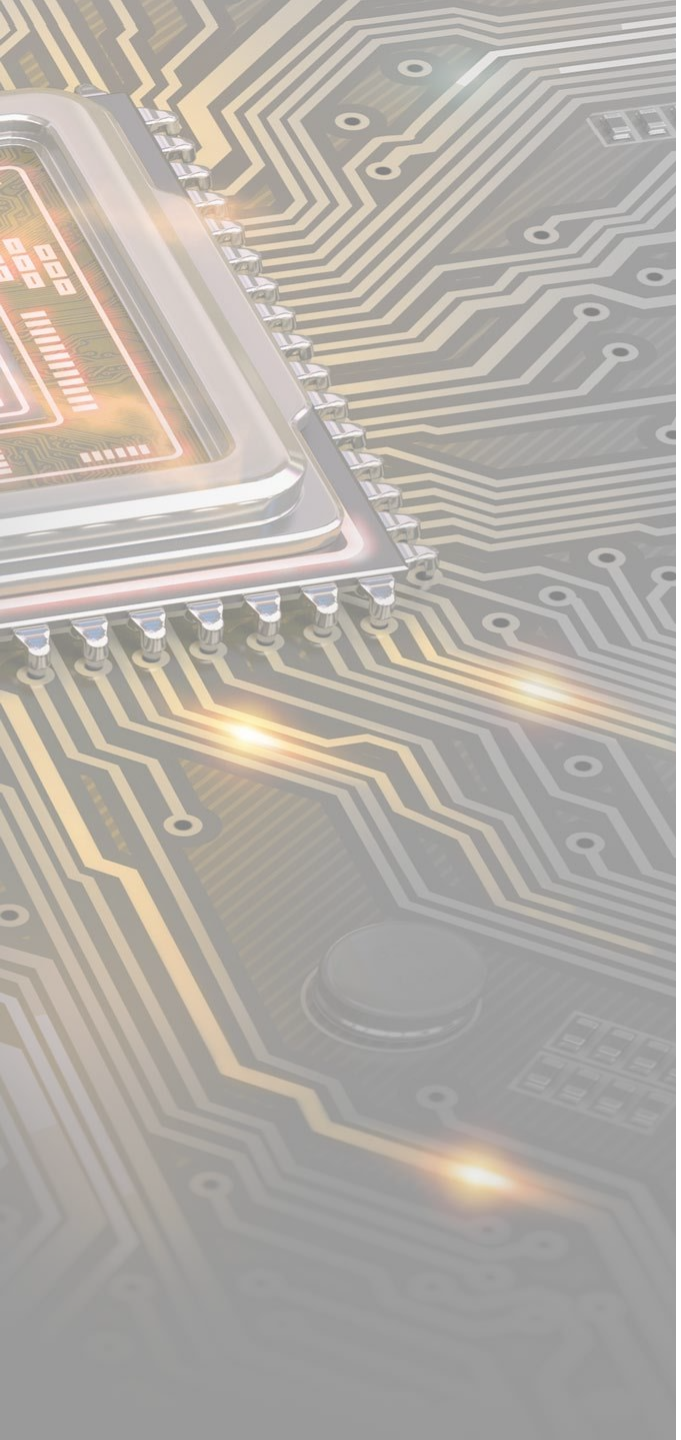
LAUTERBACH
DEVELOPMENT TOOLS

RISC-V的调试和跟踪技术 2023

Lauterbach China · 劳特巴赫中国 · 曹龑 / 行明安

RISC-V在过去的一年…

				
行业应用	**开源社区**	**标准化**	**存储器**	**安全**
• 处理器设计 • 嵌入式系统 • 物联网设备 • 高性能计算 • 汽车电子	• 继续保持活跃	• RISC-V 国际组织持续推动 • 发布了更新的指令集架构版本 • 发布了特定的扩展标准，如嵌入式多核扩展(E)和向量扩展(V)	• 加入了更多的内存模型 • 提供了更灵活的存储器访问控制	• 加入了对安全和特权处理器模式的支持 • 安全扩展(S)的制定和推动



汽车电子领域：

RISC-V调试与跟踪的新兴需求

汽车领域对调试和跟踪的新兴要求

综合性调试功能

多核调试和追踪

高效的性能

安全和可靠性

代码覆盖率测试

实时追踪

增强调试分析功能

汽车领域对调试和跟踪的新兴要求

综合性调试功能

调试工具应具备丰富的调试功能，包括断点调试、单步执行、寄存器查看和修改、内存访问等，以便开发人员可以深入调试和分析代码。
同时工具的稳定性，可靠性也要有极高的要求，保证调试工作的准确和顺利。

多核调试和追踪

汽车电子系统通常采用多核处理器，因此调试工具需要支持多核调试和追踪，可以同时跟踪多个核心的执行和状态。

高效的性能

汽车电子系统对性能要求较高，因此调试工具需要具备高效的性能，可以快速获取和分析系统状态和数据，以减少调试时间。

汽车领域对调试和跟踪的新兴要求

安全和可靠性

汽车电子系统需要具备高度的安全和可靠性。调试工具应提供相应的安全保护措施，如访问控制、加密和认证等，以保护敏感数据和系统的安全性。

代码覆盖率测试

代码覆盖率测试是一项重要的软件测试活动，用于评估测试用例是否涵盖了软件的全部代码。在汽车电子领域，可以确保软件的可靠性和安全性，以支持全面的软件验证和测试。

实时追踪

汽车电子系统通常需要实时处理和响应，因此调试工具应具备实时追踪功能，可以实时获取系统的执行状态和数据，以便开发人员快速诊断和解决问题。

增强调试分析功能

未来可能会增强一些高级调试和分析功能。例如，更强大的断点调试、事件触发跟踪、性能分析和能耗分析等功能，以帮助开发人员更全面地理解系统的行为和性能。

TRACE32® 调试工具相关功能举例

复杂系统

- 异构多核系统的调试
- 调试方式的广泛兼容

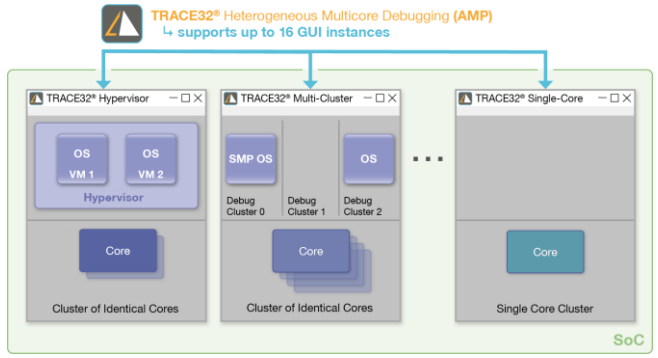
性能分析

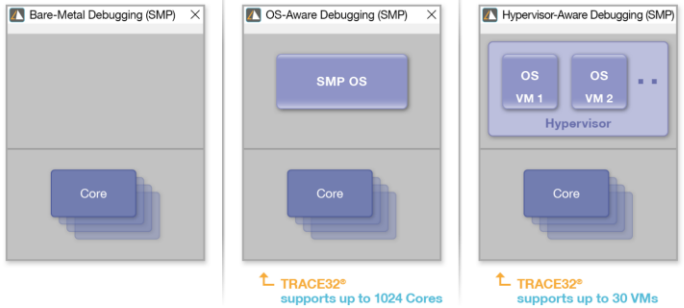
- 实时系统跟踪和分析
- AUTOSAR AP/CP 的调试和跟踪分析

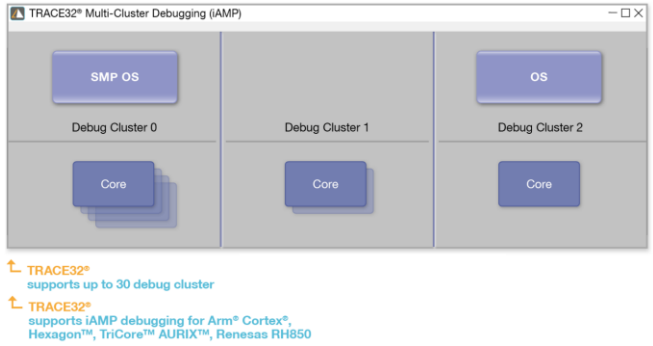
安全相关

- 安全调试机制的支持
- 高级动态代码分析（ADCA）
- Tool Qualification Support-Kit（TQSK ）软件包

异构多核系统的调试







- 异构多核系统通常由不同类型的处理器和协处理器组成（例如RISC-V + Arm/ +DSP/ + GTM 等等），每个处理器可能运行不同的软件任务。这就要求调试工具更广泛地支持异构系统的同步调试，兼容不同架构的调试逻辑。

- **AMP**（Asymmetric Multi-Processing，非对称多处理）系统
- TRACE32 工具支持同时最多打开16 个软件GUI，每个GUIs可以控制和调试一个或者多个内核进程，多个GUI们之间可以同步或独立调试。

- **SMP**（Symmetric Multi-Processing，对称多处理）系统
- TRACE32 工具支持一个软件GUI 同时控制多个同构内核的调试。 多核之间默认同步控制，也可以单独监控和控制某个或某几个内核调试。用户可以根据实际需要灵活配置。

- **iAMP**（Isolated AMP，独立非对称多处理）系统
- iAMP系统是一种AMP系统的变体，它引入了代码和数据的分隔性，以增加安全性和隔离性。在iAMP系统中，每个处理器在物理上是隔离的，并且它们之间也没有任何共享资源。每个处理器运行独立的操作系统实例和软件任务，彼此之间互不干扰。iAMP系统广泛应用于安全性要求较高的环境，如航空航天、军事和重要基础设施等。
- TRACE32 工具支持在同一个GUI 窗口中分区控制不同应用的内核，支持客户可定制的配置。

调试方式的广泛兼容

■ MIPI10 connector (debug only; optional: serial wire output)

Signal	Pin	Pin	Signal
VREF-DEBUG	1	2	TMS|TMSC|SWDIO
GND	3	4	TCK|TCKC|SWCLK
GND	5	6	TDO|- |SWO
GND (KEY)	7	8	TDI
GND	9	10	RESET-

■ MIPI20T connector (debug and trace; optional: serial wire output)

Signal	Pin	Pin	Signal
VREF-DEBUG	1	2	TMS|TMSC|SWDIO
GND	3	4	TCK|TCKC|SWCLK
GND	5	6	TDO|-|SWO
GND (KEY)	7	8	TDI
GND	9	10	RESET-
GND	11	12	TRC CLK
GND	13	14	TRC DATA[0]
GND	15	16	TRC DATA[1]
GND	17	18	TRC DATA[2]
GND	19	20	TRC DATA[3]

Signal	Pin	Pin	Signal
VREF-DEBUG	1	2	N/C
TRST-	3	4	GND
TDI	5	6	GND
TMS	7	8	GND
TCK	9	10	GND
RTCK	11	12	GND
TDO	13	14	GND
RESET-	15	16	GND
N/C	17	18	GND
N/C	19	20	GND

Target connector, top-view

Connector "TRACE A"

Signal	Pin	Pin	Signal
N/C	1	2	N/C
N/C	3	4	N/C
GND	5	6	TRACECLK
DBGRQ	7	8	DBGACK
RESET-	9	10	EXTRIG
TDO	11	12	VREF-TRACE
RTCK	13	14	VREF-DEBUG
TCK|TCKC|SWCLK	15	16	TRACEDATA7
TMS|TMSC|SWDIO	17	18	TRACEDATA6
TDI	19	20	TRACEDATA5
TRST-	21	22	TRACEDATA4
TRACEDATA15	23	24	TRACEDATA3
TRACEDATA14	25	26	TRACEDATA2
TRACEDATA13	27	28	TRACEDATA1
TRACEDATA12	29	30	GND
TRACEDATA11	31	32	GND
TRACEDATA10	33	34	VCC
TRACEDATA9	35	36	TRACECTL
TRACEDATA8	37	38	TRACEDATA0

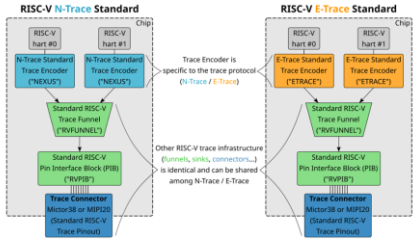
Connect Pin 39,40,41,42,43 to GND

Trace方式

SiFive PIB Nexus

Tessent Embedded Analytics

SIEMENS



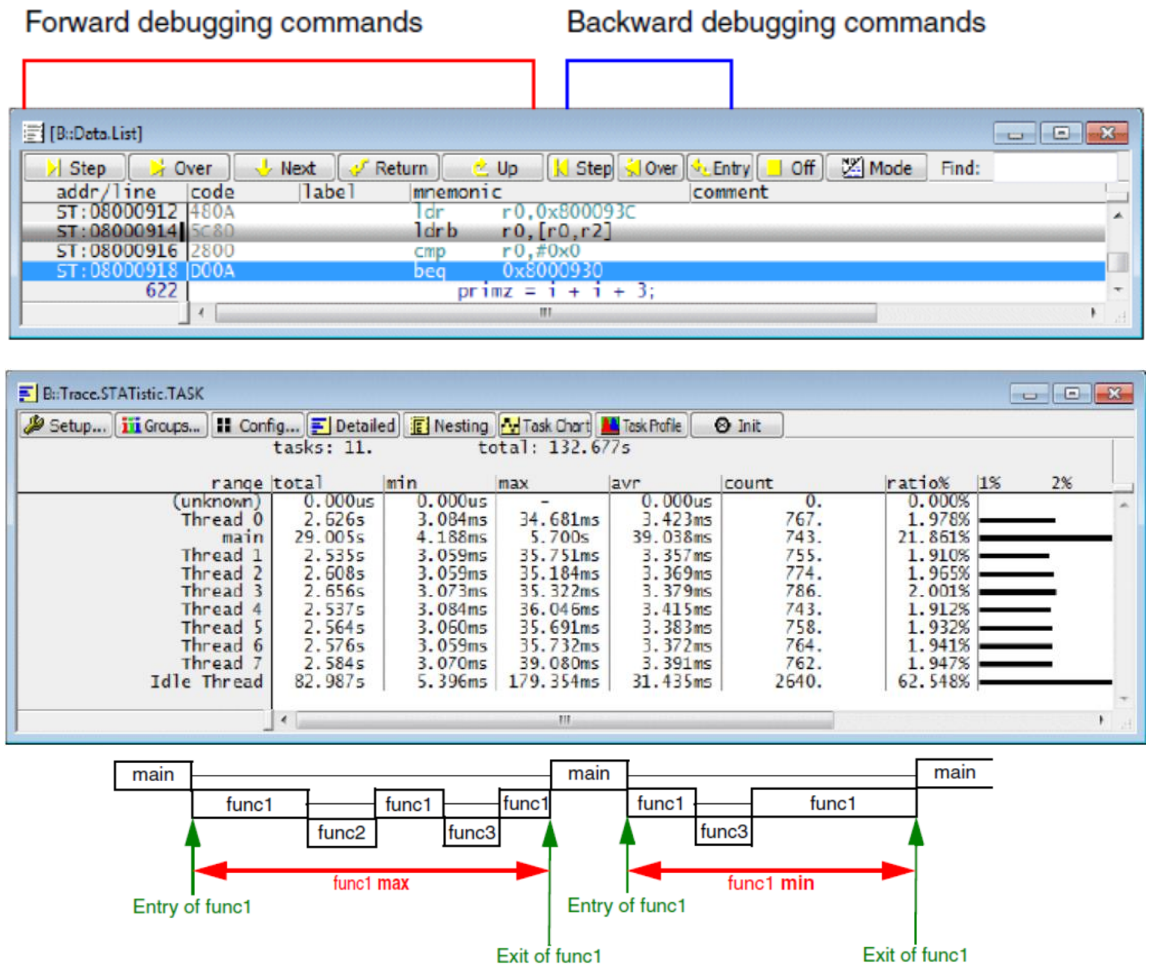
小功能

- Debug for specific ISA extensions
- Debug via Arm CoreSight, System Bus, Semihosting…

- 目标芯片和硬件往往有各种调试方式、接口的设计和需求，调试方式应做好各种适配准备，随机应变。

- TRACE32支持JTAG、cJTAG调试，并支持JTAG 20pin、MIPI 10pin/20pin等多种调试接口
- TRACE32已经支持SiFive Nexus Trace和Siemens Tessent Trace，并在积极跟进standard trace的方案。
- 另有诸多细节功能，如支持指令集扩展调试，通过Arm CoreSight、System Bus、Semihosting调试等。

实时系统跟踪和分析



- 一般对于安全性要求比较严格的系统，也都对实时性要求比较苛刻。因此断点、单步等普通的调试手段往往无法满足需求。
  还有一些无法复现的异常问题，对于要求严格的系统， 虽然发生的概率较低，也是无法接受的。
  针对这些方面的需求就只能依赖实时跟踪技术了。

- TRACE32工具可在不影响系统执行性能和功能的前提下，获取到有效的程序和数据跟踪信息。
- 借助TRACE32软件的强大分析功能，实现对系统的性能统计，历史程序代码执行流程的重构，Cache 使用效率的分析等等。

AUTOSAR AP/CP 的调试和跟踪分析

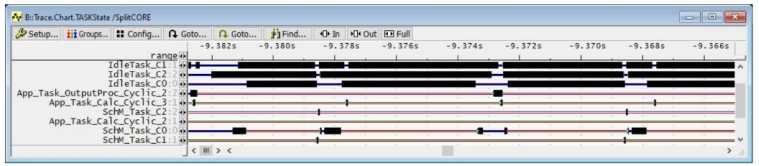


Chart: Task States

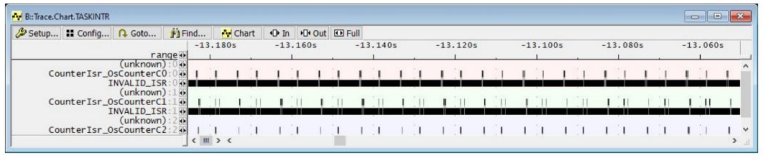
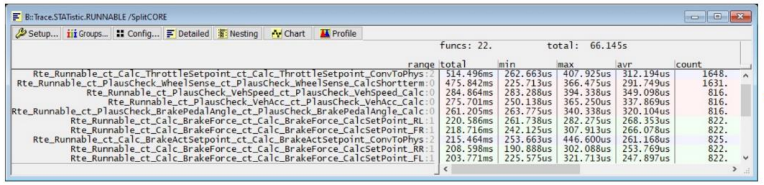
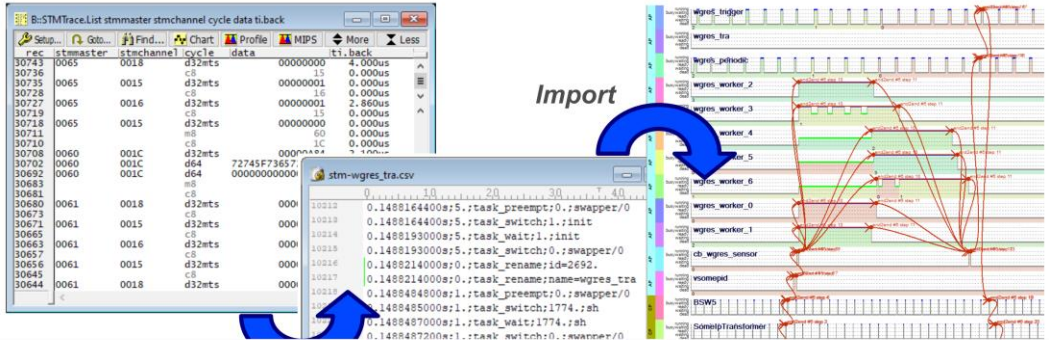


Chart: Category 1 and 2 Interrupts



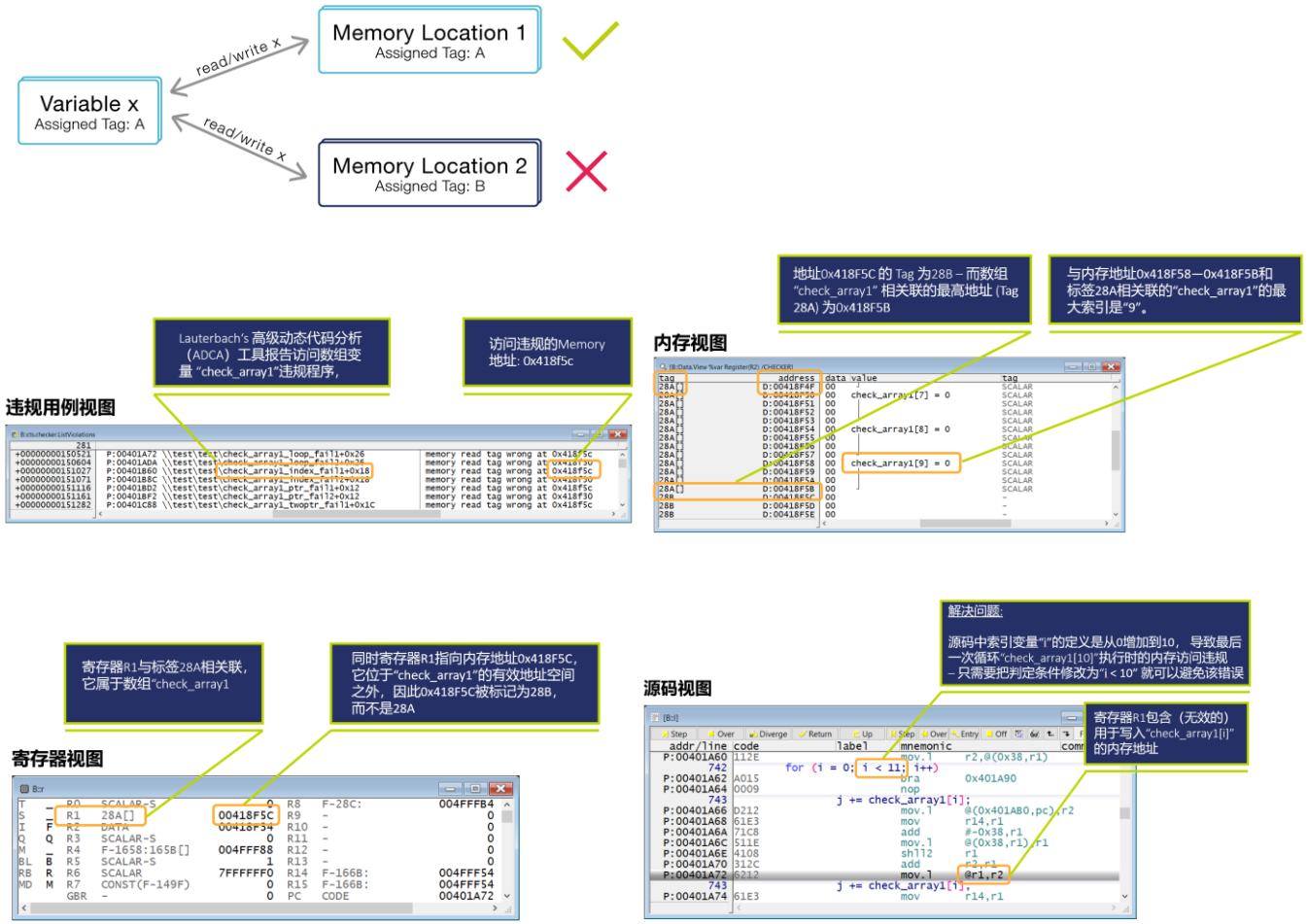
Statistic: Runnable Runtimes



- AUTOSAR AP/CP作为汽车上通用的操作系统，目前缺少高效的系统级调试，尤其AP/CP混合系统的协同调试手段。

- TRACE32支持最新的AP系统级调试，包括任务状态，进程通信信息，事件，设备信息，文件系统等
- AP/CP 系统的并行同步调试
- 按可兼容其它工具的格式输出ARTI /ORTI的跟踪数据

高级动态代码分析（ADCA）



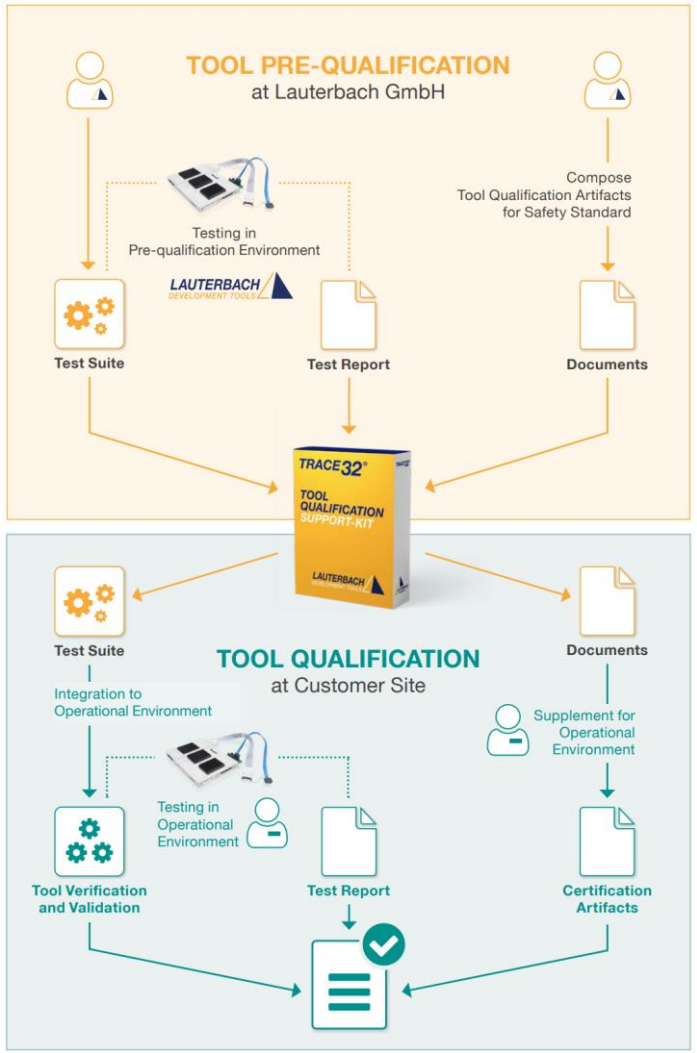
- 软件错误的代价可能是巨大的，在汽车领域甚至具有灾难性后果。Memory 访问错误是非常常见和具有重要影响的软件缺陷类型。

- TRACE32 最新的高级动态代码分析（Advanced Dynamic Code Analysis, ADCA）功能，实现对于代码内存访问错误的自动分析，帮助例如内存泄露、变量访问越界等常见且影响较大的错误信息定位。
- 违规用例视图统计，客户可以根据需要单独分析每个违规操作的案例。
- 为每个违规操作提供了更细节的信息，例如"内存视图"和"寄存器视图"。
- 可以关联到该违规操作的源代码段，以直接在工具中定位和修补违规操作的代码。

安全调试机制的支持

基本加密扩展 (RISC-V Base Cryptographic Extension)	提供了对称和非对称加密算法的硬件支持，用于保护敏感数据和进行安全通信。
内存加密扩展 (RISC-V Memory Encryption Extension)	支持对内存和缓存中的数据进行加密和解密操作，以保护存储和传输的数据安全。
特权级安全扩展 (RISC-V Privileged Architecture Extension for Security)	定义了特权级别体系结构的安全扩展，提供了更细粒度的访问控制和安全策略。
虚拟化扩展 (RISC-V Virtualization Extension)	支持虚拟化技术，允许多个操作系统或应用程序在同一个处理器上并发运行，提供隔离和安全的执行环境。
分支目标标识符扩展 (RISC-V Branch Target Identification Extension)	可用于增强分支和跳转指令的安全性，减少钓鱼攻击和控制流劫持的风险。

Tool Qualification Support-Kit（TQSK ）软件包



- 简化TRACE32工具鉴定工作和成本
- TÜV Nord认证保证符合安全标准
- Customer Interface
  - 提供围绕工具鉴定的全面服务
- Test Suites
  - 运行在目标环境中
  - 全面支持多核
  - 覆盖范围包括语句、分支、MC/DC、函数和调用覆盖

小结

- 汽车电子行业代表了对RISC-V应用的较高要求，
  除追求性能外，更需兼顾安全。

- 调试工具需功能丰富，稳定可靠，适配性好，为芯片和产品高效开放护航。

- 劳特巴赫在汽车行业已经深耕多年，利用其他芯片平台的调试know-how，
  将经验应用到RISC-V方向，并及时响应用户与时俱进的新要求。

THANK YOU!