

具备功能安全特性的高性能RISC-V实时核

王晓耕

北京奕斯伟计算技术股份有限公司

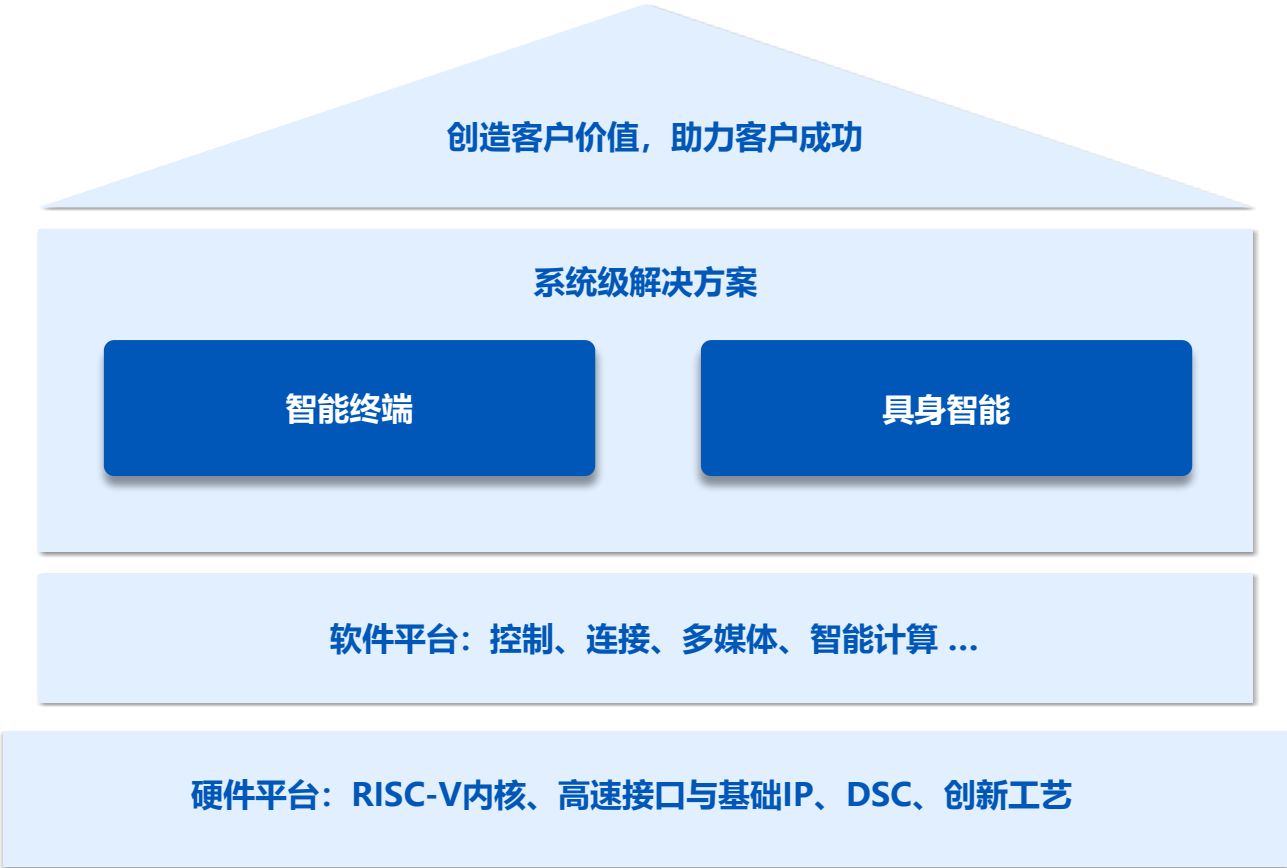
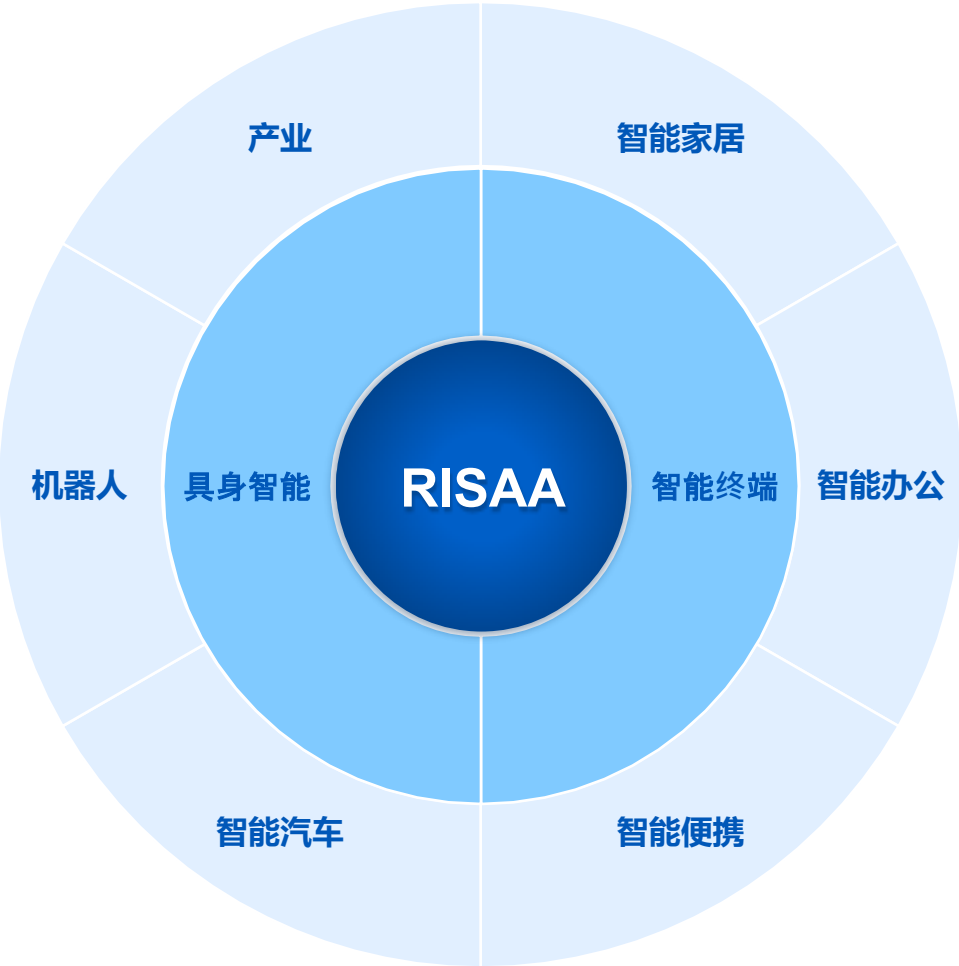


目录

- 奕斯伟计算简介
- 实时核的特性与市场
- 奕斯伟计算实时核系列产品
- 奕斯伟计算实时核认证和功能安全特性

I. 奕斯伟计算简介 - 业务定位

AI时代智能化解决方案提供商



RISAA: 奕斯伟计算RISC-V+AI生态技术平台

I. 奕斯伟计算简介 – RISC-V内核布局



目录

- 奕斯伟计算简介
- 实时核的特性与市场
- 奕斯伟计算实时核系列产品
- 奕斯伟计算实时核认证和功能安全特性

II. 实时核的特性与市场 - 特性

➤ 实时核用于处理需要在严格时间约束内完成**时间关键**(Time-Critical)任务的系统。这类处理器通常需要具备以下关键特性：

- **确定性**：实时核的操作必须具有高度的可预测性。
- **快速中断响应**：为了能够及时响应外部事件，实时核需要拥有快速且有效的中断机制。
- **优先级调度**：支持基于优先级的任务调度是实时核的一个重要特性。
- **专用硬件支持**：包含专门的硬件加速器或协处理器。
- **低延迟**：尽可能减少处理过程中的延迟，特别是指令执行、数据访问等方面的延迟。
- **内存管理**：高效的内存管理系统。
- **操作系统**：需要兼容实时操作系统。
- **多核与虚拟化**：支持并行计算和任务隔离。
- **可靠性**：需要具备一定的容错机制，以及出错后的诊断、上报和恢复能力。

II.实时核的特性与市场 – 市场

➤ 实时核广泛应用于汽车、工业自动化、航空航天、医疗设备、通信等多个领域。随着物联网 (IoT)、5G网络的发展以及智能制造的推进，对能够处理复杂任务且响应时间短的实时核的需求正在增加。

□关键市场驱动因素

| 驱动因素 | 描述 |
|----------------|----------------------------|
| 汽车自动化需求增加 | 自动驾驶与ADAS系统对高性能实时计算提出了更高要求 |
| 工业4.0与智能制造 | 工业控制系统需要低延迟与高可靠性处理器支持 |
| 航空航天和国防领域的投资增加 | 导弹导航、飞控系统、高可靠嵌入式平台持续扩大投资 |
| 5G与网络边缘技术发展 | 边缘服务器对实时处理有显著需求 |
| IoT设备数量激增 | 边缘计算设备普遍使用RTOS + 实时MCU/处理器 |

□实时核主要供应商

| 厂商 | 产品 | 指令集 |
|--------|----------|-------------|
| 某美国企业 | C*****系列 | 自有指令集 + ARM |
| 某荷兰企业 | S***系列 | ARM |
| 某意大利企业 | ST***系列 | ARM |
| 某日本企业 | R*系列 | 自有指令集 + ARM |
| 某德国企业 | AU***系列 | 自有指令集 |

目录

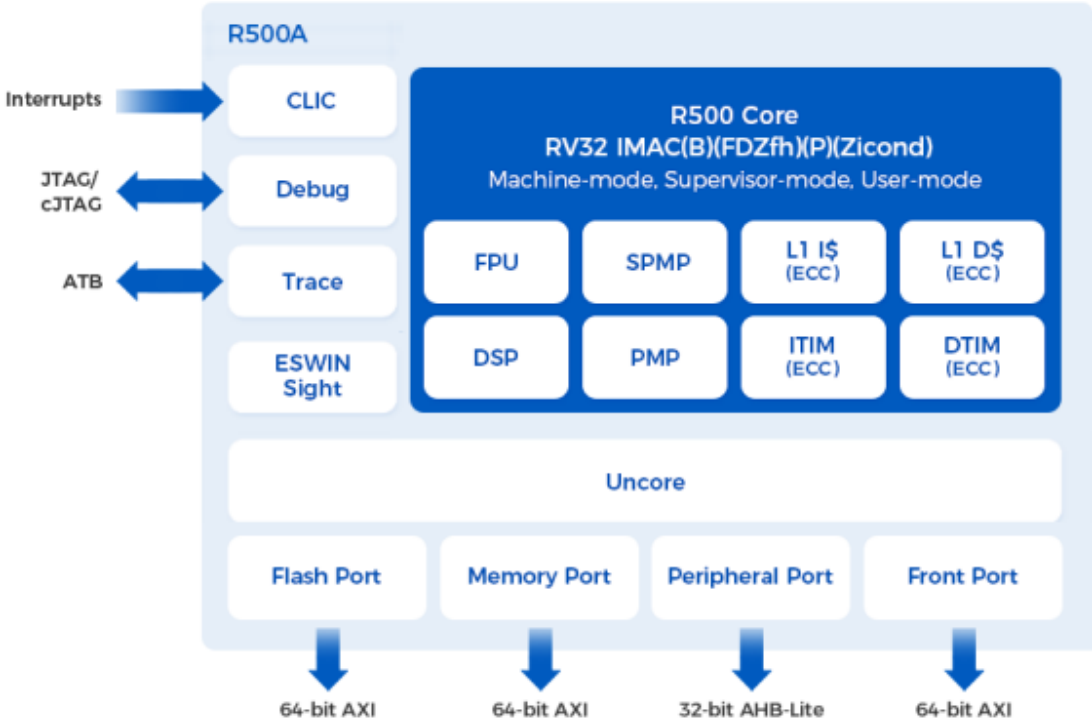
- 奕斯伟计算简介
- 实时核的特性与市场
- 奕斯伟计算实时核系列产品
- 奕斯伟计算实时核认证和功能安全特性

III. 奕斯伟计算实时核系列产品 – 特性

➤ 奕斯伟计算实时核系列产品具备以下关键特性：

- **确定性**：指令具有明确的执行延时。
- **快速中断响应**：长周期指令可被打断和重做。
- **优先级调度**：中断处理单元支持中断嵌套，抢占，咬尾，支持向量中断。
- **专用硬件支持**：支持高性能DSP和FPU。
- **低延迟**：支持哈佛结构的紧耦合存储。
- **内存管理**：采用2路访存单元设计，支持Load/Store pair扩展；提供IO一致性接口。
- **操作系统**：支持主流的FreeRTOS、RT-Thread 和Zephyr。
- **多核与虚拟化**：支持灵活的1~4核架构；支持基于Spmp的软件虚拟化。
- **可靠性**：产品严格按照ISO26262 Part 2, 5, 8, 9, 11进行开发。

III. 奕斯伟计算实时核系列产品 – RISC-V内核 R500A

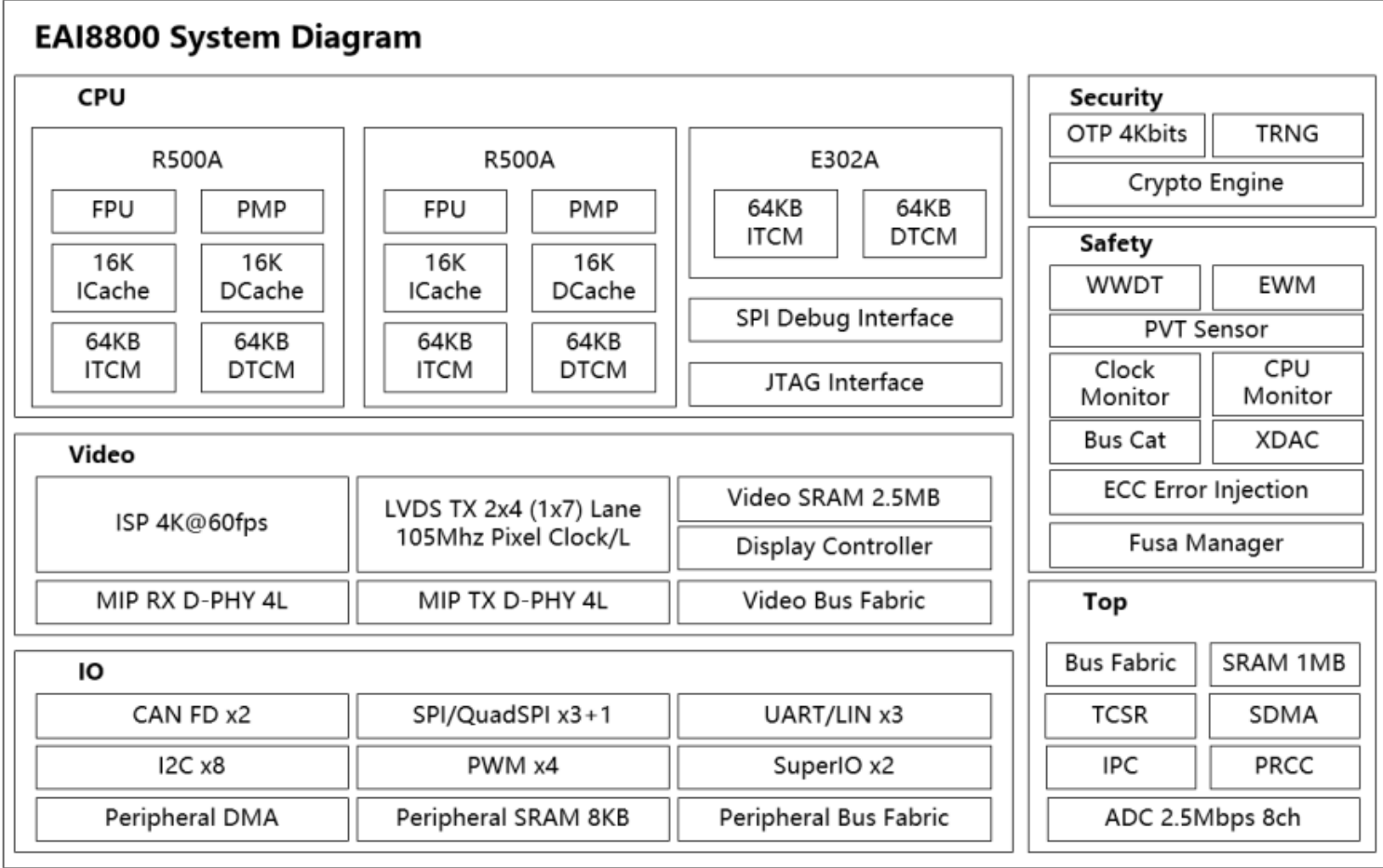


| 特性 | 描述 |
|-----------------------------|--|
| 指令集架构 | RV32 IMAC(B)(FDZfh)(P)_Zicsr_Zifencei_Zicbom_(Zicnd) |
| 特权模式 | 支持Machine-mode、Supervisor-mode、User-mode |
| 安全 | PMP区域最高可达16个，支持可编程PMA检查，支持Spmp SPMP区域最高可达16个 |
| 流水线 | 6级超标量顺序双发射流水线，带分支预测器 (Branch Predictor) |
| 紧耦合存储 | ITIM和DTIM，大小均可配置 (0-16MB)，ECC 可选 |
| L1 指令缓存(L1 I\$) | 大小可配置 (0KB-128KB)，两路组相连32B Cacheline，ECC 可选 |
| L1 数据缓存(L1 D\$) | 大小可配置 (0KB-128KB)，四路组相连32B Cacheline，ECC 可选 |
| 中断 | CLIC 中断控制器，支持高达1008个快速中断 支持可恢复的不可屏蔽中断(NMI) |
| 数字信号处理单元(DSP) | 支持全量的RISC-V RV32P拓展 |
| 浮点运算单元 (FPU) | 支持双精度、单精度，以及RISC-V Zfh半精度浮点拓展 |
| 调试跟踪 | 调试模块 (Debug module) 支持JTAG/cJTAG，支持SBA (System Bus Access Port) 跟踪模块 (Trace module) 支持RISC-V N-Trace |
| 总线接口 | 1. 闪存接口 (Flash Port) : 64位只读AXI主接口 2. 内存接口 (Memory Port) : 64位AXI主接口 3. 外设接口 (Peripheral Port) : 32位AHB-Lite主接口 4. 前置接口 (Front Port) : 64位AXI从接口，用于外部主机访问紧耦合存储，同时可访问L1 D\$实现IO一致性 |
| CoreMark (CoreMarks/MHz) | 5.79 |
| Dhrystone-Legal (DMIPS/MHz) | 2.55 |
| Dhrystone-Best (DMIPS/MHz) | 7.29 |

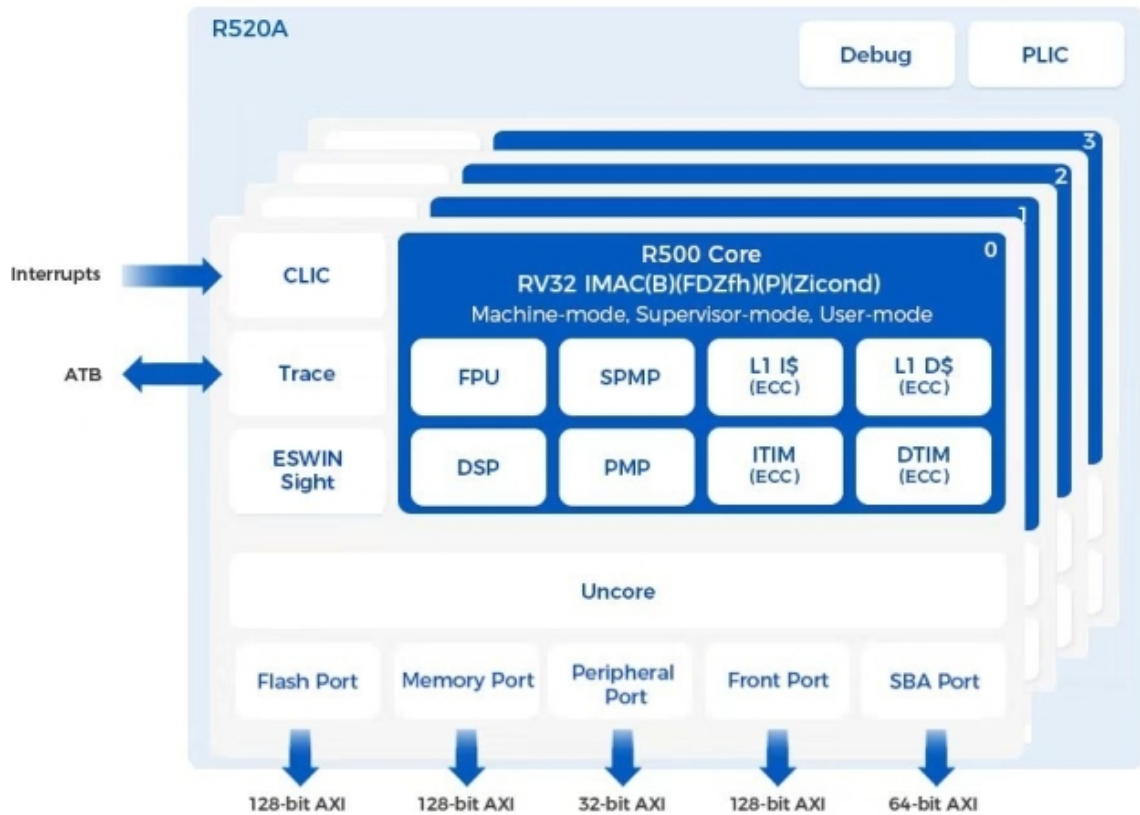
III. 奕斯伟计算实时核系列产品 – R500A应用示例

■ R500A在我司车身控制、显示增强产品中的应用，其具备以下特点

- 替代物理镜极低延迟
- 快速启动
- 低功耗与减少绕线
- 可进行AI扩展部署
- 具备符合CMS功能安全的能力



III. 奕斯伟计算实时核系列产品 – RISC-V内核 R520A

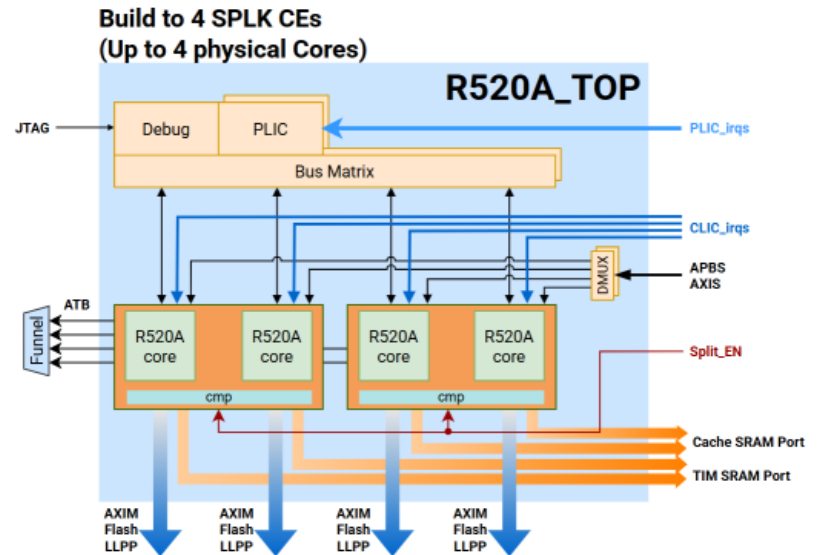
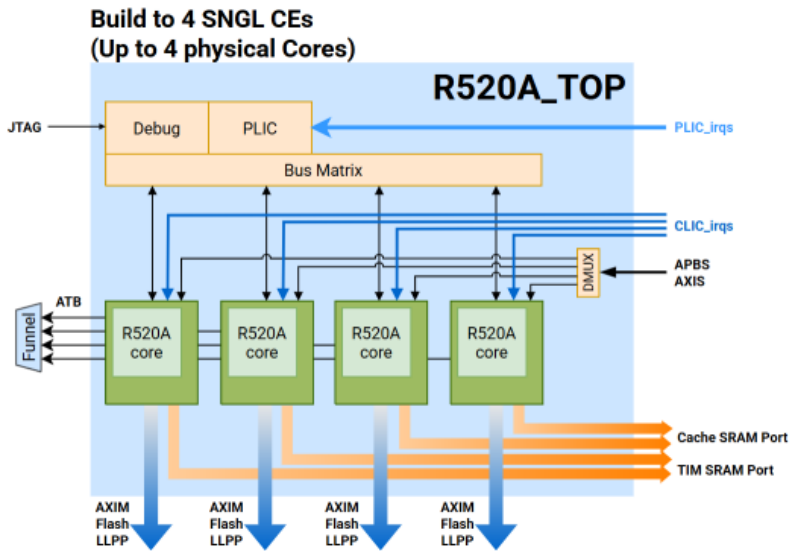
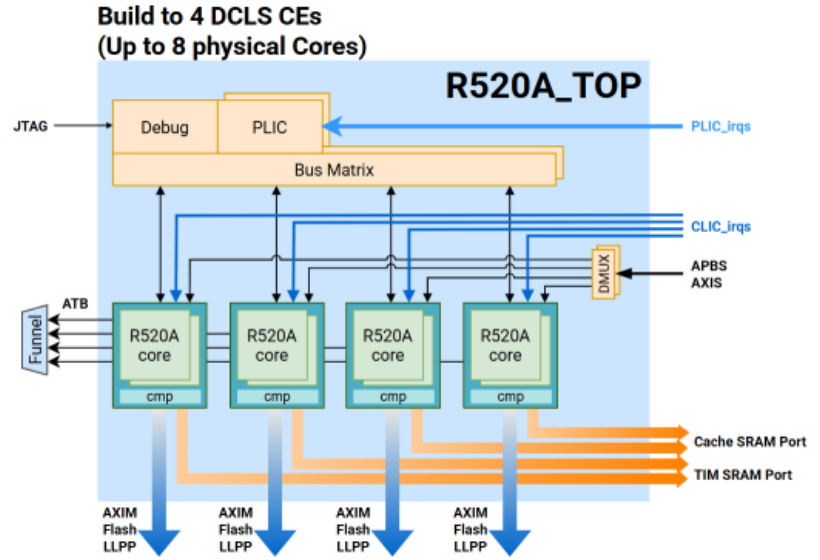


| 特性 | 描述 |
|-----------------|---|
| 指令集架构 | RV32 IMAC(B)(FDZfh)(P)_Zicsr_Zifencei_Zicbom_(Zicond)_Zilsd_Zcb |
| 特权模式 | 支持Machine-mode、Supervisor-mode、User-mode |
| 安全 | PMP区域最高可达16个，支持可编程PMA检查，支持Smp SPMP区域最高可达16个 |
| 流水线 | 6级超标量顺序双发射流水线，带分支预测器 (Branch Predictor) |
| 紧耦合存储 | ITIM和DTIM，大小均可配置 (0-16MB)，ECC 可选 |
| L1 指令缓存(L1 I\$) | 大小可配置 (0KB-128KB)，两路组相连64B Cacheline，ECC 可选 |
| L1 数据缓存(L1 D\$) | 大小可配置 (0KB-128KB)，四路组相连64B Cacheline，ECC 可选 |
| 中断 | CLIC 中断控制器，支持高达1008个快速中断 支持PLIC 中断控制器，至多支持1024个外部中断源 支持可恢复的不可屏蔽中断(NMI) |
| 数字信号处理单元(DSP) | 支持全量的RISC-V RV32P拓展 |
| 浮点运算单元 (FPU) | 支持双精度、单精度，以及RISC-V Zfh半精度浮点拓展 |
| 调试跟踪 | 调试模块 (Debug module) 支持JTAG/cJTAG，支持SBA (System Bus Access Port) 跟踪模块 (Trace module) 支持RISC-V N-Trace |
| 总线接口 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 闪存接口 (Flash Port) : 128位只读AXI主接口 2. 内存接口 (Memory Port) : 128位AXI主接口 3. 外设接口 (Peripheral Port) : 32位AXI主接口 4. 前置接口 (Front Port) : 128位 AXI从接口，用于外部主机访问紧耦合存储 5. Debug SBA接口 (SBA port) : 64位AXI主接口，用于Debug SBA访问外部系统存储 |
| CoreMark/MHz | 5.81 single-core 23.25 quad-core |
| DMIPS/MHz | 2.83 single-core 11.32 quad-core |
| DMIPS/MHz | 7.69 single-core 53.83 quad-core |

III. 奕斯伟计算实时核系列产品 – R520A配置解析

- 为满足客户多样需求，R520A Top提供三种顶层组织结构：SNGL(多核)，SPLK(多split-lock核)，DCLS(多lock-only核)。在三种结构下核心数量可配。

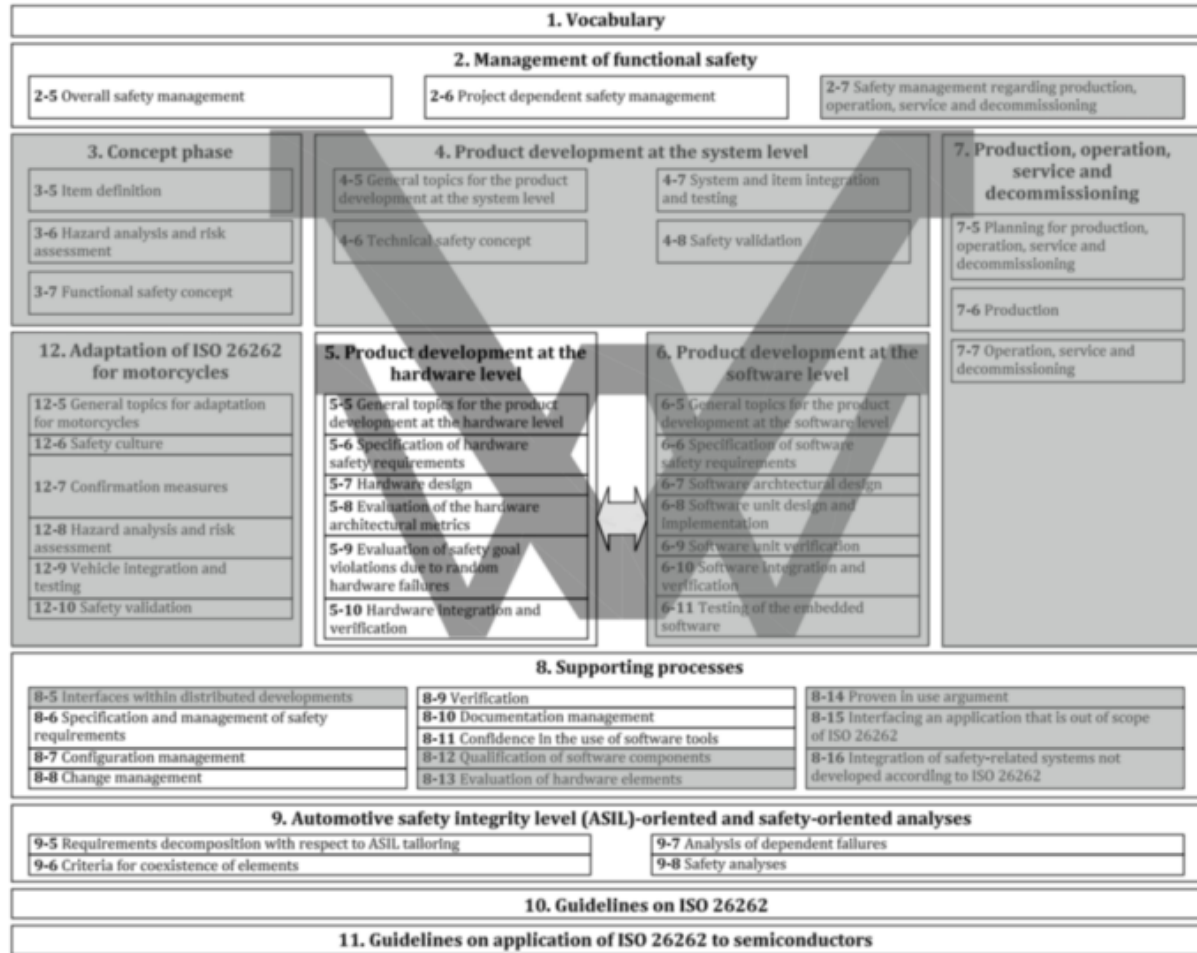
| 组织结构 | 核心数 |
|------|-------------------------|
| SNGL | 1, 2, 3, 4可选 |
| SPLK | 2, 4可选 |
| DCLS | 2, 4, 6, 8可选 (半数核心用于校验) |



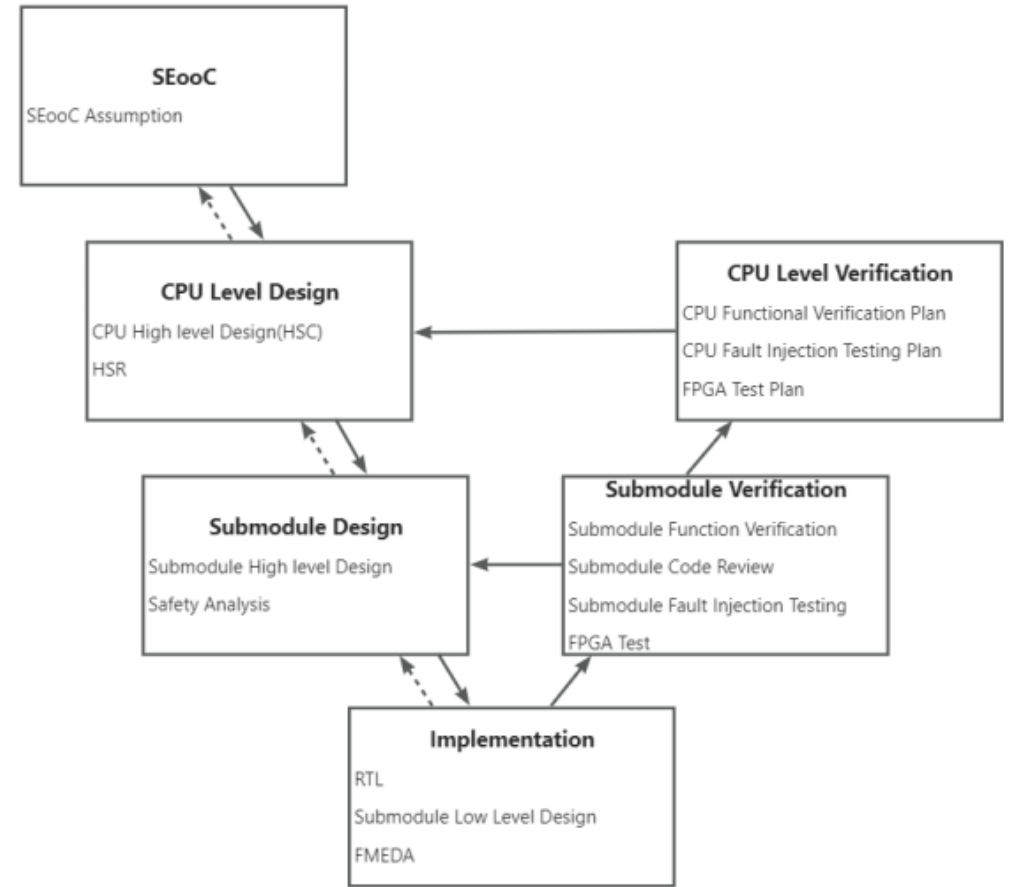
目录

- 奕斯伟计算简介
- 实时核的特性与市场
- 奕斯伟计算实时核系列产品
- 奕斯伟计算实时核认证和功能安全特性

IV. 奕斯伟计算实时核认证和功能安全特性 — ISO 26262中的V模型



ISO26262中的V模型



奕斯伟计算功能安全实时核项目执行的V模型

IV. 奕斯伟计算实时核认证和功能安全特性 — ASIL认证

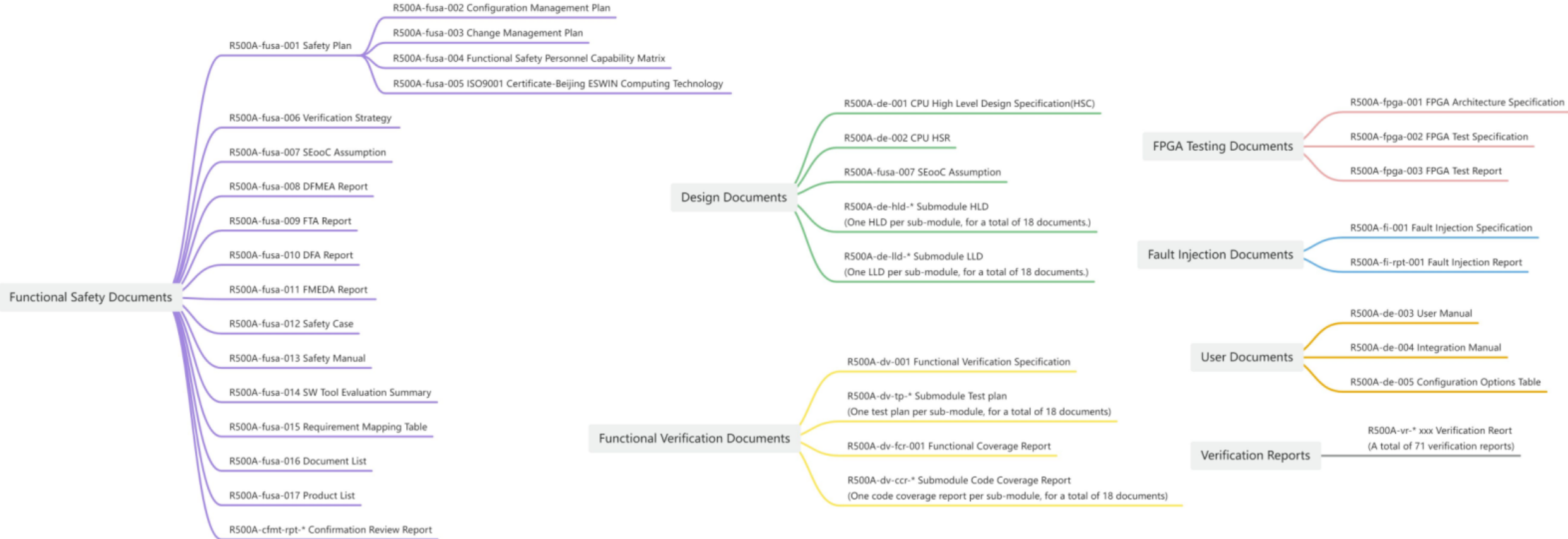
- ISO 26262 是针对道路车辆功能安全的国际标准，涵盖从概念开发到产品退市全生命周期。
- 强调系统在硬件和软件层面的安全保障，适用于ECU、BMS、ADAS等关键模块。
- ASIL（汽车安全完整性等级）分为四个等级：A、B、C、D，其中ASIL-D代表最高的安全要求。ASIL等级的确定基于三个因素：严重性、暴露率和可控性。
- 汽车电子芯片需要支持失效模式分析、冗余设计、错误检测与恢复机制。
- 获得ASIL认证是进入汽车电子领域的门槛和重要竞争力。

IV. 奕斯伟计算实时核认证和功能安全特性 — 功能安全特性

- 对于ISO26262中关于避免系统性故障的需求, R500A和R520A遵守 ASIL-D 等级进行开发。
- 对于ISO26262中关于检测和控制随机硬件失效的需求, R500A符合ASIL-B等级, R520A的符合 ASIL-D 等级。
- **产品内部安全特性包括**
 - Register Parity Check
 - SRAM Protection
 - Bus Interface Protection
 - Isolation between Safety and Non-safety
 - DCLS
 - Fault Injection
- **外部安全特性包括**
 - STL
 - LBIST
 - WWDT
 - SRAM Bit-Interleaving

IV. 奕斯伟计算实时核认证和功能安全特性 — 认证开发文档

➤ 项目共输出了7类，共230多份文档。



IV. 奕斯伟计算实时核认证和功能安全特性 — 认证过程和交付物

- 奕斯伟计算联合TÜV莱茵认证机构，建立了完整流程体系和开发平台。
- 奕斯伟为客户提供完整的Safety Package。
- R500A项目周期14个月，2025年5月获得产品认证，成为全球首个通过德国莱茵TÜV ASIL-B 功能安全认证的RISC-V 内核。
- R520A计划于2025年Q4取得ASIL-D证书。

IV. 奕斯伟计算实时核认证和功能安全特性 — 认证证书

Certificate



No.: 968/FSP 2901.00/25

| | | | |
|------------------------------|--|--------------------------------------|---|
| Product tested | Soft Intellectual Property (IP) RISC-V processor | Certificate holder | Beijing ESWIN Computing Technology Co., Ltd. Room 101, 1st Floor, Building 3, No.18, Kechuang 10th Street, BDA (Beijing Economic Technological Development Area), Beijing City, P.R China |
| Type designation | R500A For details see actual "Revision List" | | |
| Codes and standards | ISO 26262-2:2018 ISO 26262-5:2018 | ISO 26262-8:2018 ISO 26262-9:2018 | |
| Intended application | The soft Intellectual Property (IP) RISC-V processor R500A, developed as a Safety Element out of Context (SEoC), complies with the applicable requirements of ISO 26262 for ASIL D regarding the avoidance of systematic faults and for ASIL B regarding the detection and control of random faults. It can be used in safety-related applications up to ASIL D. In addition to the above listed standards ISO 26262-10 and ISO 26262-11 were used to support the evaluation. | | |
| Specific requirements | The integrator/user is obliged to validate the assumptions and constraints defined by the manufacturer, under consideration of the instructions of safety manual, user manual and integration manual. | | |
| Valid until | 2030-05-20 | | |

The issue of this certificate is based upon an evaluation in accordance with the Certification Program CERT FSP2 V3.0:2020 in its actual version, whose results are documented in Report No. 968/FSP 2901.00/25 dated 2025-05-09. This certificate is valid only for products, which are identical with the product tested. Issued by the certification body accredited by DAkkS according to DIN EN ISO/IEC 17065. The accreditation is only valid for the scope listed in the annex to the accreditation certificate D-ZE-11052-02-00.

TÜV Rheinland Industrie Service GmbH
Bereich Automation
Funktionale Sicherheit
Am Grauen Stein, 51105 Köln
Köln, 2025-05-20




Dipl.-Ing. (FH) Stefan Göl

TÜV Rheinland Industrie Service GmbH, Am Grauen Stein, 51105 Köln | Germany
Tel.: +49 221 896-1700, Fax: +49 221 896-1005, E-Mail: industrie-service@tuv.com

www.fs-products.com
www.tuv.com




Certificate



Functional Safety Management

FS Management (TÜV Rheinland)
ISO 26262 - Road vehicles - Functional safety
A-FSM 177

| | |
|---|---|
| Certificate No. | 968/A-FSM 177.01/23 |
| Certified Company & Location | Beijing ESWIN Computing Technology Co., Ltd. Room 101, 1st Floor, Building 3, No.18, Kechuang 10th Street, BDA (Beijing Economic Technological Development Area), Beijing City, P.R China |
| Scope of Certification | ISO 26262-2:2018 (in extracts) Management of functional safety ISO 26262-4:2018 (in extracts) Product development at the system level ISO 26262-5:2018 Product development at the hardware level ISO 26262-8:2018 (in extracts) Supporting processes ISO 26262-9:2018 ASIL-oriented and safety-oriented analyses In addition, the informative Part 11: Guidelines on application of ISO 26262 to semiconductors was taken into account for appropriate judgement of compliance with ISO 26262-5. The Certified Company has successfully demonstrated during an audit process that a Functional Safety Management System has been established. Maturity Level: Managed Purpose of the audit is to obtain evidence of compliance with the organizational requirements related to the following aspects, Management of Functional Safety, Documentation and Safety Lifecycle Phases according to the Scope of Certification up to and including Automotive Safety Integrity Level ASIL D . This covers integrated circuit development at System and Hardware Levels of ISO 26262. ISO 26262 Parts 2-7, 4-8, 8-12, 8-14, 8-15 and 8-16 are excluded from this certification. As part of the audit process organizational and informational exchange / supply related to other respective Safety Lifecycle Phases between the Certified Company and its customer is considered. This FSM Certification only refers to the listed company location and their involved departments, which comply with the organizational FSM requirements for the listed Scope of Certification. It does not replace any kind of product specific Confirmation Measures including product specific audits or assessments. This certificate is valid until 2024-09-28 |
| Validity | This certificate is valid until 2024-09-28 |
| Cologne, 2023-11-03 |  Dipl.-Ing. (FH) Wolf Rückwart |

TÜV Rheinland Industrie Service GmbH
Bereich Automation
Funktionale Sicherheit
Am Grauen Stein, 51105 Köln

TÜV Rheinland Industrie Service GmbH, Am Grauen Stein, 51105 Köln | Germany
Tel.: +49 221 896-1700, Fax: +49 221 896-1005, E-Mail: industrie-service@tuv.com

Certification Body Safety & Security for Automation & Grid
Further information referring to the scope of certification, see <http://www.tuv.com>. The issue of this certificate is based upon an evaluation in accordance with the Certification Program CERT A-FSM V2.0:2020 in its actual version, whose results are documented in Report No. 968/A-FSM 177.01/23 dated 2023-10-13. Issued by the certification body accredited by DAkkS according to DIN EN ISO/IEC 17065. The accreditation is only valid for the scope listed in the annex to the accreditation certificate D-ZE-11052-02-01.

www.fs-products.com
www.tuv.com



Thanks

北京奕斯伟计算技术股份有限公司
BEIJING ESWIN COMPUTING TECHNOLOGY CO., LTD.

www.eswincomputing.com



奕斯伟计算官方公众号

