



Krunal Bhargav, Neelima Muralidharan, Tarkesh Pande

摘要

AM62x Sitara 处理器是 TI 的入门级汽车级处理器，面向安全关键型汽车应用，例如驾驶员监控系统 and 入门级数字仪表盘。本应用手册介绍了 AM62x 中的重要 IP 功能如何能够实现入门级数字仪表盘概念。

内容

1 引言.....	2
2 图形性能.....	4
3 DSS 特性.....	6
4 功能安全与汽车仪表盘信号灯应用的相关性.....	7
5 TI Sitara™ AM62x 处理器的安全特性.....	8
6 信号灯的应用特定任务分区和安全概念.....	9
6.1 共因故障.....	10
7 TI 的功能安全产品.....	10
8 总结.....	11
9 参考文献.....	11

插图清单

图 1-1. 仪表盘设计方框图.....	2
图 2-1. 代表性 GPU 渲染.....	4
图 2-2. PVRTune 的资源利用率.....	5
图 3-1. DSS 概述.....	6
图 5-1. AM62x 上的安全概念.....	8
图 6-1. 基于硬件的信号灯呈现.....	9
图 6-2. 基于软件的信号灯呈现.....	10

表格清单

表 2-1. GPU 用于渲染仪表盘输出的图像分辨率大小.....	4
表 2-2. KPA 快速仪表盘测试性能.....	5
表 3-1. OLDI 支持的模式.....	7
表 3-2. DSS 硬件中的安全功能.....	7
表 4-1. 所需的 ASIL 性能目标.....	7

商标

AXE-1-16M™ is a trademark of Imagination Technologies Limited.

Sitara™ is a trademark of Texas Instruments.

ARM® is a registered trademark of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere.

I2C® is a registered trademark of Nexperia Limited.

Linux® is a registered trademark of Linus Torvalds in the U.S. and other countries.

QNX® is a registered trademark of QNX Software Systems Limited.

INTEGRITY® is a registered trademark of Green Hills Software, LLC.

OpenGL® ES® is a registered trademark of Hewlett Packard Enterprise and the OpenGL® ES logo is used by permission by Khronos.

OpenGL® is a registered trademark of Hewlett Packard Enterprise in the United States and or other countries worldwide.

Kanzi® and Rightware® are registered trademarks of Rightware Oy.

Altia® is a registered trademark of Altia Inc.

Cortex® is a registered trademark of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere. .

AUTOSAR® is a registered trademark of AUTOSAR GbR.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

数字仪表盘是一种数字仪表盘，通过一组传统的表盘和警告灯显示重要车辆信息，例如速度、发动机转速、燃油表状态，以及其他车辆诊断信息。汽车行业需要通过改进的图形显示更多功能，同时满足关键安全要求，这就加速了从模拟计量仪表和测量仪表到全数字化仪表盘组技术的发展。AM62x 处理器系列在设计时考虑了入门级数字仪表盘组要求。

AM62x 处理器是异构处理器架构，由用于不同任务的不同计算内核组成，从而能够实现高效的低功耗计算。主应用处理器由多达四路 A-53 ARM® 处理器和一个强大的 3D 图形引擎组成。有一个带有 M4F MCU 通道的集成式安全岛，可以独立于主处理内核运行，旨在满足 ASIL-B 汽车功能安全要求。AM62x 还符合 SHE 1.1 和 EVITA 标准。汽车级安全性通过硬件安全管理器 (HSM) 模块实现，该模块由双 M4F 内核组成。

本应用手册从系统层面概述了如何在 AM62x 上实现入门级仪表盘组设计。通过先进的嵌入式技术，汽车制造商能够利用新的硬件和软件功能，为消费者提供增强且安全的驾驶体验。随着汽车安全标准和法规越来越重要，为任何汽车应用提供安全设计变得势在必行。这些安全设计可以包括使用信号灯，这些信号灯是数字仪表盘组上的警示灯或指示灯，对车辆的安全至关重要。仪表盘组上显示的信号灯的准确性和及时性对于安全性至关重要。

由于仪表盘组设计涉及显示数字显示器，因此本应用手册首先介绍由 GPU 和显示子系统组成的显示流水线。介绍显示流水线后，将以软件仪表盘组信号灯应用为例，讨论 AM62x 如何提供所有必要的安全功能，以满足 ISO 26262 标准的 ASIL-B 要求。

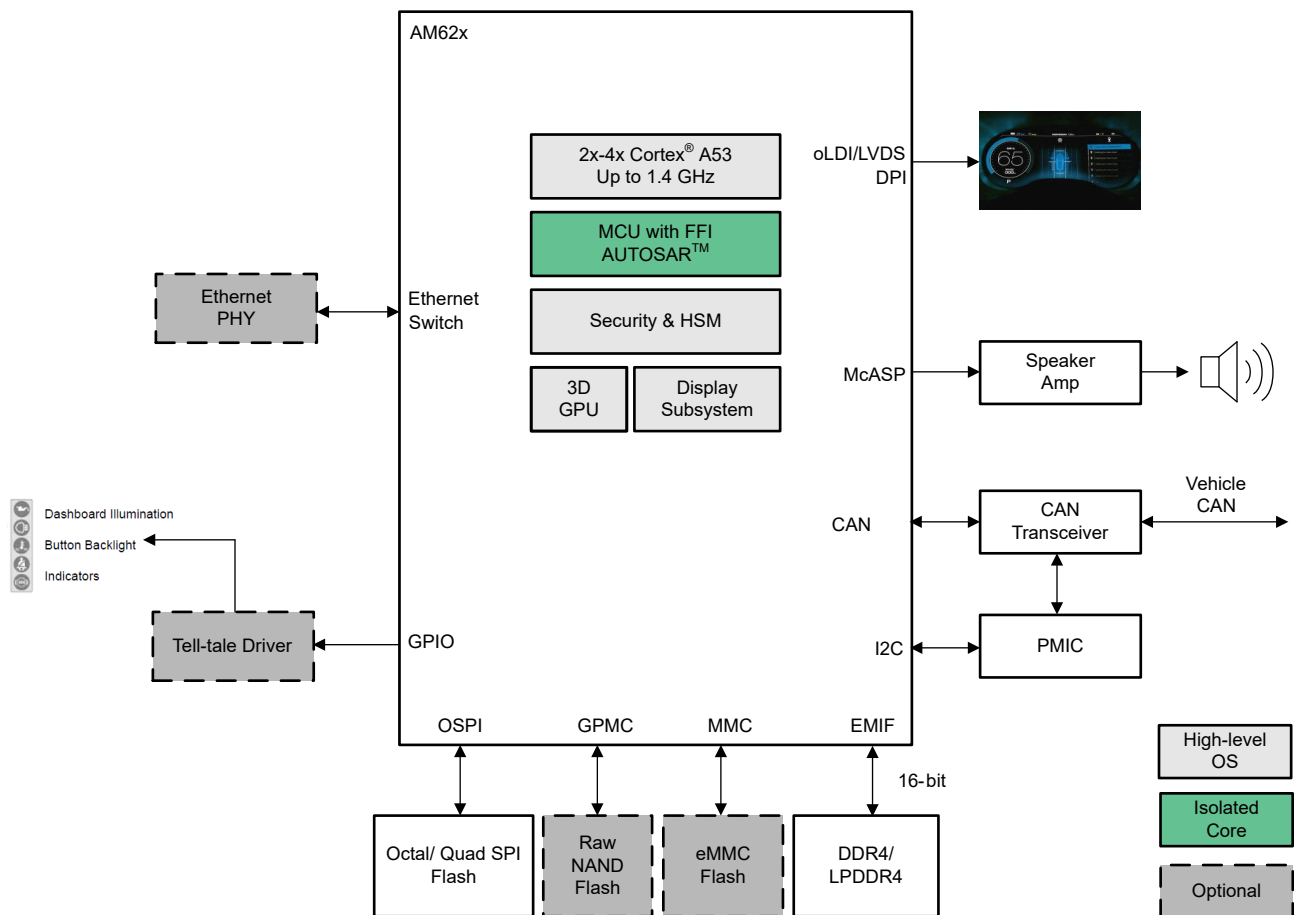


图 1-1. 仪表盘组设计方框图

图 1-1 展示了基于 TI AM62x 处理器的数字仪表组设计的高级系统方框图。在典型应用中，处理器运行高级操作系统，例如 Linux®、QNX® 或 INTEGRITY®，并管理所有系统组件。

除应用处理器外，方框图中还包含许多其他系统组件，例如：

- 与 2 × OLDI (4 个通道) 配对以驱动 LCD 面板的显示子系统。
- 存储引导映像的闪存和文件系统。
- MCU，用于管理输入和输出、整个系统唤醒，可能还有控制器局域网 (CAN) 堆栈。
- 摄像头输入，以提供来自驾驶员监控摄像头的输入。在系统设计需要支持入门级驾驶员监控和仪表组应用的情况下，此输入非常有用。
- 用于 3D 渲染的图形处理单元 (GPU)。

2 图形性能

在标准的数字仪表盘应用中，车辆内部的屏幕显示各种信息，例如速度、轮胎每分钟转数、燃油百分比、轮胎压力、发动机故障、行程信息等。目的是让现代图形在车辆内运行，并显示各种系统关键信息。为了运行如此丰富的图形内容，图形性能是数字仪表盘系统最关键的标准之一。

AM62x 包含来自 Imagination Technologies 的 3D GPU 内核 AXE-1-16M™。3D GPU 内核能够在车辆显示屏内绘制引人注目的图形。图 2-1 说明了如何在典型数字仪表盘应用中使用 GPU。存储器中存储了各种仪表、指针和背景图像。GPU 必须从存储器中读取各种图像，并将所有图像组合起来以显示有关车辆的关键统计数据。在图 2-1 中，使用 GPU 显示仪表盘仪表板。

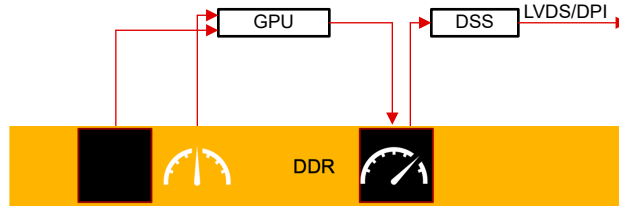


图 2-1. 代表性 GPU 渲染

在图 2-1 所示的用例中，GPU 用于执行以下操作：

1. 读取左右表盘的多个图像。
2. 读取左右指针的多个图像。
3. 根据输出分辨率缩放图像。
4. 根据车辆加速或减速旋转或变换指针。
5. 将所有组成部分合成为最终图像。

GPU 将最终图像写入存储器后，显示控制器就会读取图像，并将图像发送到连接到处理器的屏幕上。在 AM62x 上实现了此用例，表 2-1 中提供了图像摘要。

表 2-1. GPU 用于渲染仪表盘输出的图像分辨率大小

输入或输出	分辨率 (宽 × 高)	像素格式
标准测量仪表 PNG	609 × 520	ARGB8888
标准指针 PNG	682 × 683	
显示帧缓冲区	1920 × 1080	

根据表 2-1 中的分辨率，仅利用了 GPU 计算能力的 16%，并且 GPU 能够以 60FPS 进行绘制。许多仪表盘应用对以 60FPS 更新指针和表盘有严格要求。AM62x 处理器可实现所需的性能。

表 2-1 中的性能数据是使用 Imagination Technologies 的 PVRTune 工具测得的。PVRTune 工具对于在使用 GPU 时捕获所有必要的 GPU 统计信息非常有用。图 2-2 展示了 AM62x 仪表盘示例的 PVRTune 数据。

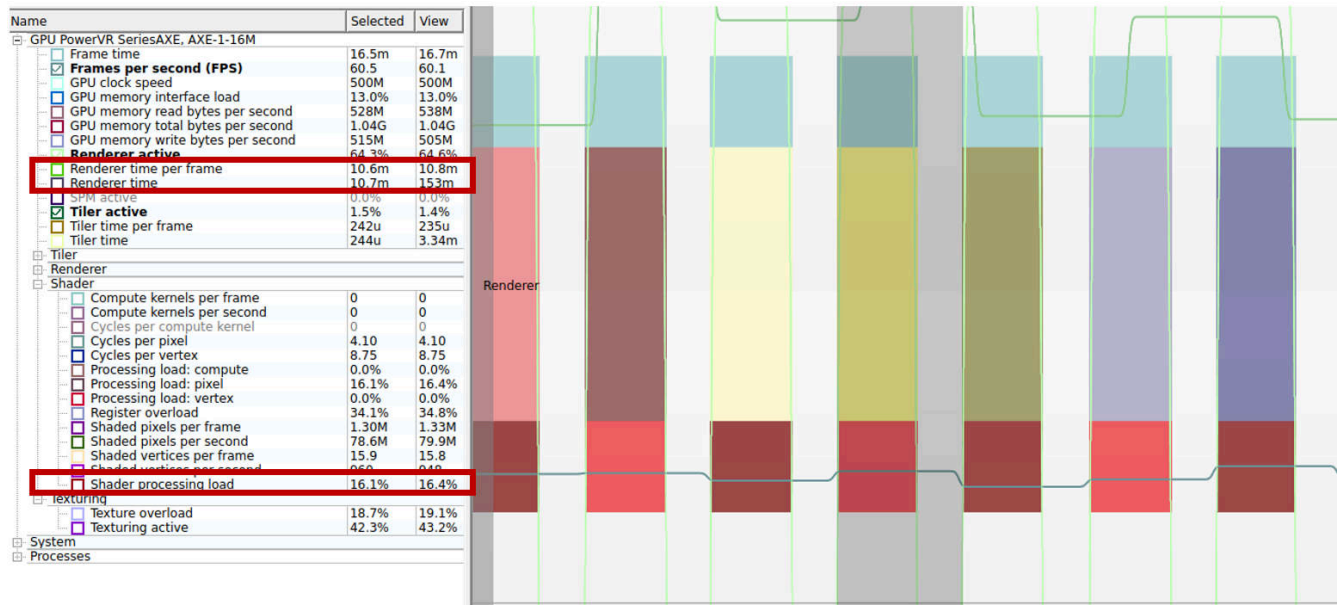


图 2-2. PVRTune 的资源利用率

图 2-2 的左侧显示了各种计数器。这些计数器测量 FPS、GPU 时钟速度、每帧消耗的总存储器带宽、使用的着色器内核等信息。在捕获的统计数据中，每帧的 GPU 渲染时间为 10.6 毫秒，着色器处理负载为 16.1%。根据负载百分比，GPU 仍有裕度可用于渲染其他 3D 场景，例如导航或媒体播放器。在大多数情况下，设计人员更喜欢选择具有更高处理能力的 GPU，但根据用例或最终应用，甚至不需要这种处理能力。总之，与其他处理器相比，AM62x 处理器的 GFLOPS 较低，但具有足够的计算能力来驱动数字仪表盘应用。

除了运行自定义 OpenGL® ES® 测试外，还在 AM62x 平台上运行 Kanzi® 性能分析仪 (KPA)。KPA 由 Rightware® 设计，设计 KPA 的目的是基于汽车用例运行一组要求苛刻的测试。运行测试后，KPA 会针对给定平台输出富有洞察力的报告和分析。该报告会生成一个分数，各原始设备制造商 (OEM) 和一级供应商可以使用该分数来比较 SoC 的性能。表 2-2 中提供了快速仪表盘 KPA 测试的 AM62x 分数。除了 KPA 之外，Alti® 还设计了一个更真实的数字仪表盘演示，该演示在 AM62x 上运行，GPU 以 60FPS 渲染 3D 内容。

表 2-2. KPA 快速仪表盘测试性能

测试	分辨率 (宽 × 高)	分数
快速仪表盘	1920 × 1080	244

3 DSS 特性

除了 GPU 之外，AM62x SoC 还具有显示子系统 (DSS)。图 3-1 展示了 DSS 的概况。

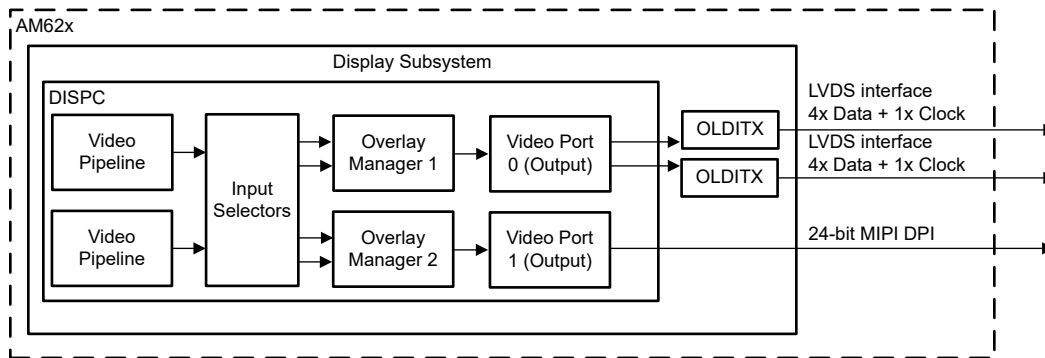


图 3-1. DSS 概述

DSS 的主要特性包括：

1. 视频流水线和视频精简版流水线：
 - a. 两个独立的输入流水线
 - b. 支持多种 RGB 和 YUV 输入格式
 - c. 从 YUV 到 RGB 的色彩空间转换
 - d. 放大和缩小 (视频精简版流水线不支持缩放)
2. 覆盖管理器 1 和 2：
 - a. 能够执行两个输入流水线的组合
 - b. 支持 α 混合
3. 视频端口 0 和 1：
 - a. 支持伽马校正、颜色空间旋转和 RGB 或 YUV 输出
4. 双显示器支持并能够以 60 FPS 驱动 1920 × 1200 显示器。
 - a. 显示器 1：OLDITX 可以支持本机双链路 LVDS 面板，表 3-1 总结了可以与 DSS 连接的各种模式面板
 - b. 显示器 2：原生 RGB24 或基于 DPI 的 TDT 面板

表 3-1. OLDI 支持的模式

模式数量	LVDS 链路模式	Link 1 (4 个数据+ 1 个时钟)	Link 2 (4 个数据+ 1 个时钟)	说明	支持
1	单链路模式 - 单个流	165MHz, wuxga (60FPS 时为 1920 × 1200)	未使用	一个视频流	是
2	单链路模式 - 单个流	未使用	165MHz, wuxga (60FPS 时为 1920 × 1200)	一个视频流	有
3	单链路模式 - 两个流 (重复)	165MHz, wuxga (60FPS 时为 1920 × 1200)	165MHz, wuxga (60FPS 时为 1920 × 1200)	一个流在两个链接中重复	是
4	双链路模式	85MHz, wuxga (60FPS 时为 1920 × 1200)		通过两个链路传输一个视频流	是
		奇数像素	偶数像素		
5	单链路模式 - 两个流 (不同)	165MHz, wuxga (60FPS 时为 1920 × 1200)	165MHz, wuxga (60FPS 时为 1920 × 1200)	两个独立的视频流	否

对于安全关键系统应用，DSS 在硬件中支持表 3-2 中所示的安全功能。

表 3-2. DSS 硬件中的安全功能

功能	说明
数据正确性检查	验证预期数据是否正确显示在显示屏上。
冻结帧检测	当显示帧在多个帧周期内没有变化时，提供可能出现帧冻结的通知。

这些功能是通过从每个流水线输出帧和最终显示输出帧内的用户定义区域收集签名，并将这些签名与用户 (软件) 提供的参考签名和/或之前保存的签名进行比较来实现的。每个区域的签名是使用多输入签名寄存器 (MISR) 模块生成的。32 位 MISR 模块为关注区域 (ROI) 内的所有像素数据生成唯一签名。

4 功能安全与汽车仪表组信号灯应用的相关性

汽车制造商使用数字仪表组通过音频或视觉警报来显示重要安全信息。为了将应用的安全关键性与特定的 ASIL 安全完整性级别联系起来，按照 ISO 26262 标准，OEM 必须执行 HARA (危害分析和风险评估)，对导致系统危害的各种故障和相关风险进行分析。执行此分析和评估可以帮助您了解与应用相关的安全目标。仪表组信号灯考虑的安全目标旨在避免由于意外激活信号灯、显示错误信号灯，或需要显示信息时缺少信号灯通知而导致的不合理风险。根据危险的严重程度、暴露程度和可控性，仪表组信号灯应用通常遵循 ISO 26262 标准，以 ASIL-B 安全完整性水平为目标，如表 4-1 中所示。

表 4-1. 所需的 ASIL 性能目标

标准	ASIL	PMHF	SPFM	LFM
ISO 26262	A	< 1000FIT	不适用	不适用
	B	< 100FIT	≥ 90%	≥ 60%
	C	< 100FIT	≥ 97%	≥ 80%
	D	< 10FIT	≥ 99%	≥ 90%

5 TI Sitara™ AM62x 处理器的安全特性

为了面向 ASIL-B 汽车应用，AM62x 提供了多种片上诊断功能，包括无干扰功能。图 5-1 展示了器件上的各种安全功能。有关器件安全功能和诊断、系统安全开发流程，以及软件诊断机制建议的更多详细信息，请参阅器件安全手册。

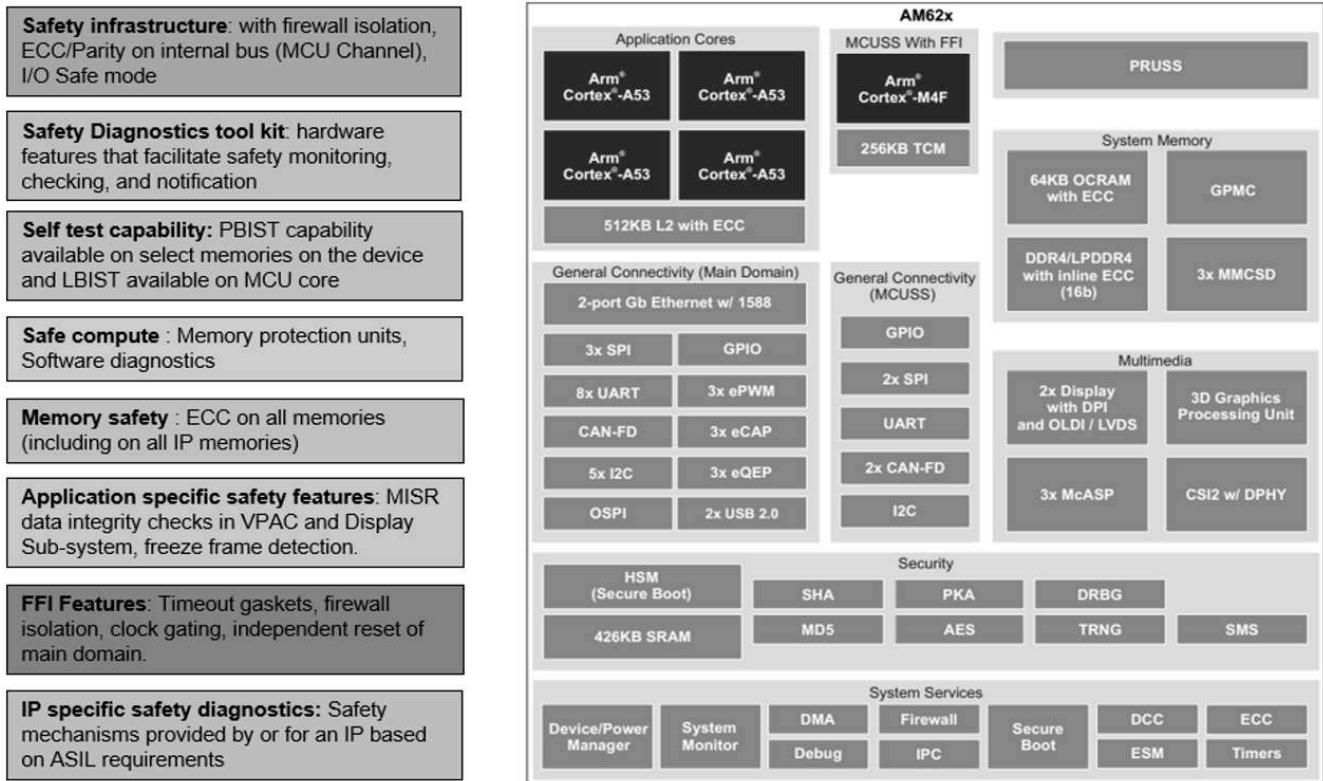


图 5-1. AM62x 上的安全概念

备注

使用 AM62x 时的使用假设

AM62x 是根据 ISO 26262-10 作为独立安全元素开发的。因此，需要使用假设 (AoU) 来对外部组件（例如外部电源、电压监控器件），以及系统集成商的责任提出要求。器件安全手册中提供了所有 AoU 的完整列表。

6 信号灯的应用特定任务分区和安全概念

信号灯是数字仪表盘上的警示灯或指示灯，对于车辆的安全至关重要。信号灯可用于传达不同类型的信息，从故障（例如油位低、发动机温度高和轮胎压力低）到制动灯和转向信号等信息。由于信号灯对安全至关重要，因此 AM62x 支持信号灯显示的主要方法有两种：基于硬件或基于软件。

AM62x 中支持信号灯显示的基于硬件的方法使用安全岛 Cortex® M4F 直接运行硬件信号灯标志驱动程序。图 6-1 展示了这种基于硬件的信号灯显示方法。

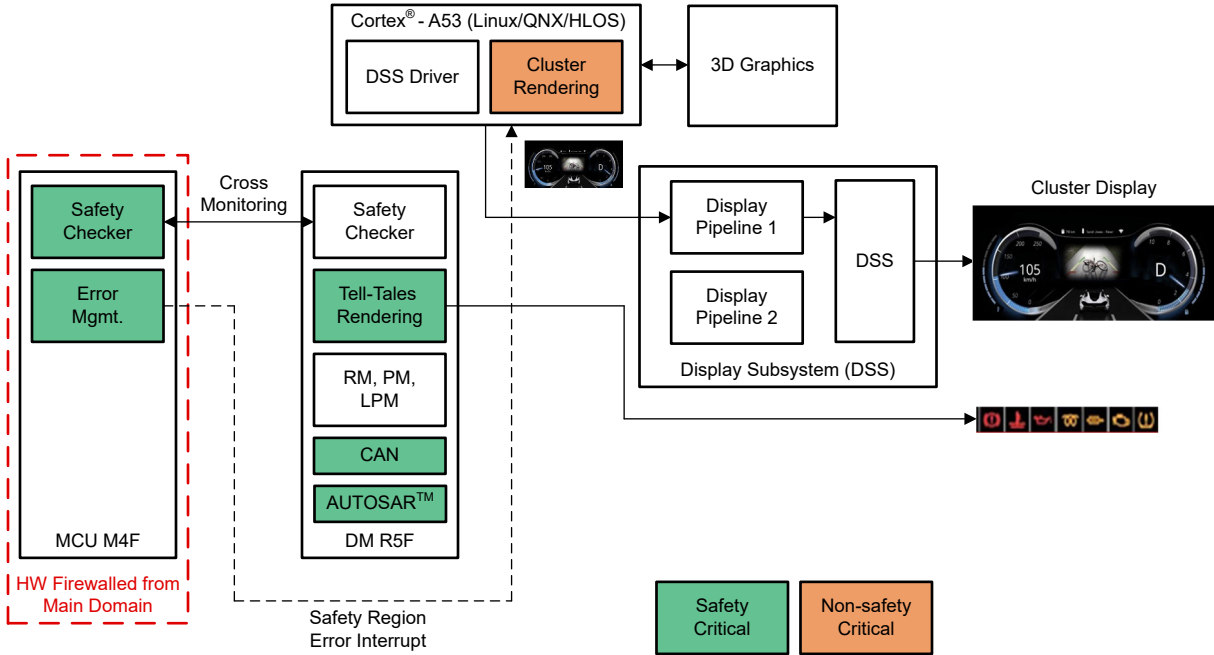


图 6-1. 基于硬件的信号灯呈现

基于软件的方法是在软件中支持信号灯，并将信号灯直接覆盖在主仪表盘显示屏上。图 6-2 展示了软件信号灯仪表盘应用中各种功能的高级分区（无 GPU 渲染）。

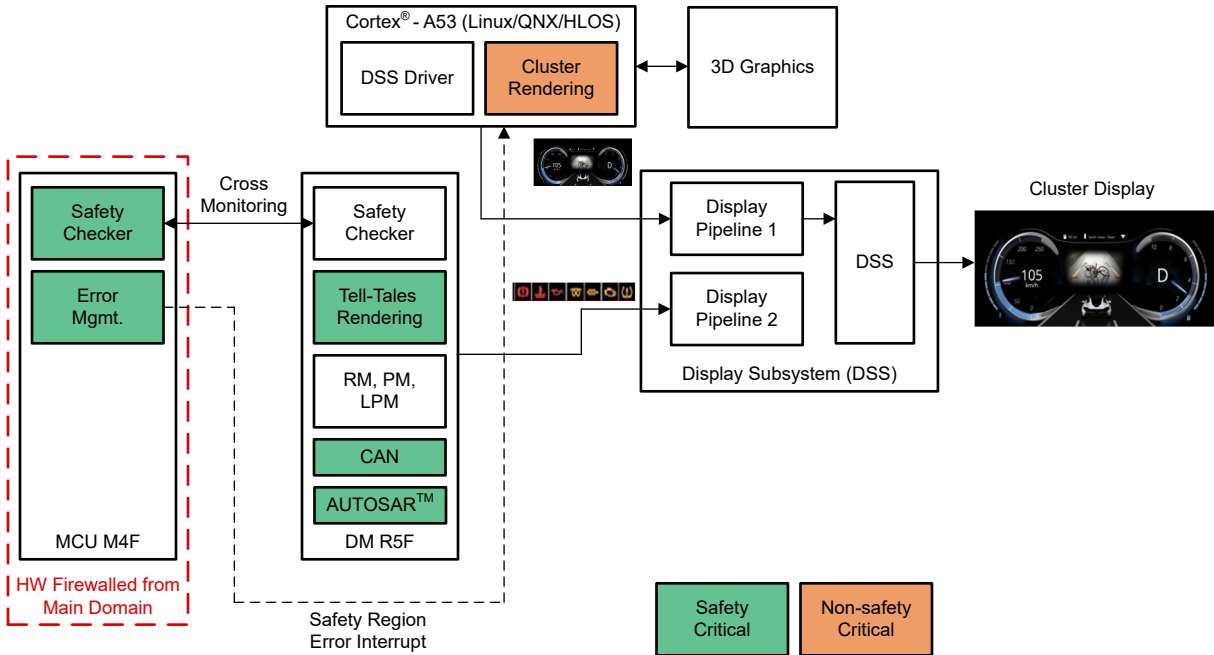


图 6-2. 基于软件的信号灯呈现

器件管理器 (DM) R5F 与显示子系统 (DSS) 驱动程序一起执行信号灯呈现，该驱动程序将数据呈现到 DSS 中的独立显示流水线。主显示仪表盘数据由 A53 内核通过另一个 DSS 流水线呈现。DM R5 还执行 AUTOSAR® 和 CAN 堆栈。

MCU 域具有来自器件其余部分的防止干扰 (FFI) 功能，可对 DM R5F 加载的信号灯参考签名执行安全交叉监控。MCU M4F 检查 R5 是否正确将 MISR 参考签名加载到 DSS 中。其他检查包括 MISR 参考签名和计算 MISR 比较。必须对 M4F 内核和 DM R5 内核进行程序序列监控，以保护安全内核执行免受随机故障的影响。

针对数据流中每个 IP 的软件诊断和硬件诊断，在所需的容错时间间隔 (FTTI) 内提供故障检测和报告。事件或中断方面的故障指示被路由到器件上的错误信号监视器 (ESM)，该监视器为安全内核提供可配置的低优先级和高优先级中断。然后，MCU M4F 上运行的软件可以根据这些中断采取必要的操作。ESM 的另一个功能是安全错误信号，该信号被路由到器件的错误引脚。外部监控器件可以使用该错误引脚来检测 AM62x 是否处于无响应状态，以及是否需要干预以使系统进入安全状态。例如，重置 AM62x 器件或禁用下游执行器。

将 MCU 域与主域隔离的 FFI 功能有助于限制对 MCU 域的访问，并在器件上执行不同安全完整性的功能。混合关键性还可以通过使用防火墙进一步扩展到主域。

6.1 共因故障

AM62x 的 MCU 域和主域使用公共电源和公共时钟供电。主域可以独立于 MCU 域进行复位。MCU 域复位会导致整个器件复位。有多种片上诊断功能可帮助检测时钟、电源和复位的共因故障。双时钟比较器、片上振荡器时钟检测、内部电源正常 (POK) 监视器、温度监视器，以及热传感器都是此类诊断的示例。该安全概念还依赖于外部监控，例如用于检测器件上共因故障的窗口式看门狗。

7 TI 的功能安全产品

AM62x 的目标是通过 ASIL-B 和 SIL-2 随机故障能力或 ASIL-D 和 SIL-3 系统能力完成安全认证。可根据 NDA 提供安全手册、FMEDA 和安全分析报告。SDL (软件诊断库) 作为 TI SDK 的一部分提供，用于在器件上配置和使用硬件诊断 IP。

8 总结

本应用手册介绍了如何在 AM62x 处理器上实现入门级仪表组。AM62 中支持此应用的三个主要功能是优化的 GPU 和相应的显示子系统，对功能安全特性的支持，以及用于运行 Linux® 和 QNX® 等 HLOS 的 ARM® 内核。

9 参考文献

- 德州仪器 (TI), [借助 AM62x 处理器实现低功耗嵌入式系统](#), 技术文章
- Altia, [适用于德州仪器 \(TI\) AM62x Sitara™ 的 Altia 代码生成解决方案](#), 网站
- Rightware, [Rightware 发布 Kanzi 性能分析仪](#), 博客

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司