参考文献

Application Note

AVB 入门

Drew Miller

摘要

音频视频桥接 (AVB) 技术可与以太网配合使用，以实现音频数据的通信和同步播放。此外，TI PHY 还提供了一些特性，可在实现 AVB 时降低系统复杂性。

内容

1 简介.....2
1.1 架构比较.....2
2 AVB 拓扑.....4
2.1 TSN 的作用.....4
2.2 通话器的作用.....4
2.3 监听器的作用.....4
3 AVTP 音频格式.....5
4 时钟基准格式.....6
5 TI PHY 在 AVB 应用中的优势.....7
5.1 减少 BOM.....7
5.2 降低软件复杂性.....7
6 总结.....8
7 参考资料.....9

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

English Document: SDAA520
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

1 简介

音频视频桥接 (AVB) 是通过以太网传输同步音频或视频数据时使用的一种技术，定义见 IEEE 1722。该技术应用广泛，但本应用手册仅关注 AVB 在汽车应用中的使用，在汽车应用中它主要用于同步音频。

从域控制器架构到区域控制器架构的转变，推动了对基于网络的同步音频的需求。在区域架构中，各区域通常通过以太网连接。放大器可位于每个区域中，从而形成分布式放大器架构。这可带来多项优势：

- **降低线束成本：**传统的点对点线束既笨重又昂贵；通过在集中式以太网主干上路由音频和控制信号，可显著节省成本和降低重量。
- **多用途通信总线：**单条以太网总线可同时承载音频流、控制数据、传感器信息和诊断信息，从而降低系统复杂性。
- **分布式放大：**不使用集中式主机驱动所有扬声器，而由靠近每个扬声器区域放置的小型放大器通过以太网接收同步音频，从而实现更灵活且可扩展的音频架构。

1.1 架构比较

1.1.1 域架构

在域架构中，音频处理和放大通常集中在车内。这样做的影响是，放大后的音频信号必须传输到车内各处的扬声器。这增加了线束成本和重量。

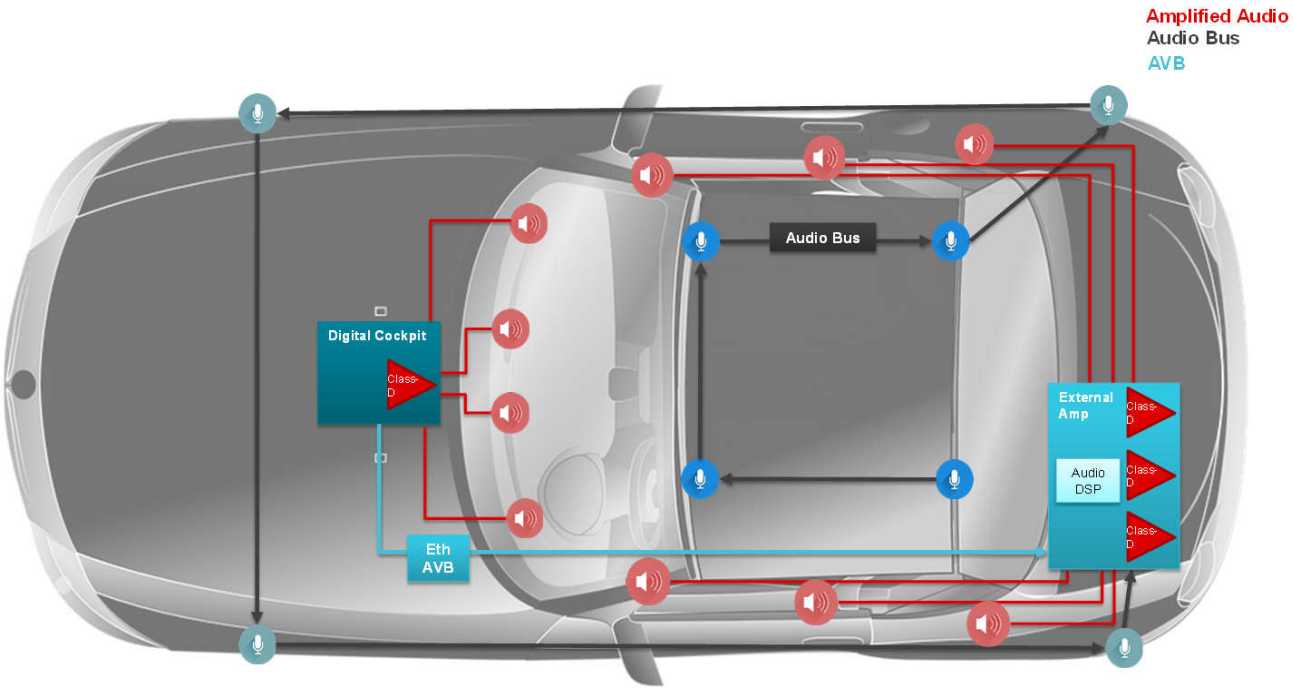


图 1-1. 域架构

1.1.2 区域架构

区域架构将音频解码和放大功能分散到整车的各个区域 ECU。可使用与其他功能共享的通信网络（以太网）在区域之间传输音频数据。由于 ECU 位于更靠近扬声器位置处，这有助于降低扬声器线束的成本和重量。

English Document: SDAA520
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

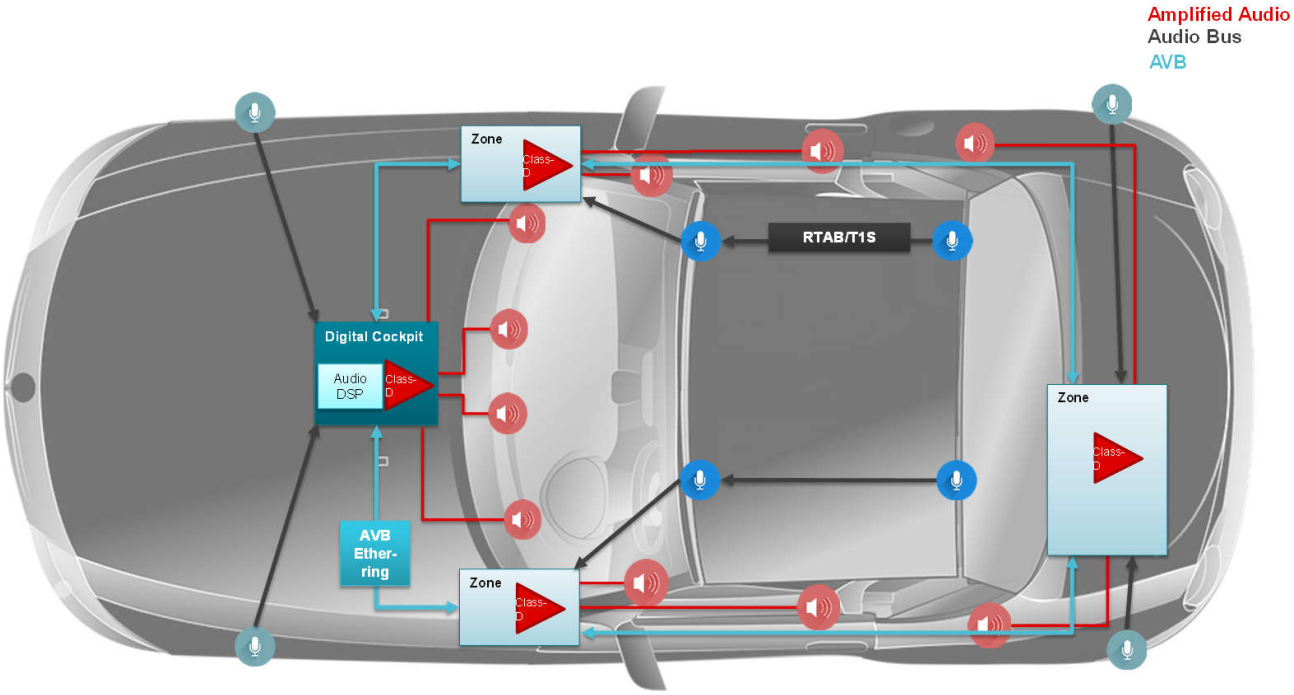


图 1-2. 区域架构

English Document: SDAA520
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

2 AVB 拓扑

2.1 TSN 的作用

时间敏感网络 (TSN) 是基于 IEEE 802.1AS 规范实现 AVB 的基础。TSN 支持在网络中每个节点上实现“挂钟”同步。这一点至关重要，因为 CRF 和 AVB 数据包利用时间戳在网络中实现时钟和数据同步。这些时间戳告知监听器何时必须呈现与该时间戳关联的数据，这通常称为呈现时间。由于每个监听器的时钟已通过 TSN 同步，因此监听器能够同时呈现音频数据，从而实现音频同步。

使用支持 IEEE802.1AS 的 TI PHY，可实现数十纳秒量级的时间同步精度。相比之下，MAC 级时间同步通常为微秒量级。

2.2 通话器的作用

通话器是 AVB 网络上的音频内容源。它将音频数据封装到 IEEE 1722 (AVBTP) 数据包中并发送到网络上。汽车 AVB 中有两种主要的通话器流类型：

- **时钟基准格式 (CRF) 通话器：**生成并发送包含以音频采样率周期作为间隔的时间戳的 CRF 数据包。例如，如果音频以 48KHz 采样，则 CRF 数据包内的时间戳间隔为：

$$\frac{1}{48\text{KHz}}S \tag{1}$$

  这些时间戳还会用最大网络传输时间进行填充，以便监听器在时间戳所编码的时间过去之前收到时间戳。
- **音频通话器：**将音频样本封装到 IEEE 1722 数据包中，并为每个数据包附加上呈现时间。该呈现时间指定所有监听器端点必须播放音频的确切时刻，从而在网络中实现同步播放。

2.3 监听器的作用

监听器是接收端点（例如，区域放大器）。每个监听器执行两项功能：

- **CRF 解码和时钟对齐：**监听器解码传入的 CRF 数据包，并使用嵌入的时间戳将其本地媒体时钟 (FSYNC) 和位时钟 (SCLK) 对齐到全网时钟基准。这是车内所有放大器同步播放音频的机制。
- **音频解码和呈现：**监听器解码传入的 IEEE 1722 音频数据包，并将音频数据保存在缓冲区中，直到到达指定的呈现时间，此时音频被释放到数字放大器进行播放。

English Document: SDAA520
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

3 AVTP 音频格式

音频视频传输协议 (AVTP) 在 IEEE 1722 中定义，规定了用于跨 AVB 网络传输时间敏感型音频流的第 2 层封装格式。AVTP 音频格式 (AAF) 数据包携带原始音频样本以及同步播放所需的元数据。

除了音频数据外，AAF 数据包的一个关键部分是呈现时间。该信息告知监听器何时播放音频数据包。

<table>
<tr><td colspan="4">Ethernet Header

Destination MAC, Source MAC, Ethertype</td></tr>
<tr><td colspan="4">AVTP Common Stream Data Header

Stream ID, Timestamp</td></tr>
<tr><td colspan="4">AAF Header

Audio data format, audio data length</td></tr>
<tr><td colspan="4">AAF Data</td></tr>
<tr><td>Audio Sample 1</td><td>Audio Sample 2</td><td>Audio Sample 3</td><td>Audio Sample 4</td></tr>
<tr><td>Audio Sample 5</td><td colspan="2">...</td><td>Audio Sample N</td></tr>
</table>

图 3-1. AAF 数据包结构

English Document: SDAA520
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 时钟基准格式

CRF 数据包仅携带时钟时间戳信息，使监听器能够在本地恢复并重新生成通话器的媒体时钟，而无需锁定的网络延迟。典型 CRF 数据包携带多个时钟边沿时间戳，从而实现监听器的时钟同步

<table>
<tr><td colspan="4">Ethernet Header

Destination MAC, Source MAC, Ethertype</td></tr>
<tr><td colspan="4">AVTP Common Stream Data Header

Stream ID</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRF Header

CRF type, clock frequency, number of timestamps</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRF Timestamps</td></tr>
<tr><td>Timestamp 1</td><td>Timestamp 2</td><td>Timestamp 3</td><td>Timestamp 4</td></tr>
<tr><td>Timestamp 5</td><td colspan="2">...</td><td>Timestamp N</td></tr>
</table>

图 4-1. CRF 数据包结构

English Document: SDAA520
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5 TI PHY 在 AVB 应用中的优势

5.1 减少 BOM

在典型系统中，需要外部时钟发生器来提供 I2S/TDM 音频时钟。TI 的 AVB PHY 通过提供传输 I2S/TDM 数据所需的音频时钟来降低系统 BOM，从而消除对外部时钟发生器的需求。

5.2 降低软件复杂性

在典型系统中，MAC 必须解码 CRF 数据包，并与时钟发生器建立反馈环路，以便将音频时钟与 CRF 数据包中的时间戳同步。TI 的 AVB PHY 通过解码 CRF 数据包并调整自身音频时钟来实现这一同步。这降低了对 MAC 的软件要求。

English Document: SDAA520
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 总结

随着车辆从基于域的架构转变为区域架构，可以使用 AVB 技术在整车范围内实现音频同步。这样做的好处是降低了音频线束的成本和重量。通过使用 TI PHY 生成音频时钟，还可消除对外部时钟发生器的需求，从而简化设计复杂性并降低成本。

English Document: SDAA520
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 参考资料

- 德州仪器 (TI)，DP83TC818-Q1 设计资源，站点
- 德州仪器 (TI)，DP83TG721-Q1 设计资源站点
- IEEE，IEEE 标准 1722-2025

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

重要通知和免责声明

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出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 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。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月