

TSN 测试平台的搭建和应用

小标题

文件编号：此处输入文档编号

当前版本：此处输入版本号

编制：此处输入文档作者姓名

审核：此处输入文档审核人姓名

批准：此处输入文档批准人姓名

完成日期：2019 年 7 月 31 日

(内部文档，未经许可，禁止外传)

本文档版权归上海交通大学智能无线网络与协同控制中心所有。

Copyright © 2018 Center for Intelligent Wireless Networking and Cooperative Control, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai.

文档作者联系方式：xxx (xxx@sjtu.edu.cn); yyy (yyy@sjtu.edu.cn) .

文件修改控制

本章记录文档修改历史。

版本号说明：本文档采用的版本号格式为 a.b.c，其中 a 代表重大的版本变迁，b 代表在 a 版本下的重要内容更新，c 代表关键性的 bug 修复。

编号	文件状态	版本	修改人	审核人	批准人	修改日期	备注
1	新建	1.0	卢宣兆 徐 磊 张延洲	许齐敏		2017.6.15	创建文档架构、更新文档初稿

目 录

第 1 章 TSN 测试平台的目标	7
第 2 章 TSN 评估板的简介	9
2.1 TSN 评估板的构造组成.....	9
2.2 TSN 评估板的网络连接.....	10
2.3 TSN 评估板的内部结构图.....	10
第 3 章 TSN 平台搭建方案	11
3.1 线性拓扑结构.....	11
3.2 TSN 网络配置.....	11
3.2.1 TSN 网关设置.....	11
3.2.2 时间同步配置.....	12
3.2.3 流转换配置.....	13
3.2.4 流分配配置.....	13
3.2.5 队列调度配置.....	13
3.3 测试软件.....	13
第 4 章 TSN 平台搭建过程中的问题	15

第 1 章

TSN 测试平台的目标

本平台利用 ADI 公司的 TSN 评估套件，测试在 IEEE 802.1AS 和 802.1 Qbv 标准框架下的数据传输方案，并开发出相匹配的测试软件。

第 2 章

TSN 评估板的简介

2.1 TSN 评估板的构造组成

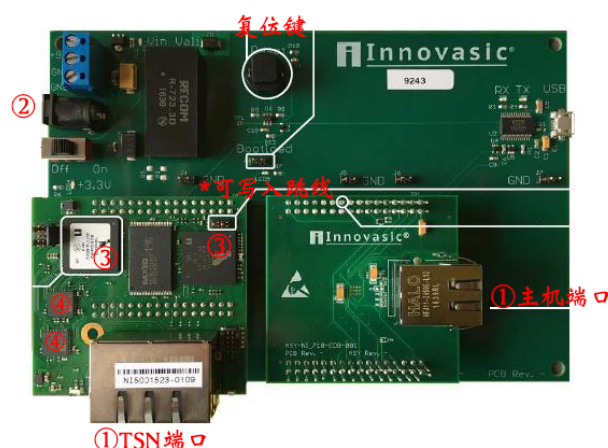


图 2.1-1

- ① **评估板端口**：评估板总共有三个端口，位于其中之一是主机端口，位于印刷电路板 (PCB) 较窄的一侧，必须连接现有以太网设备。器件的标准以太网流量转发到交换机 TSN 端口（位于 PCB 较宽的一侧）。这种转发必须在配置任何 TSN 特性之前正常工作；
- ② **电源端口**：电路板设计支持 9 V 至 24 V 直流电压，本平台采用 12V-1A 的电源适配器，为电路板提供电源；
- ③ **FIDO REM 交换机**：它是整个 TSN 评估板套件的核心，是标准以太网设备连接到 TSN 网络的关键部件；
- ④ **KSZ8061MNGW**：该芯片支持 10BASE/100BASE-TX，它是一个用于通过非屏蔽双绞线 (UTP) 传输和接收数据的以太网物理层收发器；
- **可写入跳线**：修改 MAC 地址时，必须将其短路。

2.2 TSN 评估板的网络连接

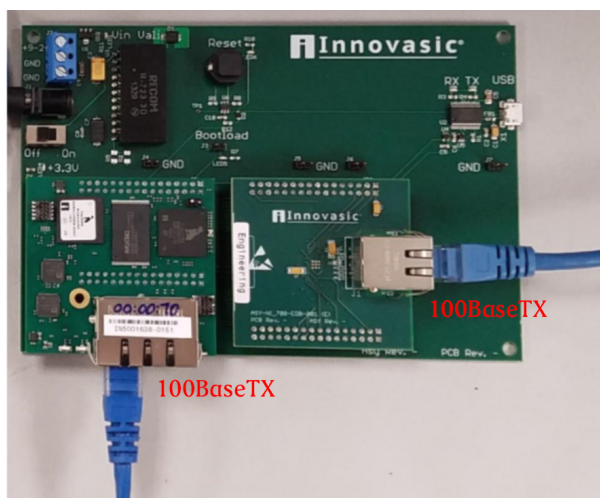


图 2.2-2

- **支持协议:** EtherNet/IP, PROFINET RT, ModbusTCP 和 BACnet IP 等;
- **不支持协议:** PROFINET IRT, EtherCAT, SERCOS 和 POWERLINK;
- **网络连接:** 三个端口均是 100BaseTX; 100 表示传输速率为 100Mbit/s, base 表示采用基带传输, T 表示传输介质为双绞线, 当为 F 时, 代表为光纤; X 为统一传输速率下的不同标准, TX 表示传输介质为 2 对高质量的双绞线。

2.3 TSN 评估板的内部结构图

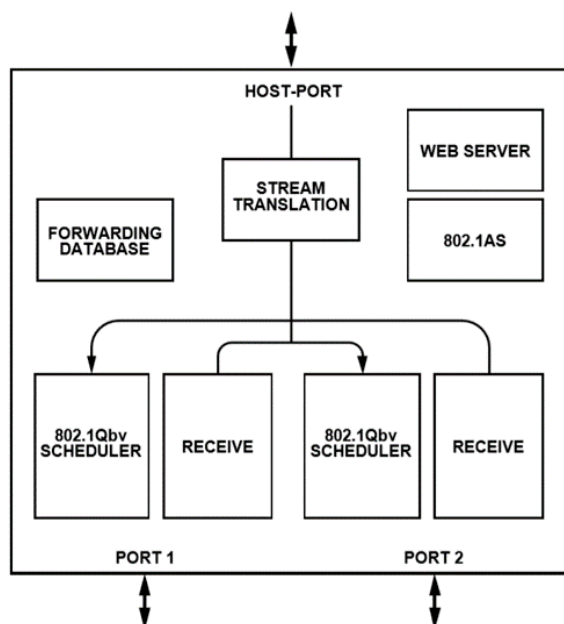


图 2.3-3

第 3 章

TSN 平台搭建方案

3.1 线性拓扑结构

1. **结构组成**：摄像头、电脑以及 TSN 评估板；端口 a 代表 TSN 端口，端口 b 代表主机端口；
2. **结构介绍**：最左端 TSN 端口链接 PC，最右端 TSN 端口链接摄像头；中间 TSN 评估板构成 TSN 网络，可以连接支持 TSN 的设备；主机端口可以链接支持标准以太网设备。

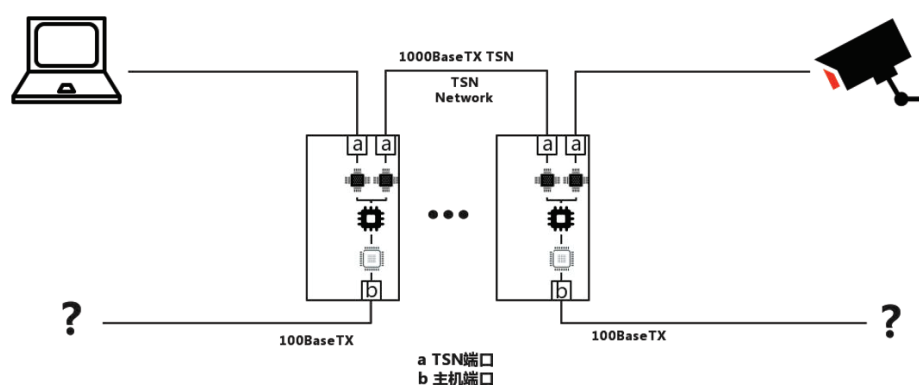


图 3.1-1

3.2 TSN 网络配置

3.2.1 TSN 网关设置

- **TSN 评估板套件 MAC 和 IP 地址的配置**：TSN 评估板套件都配有唯一媒体访问控制 (MAC) 地址和唯一 IP 地址，但是每个 TSN 评估板的初始 MAC 地址 (12:34:56:78:9A:BC) 和 IP 地址 (192.168.1.1) 都一样，因此需要我们自行修改它们的 MAC 地址和 IP 地址；
- **子网掩码的配置**：默认为 255.255.255.0；
- **主机端口 MAC 地址的配置**：在配置界面上的 **Client MAC** 文本框中输入主机端口链接设备的 MAC 地址，实现数据链路层的互联互通。

注意：

1. 在修改上述 MAC 地址和 IP 地址时，首先需要将可写入跳线短路，重新上电之后，MAC 地址和 IP 地址才能发生改变！
2. 通过主机端口无法访问配置网站，必须将 PC 连接到一个 TSN 端口才能进入配置网站。虽然主机端口连接 PC 时，不能访问该 TSN 评估板的配置网站，但是它可以访问另外两个 TSN 评估板的配置网站。原因在于该 PC 其实是连接到另外两个 TSN 评估板的 TSN 端口上。

3.2.2 时间同步配置

- **时钟同步状态灯：**完成上述设置之后，802.1AS 时间同步即可运行：其中一个电路板承担 Grandmaster clock 的角色，标志是其 802.1AS 状态 LED 变红；在同步从设备上，当时钟同步已建立时，802.1 状态 LED 变绿。
- **查看 AS 状态：**通过 TSN 评估板的配置界面可以查看评估板的状态，若 TSN 评估板是 Grandmaster，Sync State 显示 Grandmaster；若 TSN 评估板不是宗时钟，如果与宗时钟同步，显示 Synchronized，否则显示 Unsynchronized。
- **查看端口角色：**若 TSN 评估板是 Grandmaster，端口角色框显示均处于主机模式；若 TSN 评估板不是 Grandmaster，则一个端口报告处于从机 (slave) 模式，另外一个端口报告处于主机 (master) 模式；
- **查看端口状态：**如果处于同步状态，显示 Time Aware；否则显示 Not Time Aware；
- **时钟宗机的确定：**启动时，设备利用最佳主机时钟算法 (BMCA) 选择一个时钟宗机。多数情况下，这就足够了，不需要进一步关注。但是，有些情况下使用固定宗机可能更好。这一部分可以通过本地优先级的修改，来引导 BMCA 算法选择特定板作为宗时钟。
- **其它配置信息：**一般按默认值进行操作，如果个人需要更详细的信息，可以查看 TSN 评估板快速入门指南。

注意：

时钟同步信息数据包从队列 3 传输，因此，当使能调度队列时，802.1AS 服务要求队列 3 在 TAS 周期中的某一时间点打开 (至少分配一个时间窗口给队列 3)。

3.2.3 流转换配置

3.2.4 流分配配置

3.2.5 队列调度配置

3.3 测试软件

变量名	数值	默认值	功能
LogSyncIntervalPortX	[-5,5]	-3	调整同步信息发送速率
LogPdelay_ReqIntervalPortX	[-5,5]	0	调整请求信息的间隔
LogAnnounceIntervalPortX	[-5,5]	0	调整公告信息的间隔
localPriY	[1,248]	248	本地时钟的优先级，修改该值可以成为宗时钟

- 表中 X 为 0 时,代表 Port, X 为 1 时,代表 Port2; Y 为 1 时,代表 Port1, Y 为 2 时,代表 Port2。

第 4 章

TSN 平台搭建过程中的问题

- 三个评估板物理连接后，连接到本 TSN 评估板的 PC 不能进入其它两个评估板的配置网站的可能原因如下：
三个评估板之间的 MAC 地址冲突；
- 主机端口无法访问同一 TSN 套件上的配置网站，但是可以访问另外两个 TSN 评估板的配置网站（前提 1：主机端口 MAC 地址是连接 PC 的 MAC 地址前提 2：所有评估板之间均通过 TSN 端口进行连接）
- 不能访问摄像头网站的可能原因如下：
MAC 地址不匹配（主机端口配置为摄像头 MAC 地址，只能连接到该主机端口，若连接到 TSN 端口，不能访问摄像头网站）；
MAC 地址冲突（多个 TSN 套件主机端口的 MAC 地址冲突，PC 链接的最近一个主机端口被认为是该 MAC 地址的对应端口，若摄像头在该端口则可以访问，在其他 MAC 冲突的端口则不可访问）。

硬件装置	MAC 地址	IP 地址
摄像头	4C:BD:8F:D3:B0:9D	192.168.1.64
LEI PC	14:DD:A9:03:DF:76	192.168.1.188
Lu PC	54:EE:75:4D:A8:F2	192.168.1.88
Zhang PC	00:E0:4C:68:05:0F	192.168.1.88
TSN 评估板 1		192.168.1.1
TSN 评估板 2		192.168.1.2
TSN 评估板 3		192.168.1.3

分辨率	2048×1440
码率上限	8152Kbps
带宽	5Mbps
帧率	25hz

表 4.0-1 摄像头重要参数