

# Apollo公开课 | ASU ( Apollo 传感器单元 ) 硬件详解

本期主要和大家分享**Apollo传感器单元 ( ASU ) 硬件平台**的相关知识，首先给大家介绍一下ASU的功能，然后介绍**ASU Pro的升级功能**，最后详细介绍**软件抽象层的功能扩展**，这些功能扩展已集成到**Apollo 5.0**。

## ASU ASU 硬件详解

首先介绍一下**Apollo Sensor Unit ( ASU )**的架构。Apollo是2017年百度发布的自动驾驶，包括**软件**和**硬件**部分，在Apollo 1.0和2.0版本中使用的计算平台是**工控机**，工控机上接的相机是**USB相机**，不支持相机的触发，**通过增加PCIE卡的方式实现对车辆的控制**。

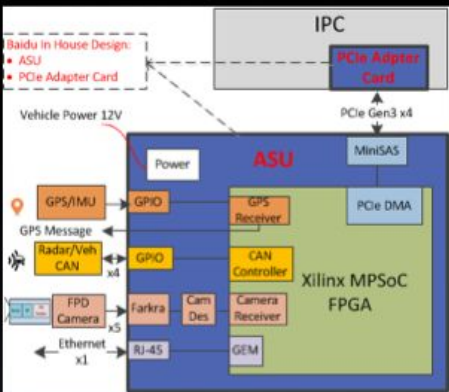
Apollo 3.0对于传感器的需求有了比较大的增加，这样Apollo 2.0的硬件已经不能满足软件和开发者的需求，于是百度就推出了ASU ( Apollo 传感器单元 )。如下图所示是ASU硬件的概览，ASU硬件上**主要支持Apollo 2.0硬件传感器接口的扩展**，使用**可编程芯片**，可以支持功能进一步扩展。最新发布的Apollo 5.0已公布固件更新，使用ASU的朋友可以通过固件更新获得更多的功能。

### ASU基本功能

- ❖ 对Apollo 2.0 传感器接口的扩展
- ❖ 可编程芯片，支持功能升级

#### 硬件接口

- 相机
  - 5路 FPD相机 (Onsemi Mars兼容版)
  - 2MP 1080P @20 FPS, 硬件触发和时间戳
- CAN总线
  - 4路 CAN 2.0, 硬件时间戳
  - 用于车辆控制，状态监控和传感器接入: 如毫米波雷达等
- GPS和时间同步
  - 硬件GPS时间同步，系统时间同步，提供最多5路GPS信号输出
- IPC数据传输
  - PCIe Gen 2 x4, 百度PCIE卡加Mini SAS HD线缆



▲ ASU基本功能

ASU提供了丰富的**硬件接口**，包括五路车规级**FPD相机**，FPD相机接口非常牢固，不会出现因为震动导致信号不稳定的问题。ASU支持的**相机分辨率可达200万像素**，满足**20FPS 1080P**数据的传输，同时可以支持硬件触发和时间戳，同一根线既可以传递数据又可以传递其他控制信号，比如说出触信号。ASU硬件**支持四路CAN 2.0总线**，同时也可以提供硬件时间戳，用于车辆控制、状态监控和更多传感器的接入。

ASU可以**支持硬件GPS时间同步**，当ASU同步到GPS之后会进行系统时间同步，整个软硬件系统使用统一的时间，另外ASU最多可输出五路GPS信号。在数据传输方面，**ASU通过百度PCIE卡加Mini SAS HD线缆与IPC进行数据交换。**

ASU**支持接口兼容的传感器**，且不限于具体供应商，只要传感器的接口和ASU提供的接口是兼容的，供应商提供的传感器也都可以接入。如下图给出了一些支持接口兼容的传感器案例。

### ASU传感器支持

❖ 支持接口兼容的传感器，不限于具体供应商

类型	MPN	数量	接口
激光雷达	Velodyne VLP 16/64/128	3	以太网 + GPS + 电源
毫米波雷达	Continental ARS408-21	2	CAN + 电源
超声波波雷达	x16 Ultrasonic Detectors	1	CAN + 电源
相机	Entron or Truly AR0231+AP0202+TI913	5	FPD - Link
双目相机	Smart Eye C2	1	以太网 + GPS + 电源
GPS/IMU	Novotel A1/PP6/PP7	1	USB + GPS + 电源

支持的传感器举例

▲ASU传感器支持

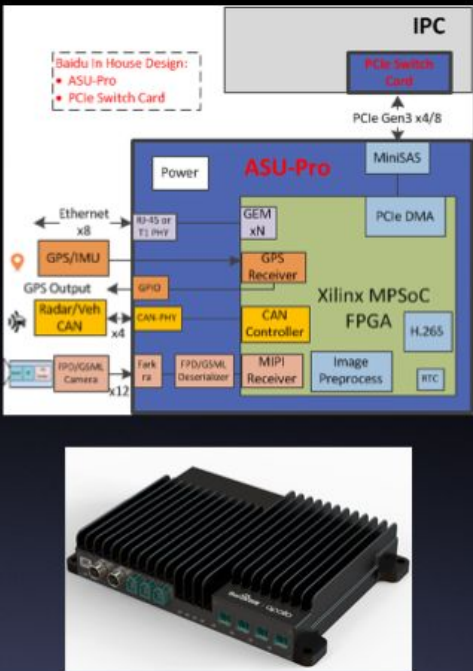
AUS

AUS Pro 性能提升

## ASU Pro 功能提升

- ❖ 更多传感器接口
- ❖ 车规标准硬件设计

	ASU	ASU Pro
IPC数据带宽	PCIe Gen2 x4 (最多 20 Gbps)	PCIe Gen3 x8 (最多 64 Gbps)
以太网	x1(2) RJ45	x4 RJ45/M12
相机接口	x5 单路 Fakra FPD	x3 四路 Mini-Fakra FPD和GSML
相机模组	x5 2MP @ 20fps DVP	x4 8MP @30fps x8 2MP @60fps MIPI
RTC	无	有
温度范围	0C ~ 55C	-40C ~ 70C
车规标准	无	ISO 16750, 11452, 7637, 10605 CISPR 25



▲ ASU Pro功能提升

与ASU相比，ASU Pro的性能有显著提升。在接口方面，ASU Pro提供了更多的传感器接口，另外还提供了符合车规的硬件设计。ASU主要是为了解决软件开发过程中传感器接入的问题，其设计目标并没有列入车规标准。而ASU Pro针对稳定性，增加了车规的硬件设计，包括震动性、温度测试、ESD。

如上图给出了ASU和ASU Pro的功能对比。首先，IPC数据带宽有了四倍的提升，之前ASU PCIe支持四路 gen2，但是ASU Pro支持八路 gen3，ASU物理连接提供20Gbps带宽，其中有20%的带宽损失，相当于是16Gbps，而ASU Pro 提供PCIE GEN3传输接口，达到64Gbps带宽，提升4倍。

除了原有功能的提升，ASU Pro增加了RTC，可以在硬件初次启动的时候提供初始时间。另外ASU Pro工作温度范围上有比较大的提升，从原先的0到55度的范围提高到零下40度到70度的范围。在汽车标准方面，ASU没有针对汽车车规标准设计，而ASU Pro支持多种ISO的车规标准。

## 软件抽象功能提升

因为ASU和ASU Pro都使用了可编程的FPGA芯片，用户在使用了ASU之后，通过固件升级可以进行功能扩展。下面介绍软件抽象层功能的提升。

## 减少GPS跳变

首先是减少GPS跳变，GPS作为比较重要的传感器在无人驾驶系统中使用，可提供非常精确的时间同步信息，其缺点是在汽车启动时没有GPS信号，或者汽车行驶过程中穿越隧道或者是有很多建筑物阻挡GPS信号的时候，会出现GPS信号不稳定的情况。

ASU和ASU Pro通过**固件升级**增加了对GPS信号的处理，主要包括**硬件进行GPS从丢失到恢复的平滑处理**，另外是**在无GPS信号时提供精准的系统启动时间**。

### 软件抽象层功能扩展 – 减少GPS 跳变

- ❖ ASU 及 ASU Pro 硬件平滑处理GPS从丢失到恢复
- ❖ 无GPS信号时提供更精准的系统时间

#### • 系统上电启动

ASU 软件抽象层从其他时间源获取时间，比如 WiFi, 4G 等 (ASU Pro 增加本地 RTC，无需外部时间源) 获取到稳定 GPS 信号后，ASU (Pro) 会切换到GPS时间，做平滑处理，避免时间跳变

#### • 系统启动后

ASU(Pro)提供本地高精度时钟，GPS丢失1小时，时间误差小于1ms  
GPS 信号恢复后，ASU (Pro) 会平滑切换到GPS时间

#### • 整体系统时间同步

ASU(Pro)硬件提供时间给传感器，对于不能提供时间信息的传感器增加硬件时间戳  
软件系统使用ASU(Pro)硬件提供的时间，避免IPC时间不稳定，提供完整系统时间同步



通常系统 - 时间不稳定



ASU时间同步 - 时间稳定

▲ 软件抽象层功能扩展—减少GPS跳变

## 视频压缩模块

在使用自动驾驶软件开发迭代过程中，用户往往需要保留收集的数据，随着相机数的增加，所有的相机数据量会极大的增加，对数据造成很大的影响。一方面对存储量提出了更高的要求，另一方面对数据传输带宽也提出了很大的需求。

在ASU上通过**使用FPGA内部的视频压缩模块**，可以极大的缓解这个问题。在保持现有数据通路不变的情况下，增加了视频压缩通路，**把图像数据压缩成视频流数据**，通过以太网传至工控机。ASU可以最多支持八路视频压缩，将来会扩展到十二路，然后对相机的**分辨率可以支持到1080P**，最多到



30FPS。ASU将压缩后的数据通过以太网传输，传输的数据量会大大减少，与之前相比有10倍的减少。

除了在车上编码流程提供一些辅助之外，软件抽象层还提供了[解码流程](#)，当用户拿到离线数据时，ASU Apollo一线解码工具会对视频流进行解码，解码出来的视频流会同其他相机的传感器进行同步，然后再支持用户线下的调试、仿真以及视频的播放。

## 软件抽象层功能扩展 – 视频压缩

### • 车上编码流程

**ASU** 保持现有原始数据通路不变，增加视频压缩通路

支持 最多**8** 路相机视频压缩（未来扩展至**12**路）

相机**1080**分辨率，最大**30 FPS**

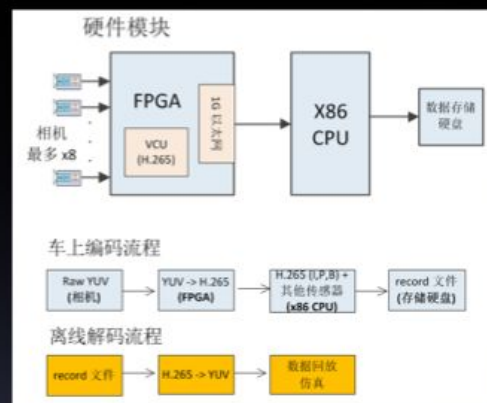
**ASU**将压缩后的数据通过以太网传给**x86**

**ASU**软件抽象层同步相机视频流和其他传感器数据落盘

### • 离线结码流程

**Apollo** 离线处理工具对视频流解码

解码后的相机数据同其他传感器数据共同回放



视频压缩硬件及软件处理

### ▲ 软件抽象层功能扩展—视频压缩

这张图显示了硬件模块的组成，包括相机使用ASU内部的FPGA芯片、CPU和存储硬盘。车上编码流程包括了从原始的YUV数据变成H.265压缩的视频流。

视频压缩的收益十分显著，如下图所示。

## 软件抽象层功能扩展 – 视频压缩收益

	图像压缩	视频压缩
硬件	多个 CPU 核	✓ASU 硬件
性能	CPU 占有率 200% ~ 500%	✓CPU 占有率 < 20%
压缩算法 压缩比	JPEG ~4:1 (PSNR > 30)	✓H265 ✓压缩 ~40:1
数据存储*	4 TB	✓0.4 TB
成本节省*	-	✓¥2000 ~ ¥10000+

\*: 单路相机一天500GB 数据量, 存储成本每 1TB ¥500~¥2500

### ▲ 软件抽象层功能扩展—视频压缩收益

以上就是本次关于**ASU (Apollo 传感器单元) 硬件详解**课程的全部内容。欢迎大家提出问题，进入社群进行交流。更多相关技术干货也可以继续关注后续的课程。

