

第3章 自动驾驶的硬件平台



彩色图片

自动驾驶汽车相比于传统汽车的主要区别在于其装备有大量新传感器和支持自动驾驶算法的强大计算硬件。这里讨论的自动驾驶硬件平台主要包括车体控制部分、线控底盘、传感器和计算平台。

另外,随着“软件定义汽车”(SDV)的大潮,电子电气架构(EEA)也出现了新的演进和发展,包括滑板底盘的出现。而智能汽车的发展,顺应了当今汽车“新四化”(电动化、网联化、智能化和共享化)的变革趋势,也推动计算机技术、通信网络技术、人工智能和大数据云计算等在汽车产业的深入应用。

3.1 节介绍传感器,即摄像头、激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达、惯导(IMU)、全球定位系统(GPS)和车联网(V2X); 3.2 节简述车体控制,包括 VCU/ECU/MCU、CAN 总线、ESP 和 EPS; 3.3 节主要讨论目前的商业计算平台,如 Intel Mobileye 公司的 EQ 系列、NVIDIA 公司的 Drive Xavier 和 Orin、TI 公司的 TDA4VM 和 Qualcomm 公司的 Ride; 3.4 节介绍线控底盘技术; 3.5 节主要讨论汽车电子电气架构的技术。

3.1 传感器

传感器包括摄像头、激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达、惯导、全球定位系统(GPS)以及车联网(V2X)系统。

3.1.1 摄像头

摄像头是一种光学传感器,通过光-电转换将景物的光信号变成电子信号,分为 CCD (charge-coupled device, 电荷耦合器件) 和 CMOS (complementary metal oxide semiconductor, 互补金属氧化物半导体) 两种类型,图 3.1 所示为二者各自内部的结构。

CCD 摄像头一般是全局快门(global shutter),即一次提取全图像的像素。全局快门是场景在同一时间曝光,所有像素点同时收集光线,同时曝光。在曝光开始的时候收集光线,在曝光结束的时候,光线电路关闭。此时读出的数据即为一幅照片。大部分 **CMOS 摄像头**是卷帘快门

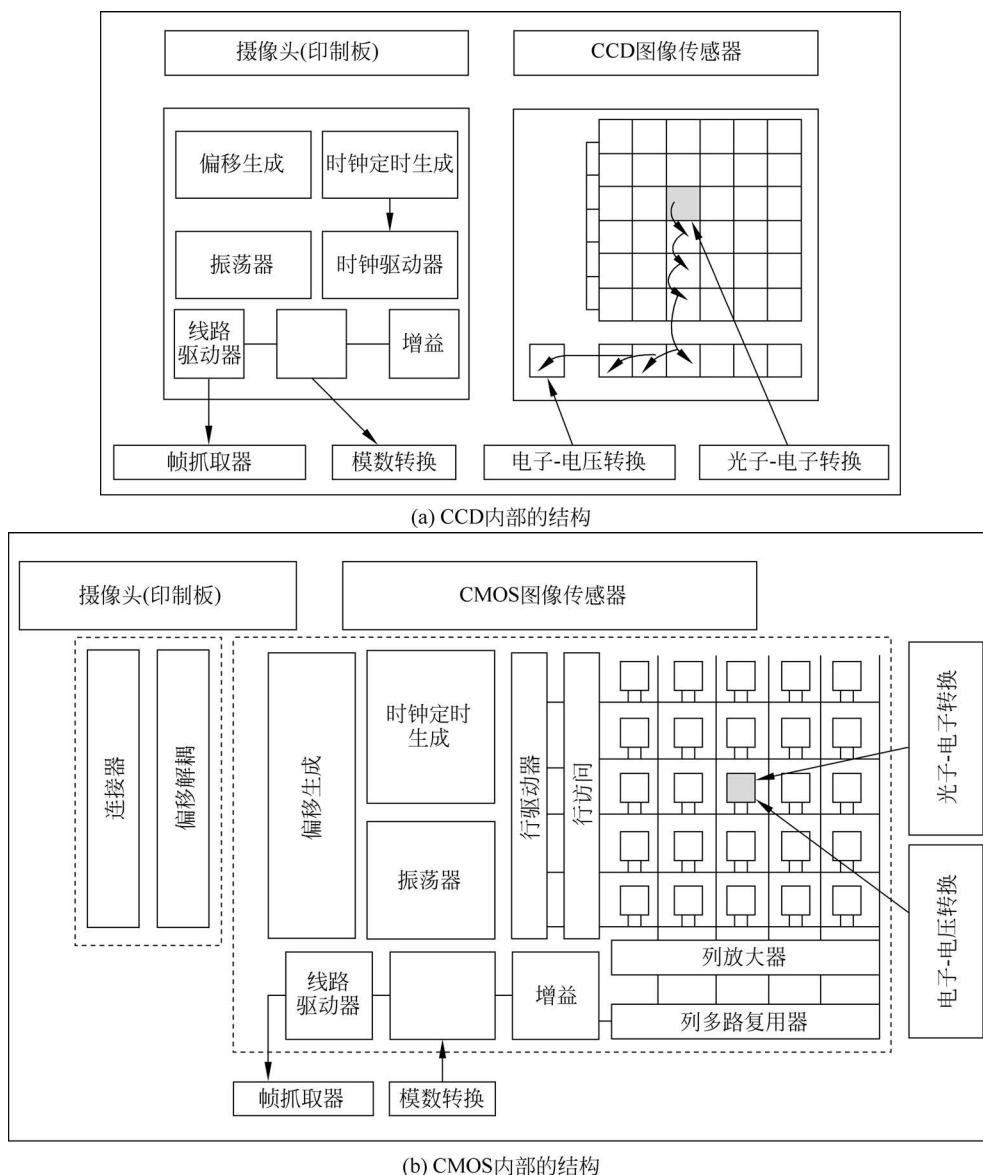


图 3.1 CCD 和 CMOS 内部的结构

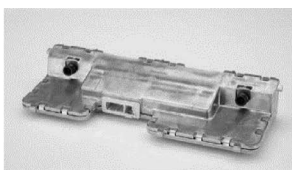
(rolling shutter), 即逐行或者逐列提取图像的像素。它是逐行曝光方式, 在曝光开始时, 逐行扫描进行曝光, 直至所有像素点都被曝光。

另外, 摄像头可以构成单目系统, 如 Mobileye 视觉系统, 也可以构成多目系统(常见的是双目, 如图 3.2 所示是博世公司和大陆公司双目产品), 如安霸公司的 CV-1/2 系统和特斯拉的 8 摄像头系统, 另外, 一种特殊的多目系统是环视系统(见图 3.3), 由鱼眼摄像头组成的路面拼接图像, 主要用于自动泊车。

摄像头系统主要的缺点是光照在夜晚或隧道内较差, 对比度也下降很多。高动态范围 (high dynamic range, HDR) 成像技术可以克服一些光照不足或者饱和的问题, Mobileye 视觉系统采用了 HDR 摄像头。有研制的红外热敏镜头, 但成本和功耗仍是需要关心的问题。



(a) 博世公司产品



(b) 大陆公司产品

图 3.2 双目系统



图 3.3 大陆公司的环视摄像头系统

3.1.2 激光雷达

激光雷达(light detection and ranging, LiDAR)是一种主动光学测距传感器,它的发射器(emitter)发射一束激光,遇到物体后,经过漫反射,返回到接收器,即 sensor 传感器(见图 3.4)。根据发送和接收信号的时间差乘以光速再除以 2,即可计算出物体的距离。

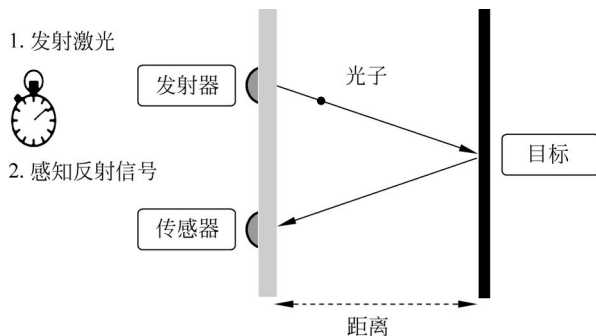


图 3.4 激光雷达的原理

激光雷达的波长分为两种:一种是 1000nm 以内的,典型值是 905nm,可以用硅作为接收器,成本低且产品成熟;还有一种是 1000~2000nm 的,典型值是 1550nm,这个波段硅没有办法探测,需要用 Ge 或者 InGaAs 探测器,成本会更高,但 1550nm 对人眼的安全阈值也更高,这样可以发射更高的激光功率以达到更高的测距灵敏度。

激光雷达发射的激光束分为单线束和多线束,单线束激光雷达扫描一次只产生一条扫描线,其所获得的数据为 2D 数据,所以无法区别有关目标物体的 3D 信息。多线束激光雷达扫描一次可产生多条扫描线,产品包括 4/8/16/32/64/128 线束等。但线束和价格相关,不谈线束则无法确定激光雷达的成本,比如 Velodyne 公司最新的机械式激光雷达达到 128 线(见图 3.5),而奥迪 A8 采用的激光雷达是 4 线,成本完全不是一个级别。目前,激光雷达中有一种可以安装在自动驾驶车辆的四周,其激光线束一般小于 8 线,常见的有 1 线和 4 线;另一种可以安装在自动驾驶车辆的车顶,其激光线束一般不少于 16 线,常见的有 16/32/64(甚至 128)线。

从工作方式来看,激光雷达分为扫描式和非扫描式,扫描式激光雷达通过逐点扫描测距,又分为机械式、转镜式、基于微机电系统(micro-electro-mechanical system, MEMS)、棱镜式以及相控阵(phase arrays)式几种。非扫描式激光雷达就是闪光(flash)雷达,像手电筒一样打出去是一个面阵光测距。



图 3.5 Velodyne 激光雷达

如图 3.6 所示,机械式激光雷达通过电机带动光学结构整体旋转,技术点包括系统通道数目、测距范围、空间角度分辨率、系统集成度与可靠性等。机械式激光雷达的优点是扫描速度快,接收视场小,抗光干扰能力强、信噪比高;不足之处在于价格贵、光路调试装配复杂、生产周期长和可靠性不高等。

转镜式激光雷达与机械式激光雷达不同,其激光发射模块和接收模块不动,只有扫描镜在进行机械旋转。激光单元发出激光至旋转扫描镜,被偏转向前发射(扫描角度为 145°),被物体反射的光经光学系统后被一侧探测器接收。

如图 3.7 所示为 MEMS(微机电系统)激光雷达的工作原理,其激光器发出高频脉冲激光准直为发散角较小的光束,再控制二维 MEMS 扫描振镜的偏转角,改变出射光束方向,在 X、Y 轴移动逐点扫描目标。目标反射的回波光束经过接收光学系统汇聚到 APD(avalanche photodiode,雪崩光电二极管)阵列探测器。控制系统基于 ToF(飞行时间)原理准确计算激光飞行往返路径的时间差来实现距离测量。

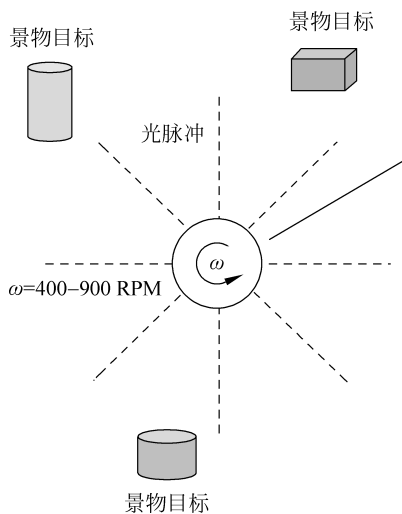


图 3.6 机械式激光雷达的工作原理

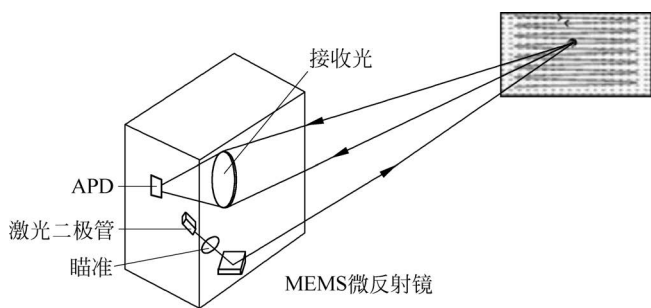


图 3.7 MEMS 激光雷达的工作原理

棱镜式激光雷达收发模块的脉冲激光二极管(pulsed laser diodes,PLD)发射出激光,通过反射镜和凸透镜变成平行光,扫描模块的两个旋转的棱镜改变光路,使激光从某个角度发射出去。激光打到物体上,反射后从原光路回来,被雪崩光电二极管(avalanche photodiode,APD)接收。与 MEMS 方案相比,可以做到很大的通光孔径,距离也会测得更远。

光学相控阵(OPA)技术可通过施加电压调节每个相控单元的相位关系,利用相干原理实现发射光束的偏转,从而完成系统对空间一定范围的扫描测量。

如图 3.8 所示,闪光激光雷达主要是通过短时间直接发射出一大片覆盖探测区域的激光,再以高度灵敏的面阵接收器来完成对环境周围图像的绘制。

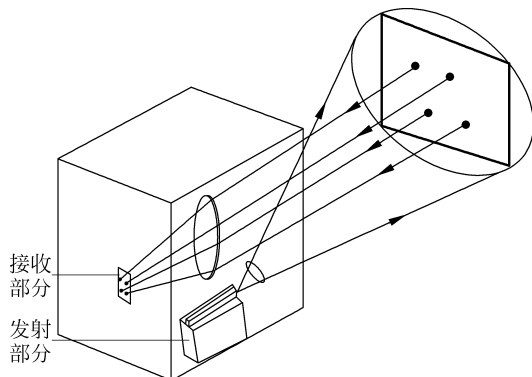


图 3.8 闪光激光雷达的工作原理

纯固态式激光雷达因扫描速度快、精度高、可控性好、体积小等特点被认为是未来激光雷达的发展趋势,但纯固态激光雷达技术并没有完全成熟。

激光雷达的优点很明显,可得到高精度的目标 3D 点云结构,但还是有以下缺点。

(1) 激光雷达发出的激光本身没有编码,无法识别这束光线是激光发射器发出的还是干扰信号,因此黑客通过模拟车辆和行人的信号,故意捏造假象,从而导致车辆被强制减速或者刹车。

(2) 激光雷达发射是辐射状的,所以越远的地方收到的激光点越少,产生的点云也就越稀疏,越远就越难识别障碍物。

(3) 有些物体表面的反射激光很弱,就会出现“黑洞”;而有些反射强的物体会干扰其他物体的反射,如路面的大量积水。

(4) 激光雷达在旋转时的刷新率相对较慢。

(5) 激光雷达很容易受到天气和大气的影 响,如大雪、大雨和大雾天气等。

3.1.3 毫米波雷达

车载毫米波雷达主要基于调频连续波(frequency-modulated continuous-wave,FMCW)技术,即发射出调频毫米波,并根据毫米波之间的频率差来确定目标位置以及相对速度。

图 3.9 所示是毫米波雷达接收器的结构,主要是信号处理单元和控制器,其中包括天线、耦合器、混合器、A/D 转换器、DSP、滤波器、低噪声放大器等。毫米波雷达的应用分为短距 SRR(short-range radar)、中距 MRR(mid-range radar)和长距 LRR(long-range radar)三种。毫米波雷达的发射波主要是 24GHz 频段和 77GHz 频段两种,而后者已经成为趋势。

毫米波雷达不会受到雨、雾、灰尘等常见的环境因素影响,因此毫米波雷达可以说是目前自动驾驶领域唯一的全天候传感器。但有以下缺点。

(1) 角分辨率低,噪声大,不能确定目标的边界。

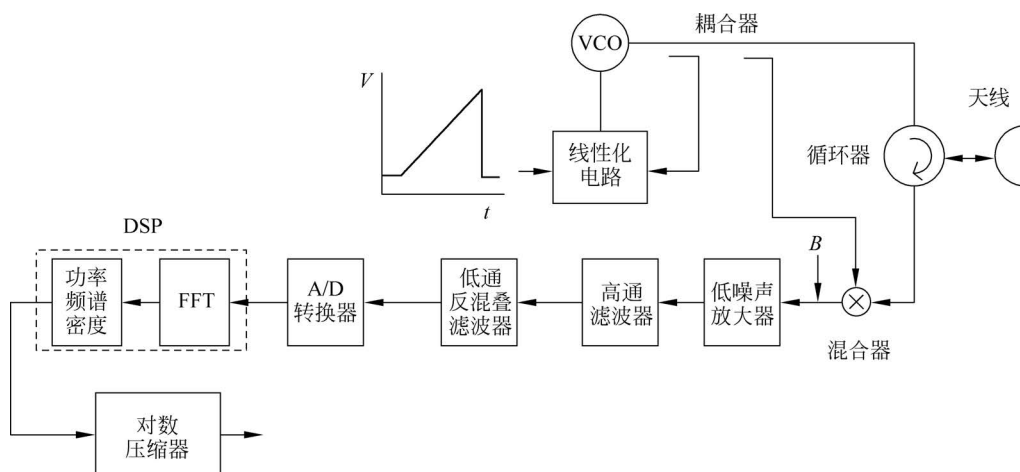


图 3.9 毫米波雷达接收器的结构

(2) 对金属敏感,而对人体的探测能力较弱。

(3) 只能得到雷达扫射 2D 扇面上的目标距离和径向速度,没有高度信息,无法精确重建景物的结构和形状。

注: 如果想得到景物的结构形状,需要采用合成孔径雷达成像技术,但这种雷达的成本很高。

图 3.10 所示的是毫米波雷达产品 Delphi ESR-25 的工作范围:短距宽视角(60m、 90°)和长距窄视角(175m、 22°)切换。

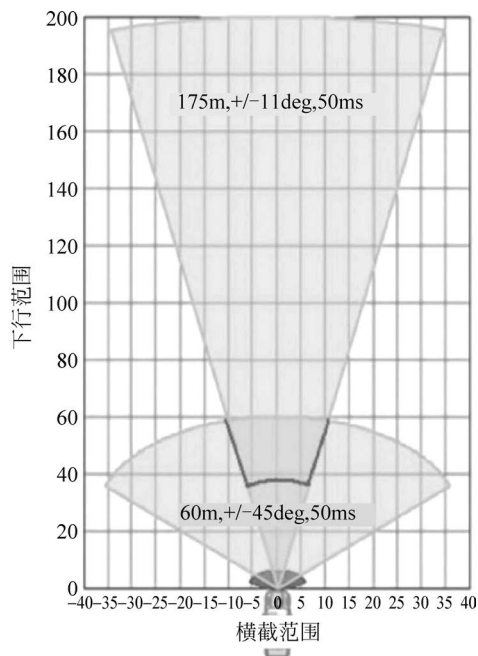


图 3.10 Delphi ESR-25 的工作范围

图 3.11 是几个著名雷达供应商的产品照片。

最近 4D 毫米波雷达成为一个热点,可显著提高感知的能力。与传统的 3D 雷达张量

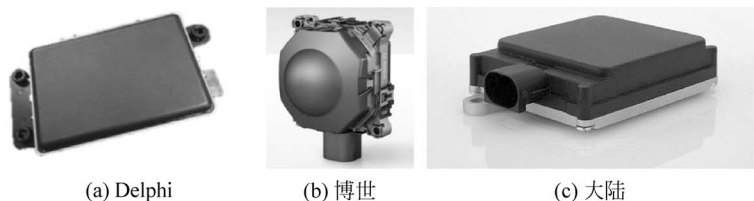


图 3.11 毫米波雷达产品

(RT)不同,4D 毫米波雷达的 4D RT 包含沿多普勒、距离、方位和仰角 4 个维度的功率测量,从而可以保留 3D 空间信息,这可以实现精确的 3D 感知,如激光雷达进行 3D 目标检测。

新一代 4D 雷达的出现弥补了传统汽车雷达的低清晰度,并提供了高度测量,非常适合于高级别自动驾驶的应用。此外,它还提供了一些其他低层特征,如雷达截面(RCS)或信噪比(SNR)。

对于新一代 4D 成像雷达,4D 点云将是主要的输出格式,包含空间和速度信息。

雷达传感器凭借其对恶劣天气条件的稳健性和测量速度的能力,20 多年来一直是汽车领域的一部分。高清(HD)成像雷达的最新进展已将角度分辨率降低到低于 1° ,从而接近激光扫描性能。然而,如何处理 HD 成像雷达增大的数据量,以及如何估计角位置,仍然是工程实现的挑战。

3.1.4 超声波雷达

超声波雷达和前面提到的激光雷达、毫米波雷达的原理类似,只是发射波是声波,测距范围短,近在 6cm 左右,远在 3m 左右,波段为 50kHz。图 3.12 所示为超声波接收器的结构,包括传输波生成器、接收放大器和定时器等。

超声波雷达的一般工作频率为 50kHz,成本低,测距短,大多应用在泊车场合。图 3.13 所示是一款超声波雷达产品 Hexamite HXN43TR。

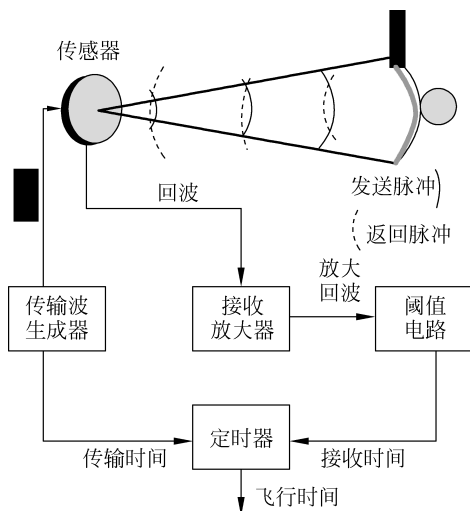
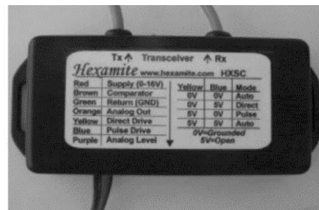


图 3.12 超声波接收器的结构



(a) 超声波雷达



(b) 信号调节器

图 3.13 Hexamite HXN43TR

3.1.5 惯导

基于以前的车辆姿态和已知的车速计算当前的姿态,被称为航位推测(dead reckoning, DR),而惯导就是实现 DR 的一种传感器。

车载惯导系统(inertial navigation system,INS)采用运动和旋转传感器计算车辆的姿态和位置,而惯性测量单元(inertial measurement unit,IMU)是 INS 的主要成员,一般包括 3 个正交陀螺仪(gyrometer)和 3 个正交加速度计(accelerometer),分别用于测量角速度和线性加速度。图 3.14 给出的是 IMU 的典型结构,其中最重要的计算部分是积分模块,积分模块是最后生成输出的环节,积分相当于求和,会累计误差,因此这也是 IMU 误差累计的原因,所以一般车载 DR 系统把 IMU 和 GPS 捆绑在一起。不然,需要激光雷达或者摄像头提供误差校正的途径。

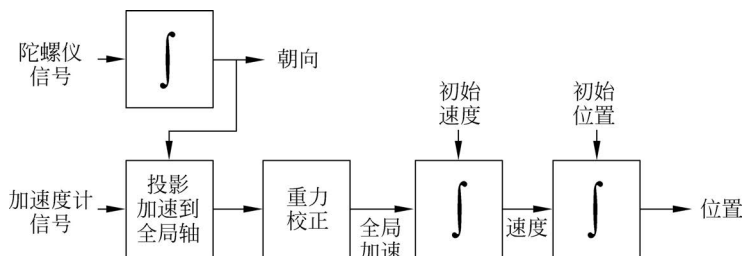


图 3.14 IMU 的典型结构

图 3.15 是一个 IMU 的部件拆解图,包括 CPU、印刷电路板组件、陀螺仪、加速度仪和磁力仪。

3.1.6 GPS

全球导航卫星系统(global navigation satellite system,GNSS)是指通过全球覆盖的卫星系统提供定位和时间的信号。其基本的操作想法是,接收器测量卫星信号到达的时间,同时记录卫星的发射时间,从而获得信号在空间中的传播时间,即估计 GNSS 接收器到卫星的距离,称为伪距(pseudo-range)。

GNSS 接收器通过多点 MLAT(多点定位)技术从伪距估计自身位置,即多个卫星测量数据来计算,位置估计精度取决于伪距精度和卫星几何分布。GNSS 目前有美国的 GPS、俄罗斯的 GLONASS、欧洲的伽利略系统和中国的北斗系统。图 3.16 是美国 NASA 给出的 GPS 全球卫星图。

差分 GPS(differential GPS)改进 GPS 定位精度,主要是通过一个已知位置的参考基站系统,每个基站可以广播 GPS 位置和其内部计算位置的偏差,这样接收信号的用户可以据此校正自身的位置。

RTK(real time kinematics)就是一种差分 GPS 方法,它利用信号载波相位信号,依赖

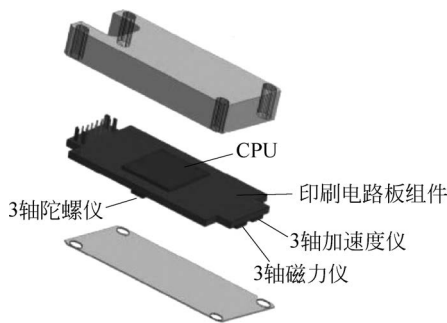


图 3.15 IMU 的部件拆解图

单个参考基站或者内插的虚拟基站可以实时校正位置,达到厘米级精度(注:一般 RTK 基站覆盖周围 10~20km)。图 3.17 是 NovAtel 出产的 GPS+IMU 套件(有 RTK 选项)。

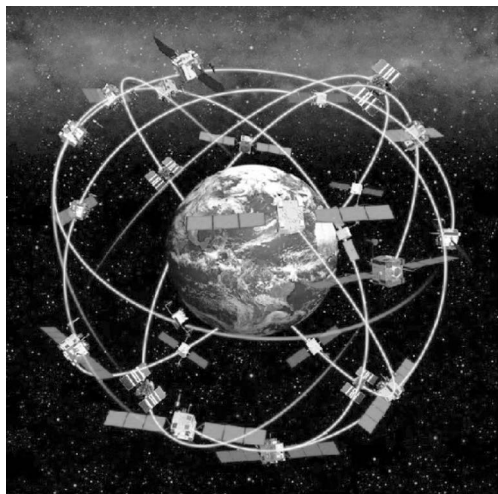


图 3.16 美国 GPS 全球卫星图



(a) SPAN GPS



(b) CORRECT™ RTK

图 3.17 NovAtel 出产的 GPS+IMU 套件

3.1.7 车联网

车联网(V2X)通信是将信息从车辆传递到可能影响车辆的任何实体,反之亦然。它是一种车载通信系统,包含其他更具体类型的通信,如 V2I(车辆-基础设施)、V2N(车辆-网络)、V2V(车辆-车辆)、V2P(车辆-行人)、V2D(车辆-设备)和 V2G(车辆-网格),如图 3.18 所示为 V2X 的直观图。



图 3.18 V2X

V2X 的即时通信可以在道路安全中得到应用,是自动驾驶的重要辅助手段,例如前方碰撞警告、变道警告/盲点警告、紧急电动刹车灯警告、交叉口运动辅助、紧急车辆接近、道路工程警告和排队(自动)等。

根据所使用的基础技术,V2X 通信技术分成两种类型:基于 WLAN 和基于蜂窝(cellular)。

基于 WLAN 的 V2X 的标准化取代了基于蜂窝的 V2X 系统的标准化。IEEE 于 2012 年首次发布了基于 WLAN 的 V2X(IEEE 802.11p)规范,支持车辆(V2V)之间以及车辆和基础设施(V2I)之间的直接通信,该技术称为专用短程通信(dedicated short range

communication, DSRC)。DSRC 使用 IEEE 802. 11p 提供的基础无线电通信。

2016 年, 3GPP 发布了基于 LTE(长期演进)的 V2X 规范作为底层技术, 通常称为“蜂窝 V2X”(C-V2X), 以区别于基于 IEEE 802. 11p 的 V2X 技术。除直接通信(V2V、V2I)外, C-V2X 还支持蜂窝网络(V2N)上的广域通信。与基于 IEEE 802. 11p 的 V2X 系统相比, C-V2X 有两个主要优势: 额外的通信模式和本机迁移到 5G 的路径(注: 5G 又称为第五代蜂窝通信技术, 是多种新型无线接入和现有无线技术优化集成后解决方案的总称)。

V2X 车载单元或设备(on-board unit/equipment, OBU/E)包括天线、定位系统、处理器、车辆操作系统和人机界面(HMI)。而 V2X 路边单位或设备(roadside unit/equipment, RSU/E)包括天线、定位系统、处理器、车辆基础设施接口以及其他界面。

图 3. 19 和图 3. 20 分别是美国硅谷一家 V2X 创业公司开发的车载单元和路边设备产品。



图 3. 19 V2X 单元/设备(车载 OBU)



图 3. 20 V2X 单元/设备(路边 RSU)

3.2 车体控制

车体控制主要包括各种控制单元和车载数据总线, 以及车辆电子稳定系统(ESP)和电子助力转向系统(EPS)。

3.2.1 VCU/ECU/MCU/HCU

汽车整车控制单元(vehicle control unit, VCU)如图 3. 21 所示, 主要协调变速箱、动力电池、电机及发动机等部件的工作。VCU 是电动汽车整车控制的核心, 承担数据交换、安全管理、动力管理等任务。



图 3. 21 VCU

电子控制单元(electronic control unit, ECU)又称为车载计算机或者汽车计算机, 由微处理器(CPU)、存储器(ROM、RAM)、输入/输出(I/O)接口、模数转换器(A/D)以及整形、驱动等组成。图 3. 22 给出的是不同 ECU 在车内负责的各种不同的功能, 如后鼓风机、跟踪系统、顶置控制台、高级前向照明、无线电导航系统、电子可调方向盘和安全天窗遮阳等。

微控制器(micro control unit, MCU)如图 3. 23 所示, 负责各种外围器件与接口器件之间的控制, 也遍布悬挂、气囊、门控和音响等几十种次级系统(sub-system)中。

HCU(hybrid control unit, 混合控制单元)如图 3. 24 所示, 负责系统的动力分配、扭矩管理等功能。HCU 一般由增压阀(常开阀)、减压阀(常闭阀)、回液泵、储能器组成。

3.2.2 CAN 总线

车载总线就是车载网络中底层设备或仪器互联的数据通信网络。目前有四种车用总线: CAN 总线、LIN 总线、FlexRay 总线和 MOST 总线, 这里以 CAN 总线为例介绍。

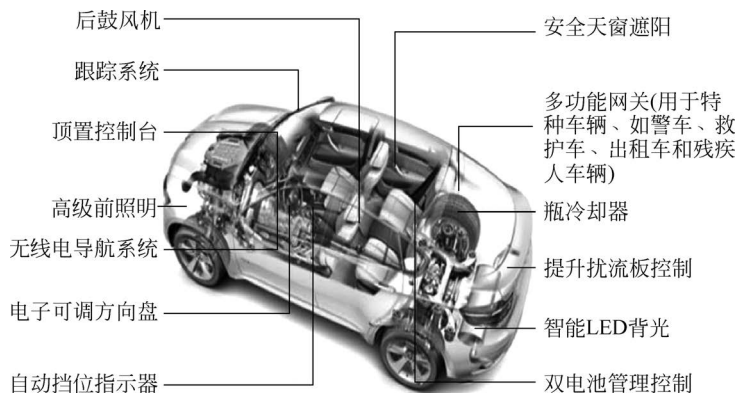


图 3.22 ECU



图 3.23 MCU



图 3.24 HCU

控制器局域网(controller area network,CAN),即 CAN 总线,是一种串行数据通信协议,其通信接口中集成 CAN 协议的物理层(physical layer)、目标层(object layer)和数据链路层(transfer layer)功能,可完成对通信数据的帧(frame) 处理,包括位填充、数据块编码、循环冗余检验、优先级判别等工作。图 3.25 所示为 CAN 总线的数据格式样本,包括仲裁 ID、数据长度码、数据、CRC 场和帧尾等。

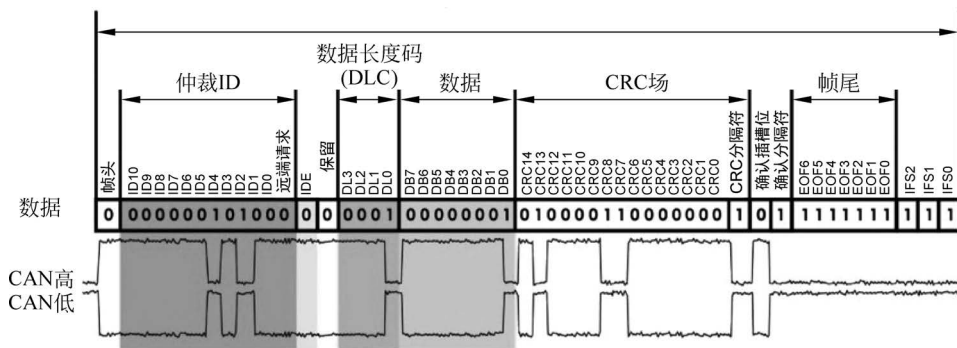


图 3.25 CAN 总线的数据格式样本

图 3.26 是一个 CAN 总线的控制板照片。

3.2.3 ESP

车辆电子稳定系统(electronic stability program,ESP)如图 3-27 所示,是一组控制车身

稳定的综合策略,包含防抱死刹车系统(anti-lock brake system,ABS)和驱动车轮防滑系统(anti-slip regulation,ASR)。图 3-27 中标记的 1~5 表示的组件分别如下。

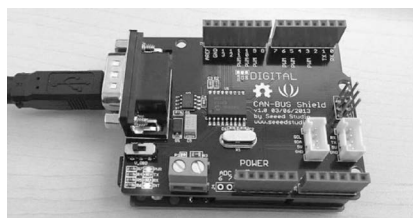


图 3.26 CAN 总线的控制板

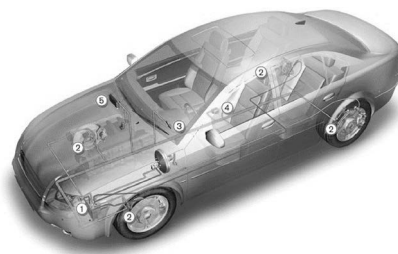


图 3.27 ESP

- ① ESP 液压装置和集成的发动机控制单元。
- ② 轮速传感器。
- ③ 转向角传感器。
- ④ 偏航率和横向加速度传感器。
- ⑤ 发动机控制单元。

ESP 是在 ABS 和 ASR 两种系统基础上的一种功能性延伸,其目的是在提升车辆操控性能时有效地防止在汽车动态极限状态下出现失控,所以能提升车辆的安全性和操控性。

3.2.4 EPS

电子助力转向(electric power steering,EPS)系统是直接依靠电机提供辅助扭矩的动力转向系统。与传统的液压助力转向(hydraulic power steering,HPS)系统相比,EPS 系统省去了 HPS 系统的动力转向油泵、软管、液压油、传送带和装于发动机上的皮带轮,具有调整简单、装配灵活以及在多种状况下都能提供转向助力的优点。

如图 3.28 所示,EPS 主要由扭矩传感器(torque sensor)、车速传感器(vehicle speed sensor)、

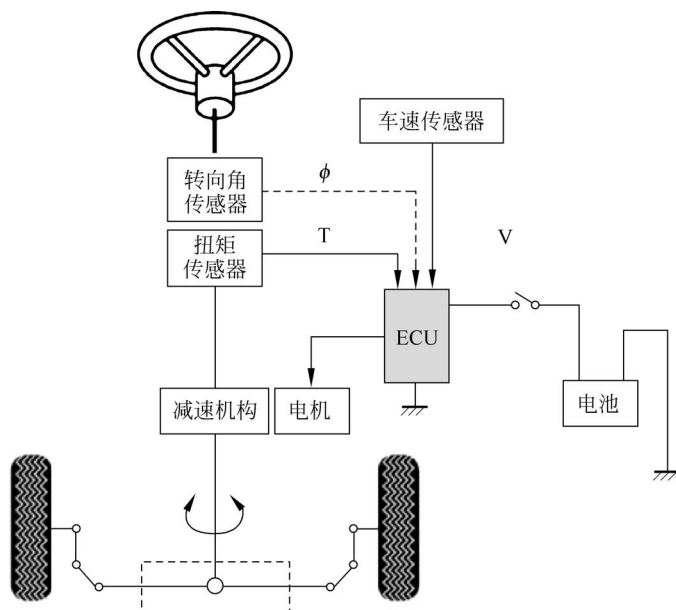


图 3.28 EPS 结构

电机(motor)、减速机构(reduction gear)、转向角传感器(steering angle sensor) 和电子控制单元(ECU)等组成。

3.3 计算平台

自动驾驶的计算平台有多种,如 CPU、GPU、DSP、ASIC 和 FPGA 等,这里以几个自动驾驶硬件供应商的产品为例介绍各个平台的特性,包括 NVIDIA 公司的 Drive AGX Xavier 和 Orin、Intel Mobileye 公司的 EQ 序列芯片、TI 公司的 TDA4VM 和 Qualcomm 公司的 Ride。

3.3.1 NVIDIA Drive AGX Xavier 和 Orin

NVIDIA 在 2018 年 CES(国际消费类电子产品展览会)上推出了 Xavier 平台,当时号称是世界上最强大的 SoC 系统。Xavier 可处理来自车辆雷达、摄像头、激光雷达和超声波系统的自动驾驶数据,是最早投入量产的 AI 芯片。Xavier 集成 90 亿颗晶体管,其中 CPU 采用 NVIDIA 自研 8 核 ARM64 架构(代号 Carmel),GPU 采用 512 颗 CUDA 的 Volta,支持 FP32/FP16/INT8,20W 功耗下单精度浮点性能 1.3TFLOPS, Tensor 核心性能 20TOPS,解锁到 30W 后可达 30TOPS。

2019 年 12 月,NVIDIA 推出面向 ADAS 和自动驾驶领域的新一代 SoC Orin,Orin 拥有 170 亿个晶体管,搭载 NVIDIA 下一代 GPU(即基于 Ampere 架构的 GPU)和 ARM Hercules CPU 核心,可以提供 200TOPS 的运算能力,是 Xavier 的 7 倍,功耗为 45W,于 2022 年量产,面向 L2+自动驾驶场景。

图 3.29 和图 3.30 所示分别为 INIDIA Drive 平台 AGX Xavier 和 Orin 的 SoC 架构图。

3.3.2 Mobileye 的 EQ-x

Mobileye 的 EQ 系列在之前的 EQ1~EQ3 主要支持 L2,即辅助驾驶。从 EQ4 开始,它可以支持自动驾驶 L3 以上的功能。图 3.31 和图 3.32 分别给出了 EQ4 和 EQ5 的内部结构。EQ4 能支持 8 路摄像头数据,而且可接收激光雷达和毫米波雷达数据。EQ5 设计成能接收 16 路摄像头数据和其他传感器数据,可以提供软件 SDK 以实现差异化的算法。

3.3.3 TI 公司的 TDA4VM

TDA4VM 芯片是基于演进 Jacinto 7 的架构,面向 ADAS 和自动驾驶应用。TI 公司有雄厚的信号处理芯片开发和市场经验,TDA4VM 组合了高性能计算、深度学习引擎、信号和图像处理专用加速器,并符合功能安全要求。以 TDA4VM 搭建的 ADAS 和 AV 平台支持集中 ECU 或独立传感器中的多种传感器模式。

TDA4VM 芯片的核心包括具有标量核和矢量核的下一代 DSP、专用深度学习和传统算法加速器。这些设备还包括用于通用计算的 ARM 和 GPU 处理器、集成的 ISP、视频编解码器、以太网集线器和独立的 MCU 岛。图 3.33 是 TDA4VM 的功能模块框图,而图 3.34 是 TDA4VM 在 ADAS 系统中集成多路传感器的框图。

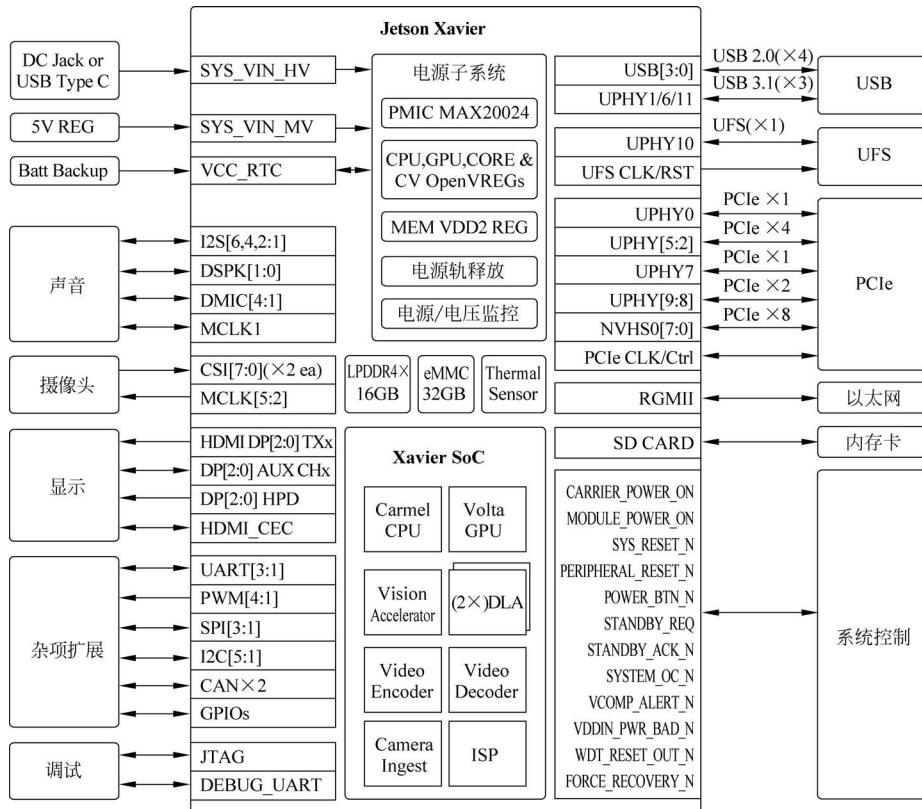


图 3.29 Xavier SoC 架构图

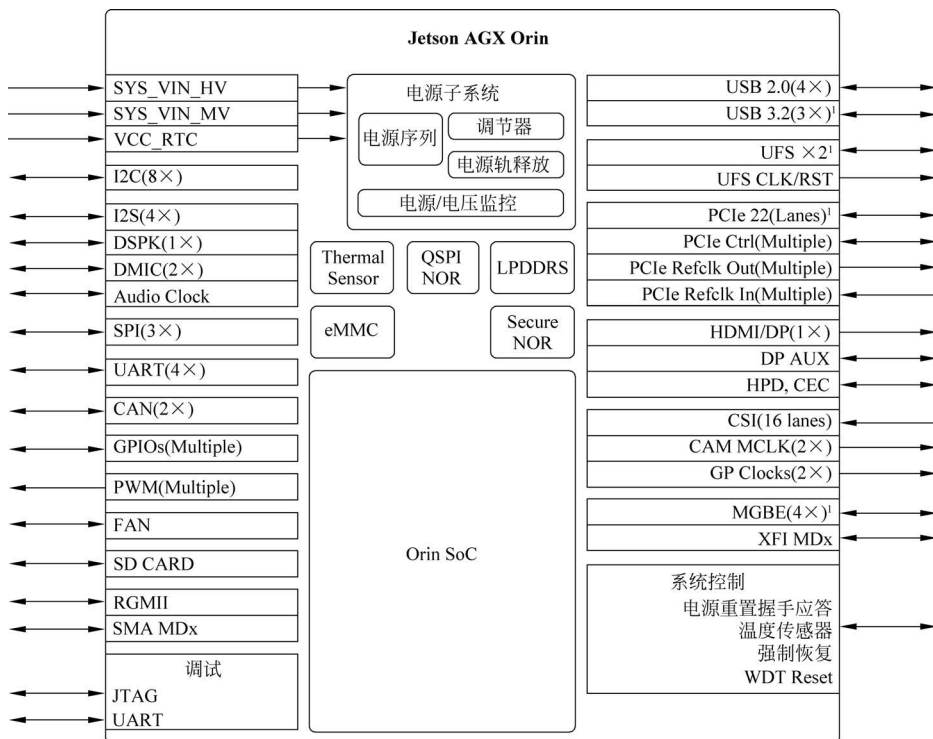


图 3.30 Orin SoC 架构图

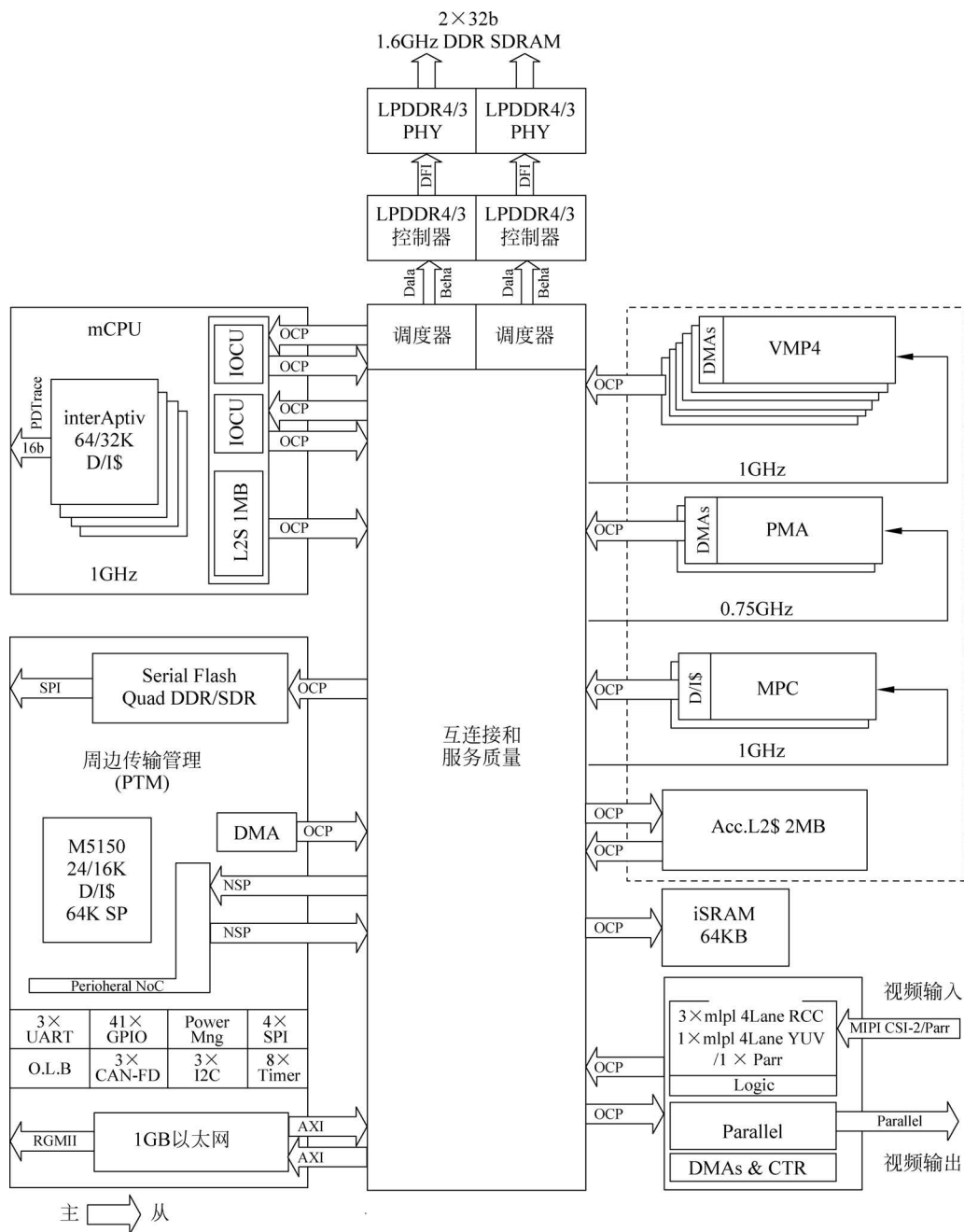


图 3.31 EQ4

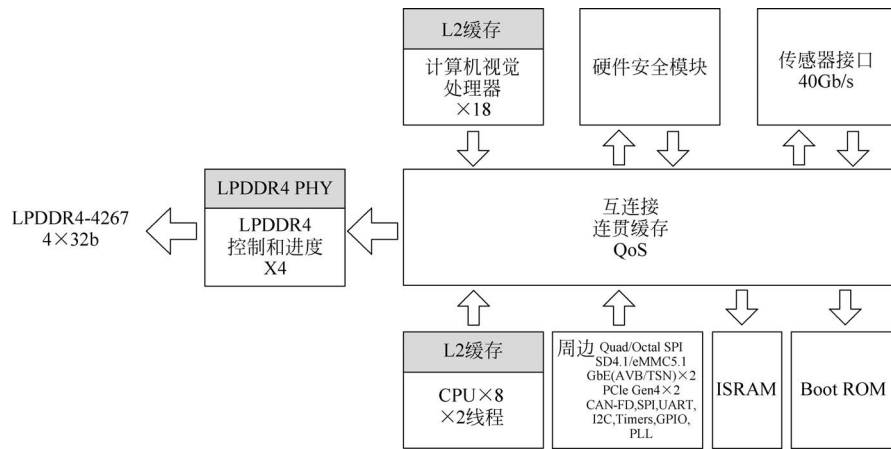


图 3.32 EQ5

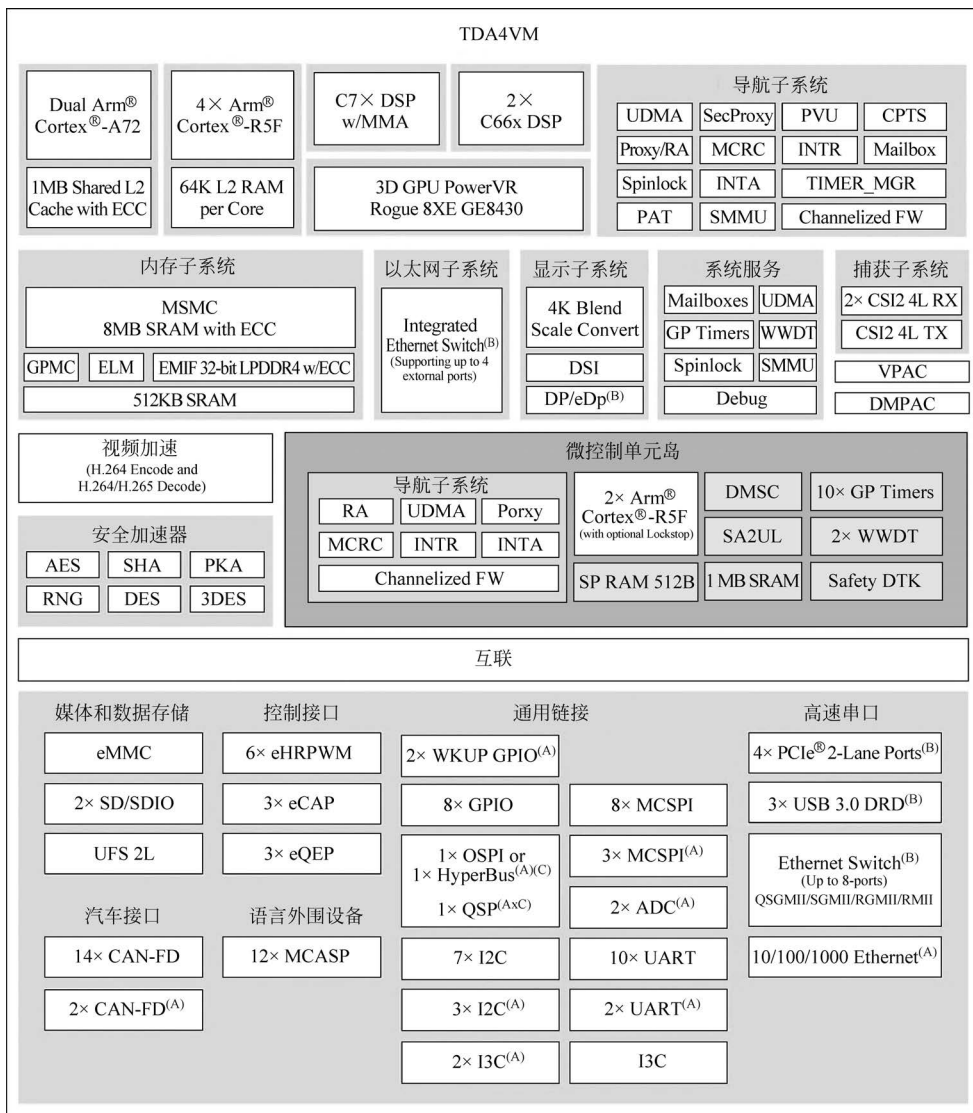


图 3.33 TDA4VM 的功能模块框图

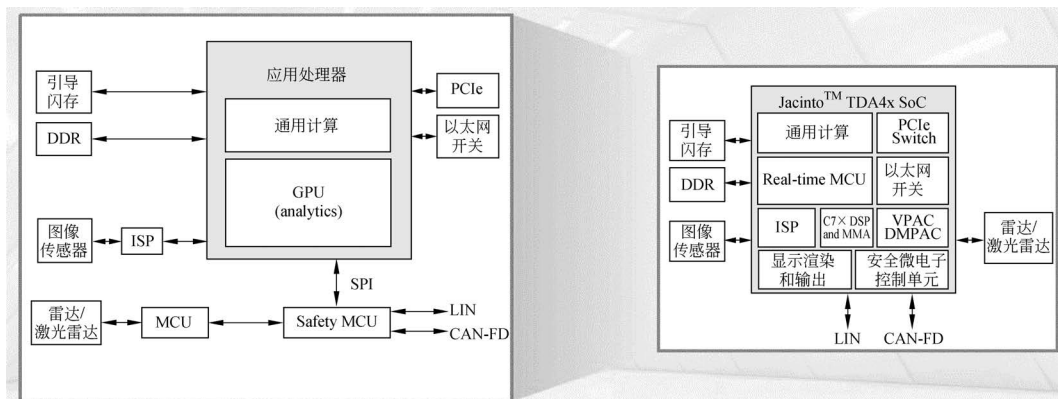


图 3.34 TDA4VM 在 ADAS 系统中集成多路传感器的框图

TDA4VM 支持 800 万像素(MP)摄像头,可以同时操作 4~6 个 300 万像素的摄像头,还可以将毫米波雷达、超声波雷达和激光雷达等其他多种传感器数据在一个芯片平台上进行深度融合(后融合)。对于深度学习模型运行,能支持 8TOPS 算力。TDA4VM 的功耗大概为 5~20W。

3.3.4 Qualcomm 公司的骁龙 Ride

擅长移动芯片产品的 Qualcomm 公司,设计了一个骁龙 Ride 平台,是车-云 ADAS 基础设施,包括:

- 低功耗 SoC 平台,包括内置功能安全的高性能计算和 AI 引擎。
- 开箱即用的视觉解决方案,支持前置和环绕摄像头。
- 提供模拟仿真和持续学习框架的丰富工具集,其中使用的 DNN(深度学习)可以上传云端更快地训练,之后新训练的网络可以从云端重新部署到设备。

骁龙 Ride 硬件平台的一个关键组成部分是骁龙 Ride SoC,具有支持 ADAS 应用程序的硬件模块,包括:

- 做神经网络感知的机器学习和视觉处理块。
- 做图像预处理和后处理应用的视觉加速器。
- 图形加速器,可视化和通用(GP)GPU 并行处理的支持。
- 支持流媒体的视频处理器。
- 符合 ISO 26262 的系统安全管理器。
- ARM 多核 CPU,用于运行通用驾驶策略应用程序。

如图 3.35 所示是骁龙 Ride 视觉 SoC 的结构图,该视觉系统支持多摄像头,分辨率可达 8MP 摄像头,包括前视摄像头和环绕摄像头;提供以太网和 CAN 通信,可处理雷达和激光雷达数据;此视觉系统还可以集成各种其他组件,包括泊车辅助、驾驶人监控和地图众包等;由安全处理器提供安全岛(safety island),为系统安全设计快速启动和安全诊断,还确保车辆网络安全。

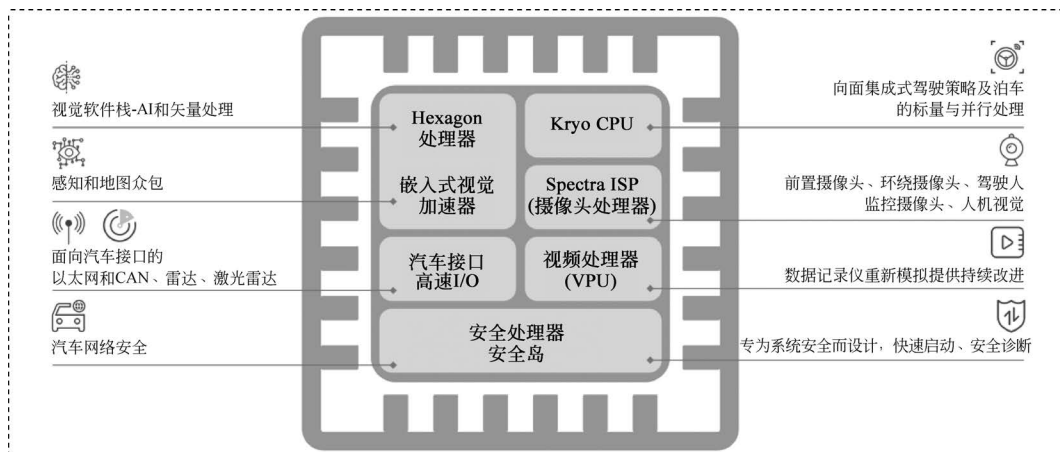


图 3.35 骁龙 Ride 视觉 SoC 的结构图

3.4 线控底盘

底盘系统约占整车成本的 10%，而线控底盘是自动驾驶的关键部件，因为如果不能得到它的支持，自动驾驶最终输出的控制信号不一定能够真正得到正确执行。

线控(drive-by-wire 或 X-by-wire)即用电线(电信号)的形式来取代机械、液压或气动等形式的连接,从而不需要依赖驾驶人的力或扭矩输入。

线控底盘主要包括制动系统、转向系统、驱动系统和悬架系统,其具备响应速度快、控制精度高、能量回收强的特点,是实现自动驾驶不可缺少的零部件。

线控底盘技术的安全性对于自动驾驶来说,是最基础、最核心的要素。曾经的纯机械式控制虽然效率低,但可靠性高。线控技术虽然适用于自动驾驶,但同时也面临电子软件的故障所带来的隐患。只有实现功能双重甚至多重冗余,才能保证在故障情况下仍可实现其基本功能。

全球 L4 自动驾驶创业公司最主流的测试开发车是林肯 MKZ,就是因为其高性能、高精度的线控能力表现,易于使用逆向工程实现改装,还有成熟的线控改造服务提供商 AS 和 DataSpeed,共同为自动驾驶初创企业研发提供了稳定、易用的平台。

电动车底盘有三电系统(电池、电机、电控),有能量回收和热管理系统、线控转向和制动系统,以及悬挂系统等。滑板底盘是把安装在底盘的转向、制动、三电和悬架等模块化布置,根据车型要求相应地变更需求模块,从而缩短开发周期。由于其外形类似于滑板,故名滑板底盘(skateboard)。滑板底盘拥有极高的灵活性,可以满足自动驾驶系统的需要。

滑板底盘最核心的优势是软件定义及软硬件解耦。它可以简化机械结构,减少零部件及硬件带来的边界和限制,可通过轮毂电机的分布式驱动算法升级实现更安全的底盘功能。底盘能够真正做到完全由软件定义,具体体现在分布式驱动算法上。因为分布式驱动算法能够实现底盘的完全解放,让它从传统的汽车底盘变成真正的轮式机器人。其背后需要一套算法驱动的设计和柔性制造系统,并实现多品类小批量的分布式制造,才能完全释放滑板底盘的模块化、灵活性等优势。

Arrival、Rivian、Canoo 和 REE 等欧美创业公司,还有中国创业公司 Upower(悠跑科技)和 PIX Moving,都宣布采用滑板底盘。而丰田、现代和雪铁龙等车企,还有舍弗勒和采埃孚等 Tier-1,都纷纷开始研发滑板底盘。

3.5 电子电气架构

伴随着汽车行业网联化、智能化、共享化和电动化(CASE)趋势推动下的智能化发展,促使汽车分布式架构向着集中式架构转变。E2A 是整合汽车各类传感器、处理器、电子电气分配系统和软硬件的总布置方案(包括数据中心平台和高性能计算平台)。

通过 E2A 可以将动力总成、驱动信息以及娱乐信息等转换为实际电源分配的物理布局、信号网络、数据网络、诊断、容错、功耗管理等电子电气解决方案。

汽车 E2A 基本划分为三个时代:分布式多 MCU 组网架构、功能集群式域控制器(domain controller)、区域连接域控制器(zone controller)及中央平台计算机(CPC)。

自动驾驶汽车需要使用大量传感器,车内线束也在迅速增长。车内需要传输的数据量激增,同时线束不仅承载的信号更多,而且数据传输速率要求更快。

自动驾驶在新一代 E2A 平台下,通过标准化 API 实现了软硬件的真正解耦,可以获得更强算力的支持,同时数据通信的带宽也得到增强,资源分配和任务调度更加灵活,另外也方便 OTA(over-the-air,空中下载)。

针对智能汽车 E2A,Aptiv 提出“大脑”与“神经”结合的方案,包括三部分:中央计算集群、标准电源和数据主干网络,以及电源数据中心。这个智能汽车架构关注三大特性:灵活性、生命周期内持续更新性,以及系统架构相对容错性和稳健性。

特斯拉 Model 3 的 E2A 分为域控制架构和电源分配架构。驾驶辅助与娱乐系统 AICM(自动驾驶及娱乐控制模块)控制合并到 CCM(中央处理模块)中央计算模块当中,而电源分配架构则考虑自动驾驶系统所需要的电源冗余要求。

3.6 小结

本章介绍自动驾驶需要的硬件平台,包括传感器、车体控制、计算平台、线控底盘和电子电气架构等。第 4 章将介绍自动驾驶的软件平台。

参考文献

