

高性能嵌入式计算数据记录

——适用于 Level 5 自动驾驶的 4.4 GB/s 数据记录

摘要

自动驾驶根据驾驶员的干预程度进行分类，从 Level 0（无自动化）到 Level 5（全自动）。

要在汽车，国防和其他行业中实现 Level 5 自动驾驶，就需要以前所未有的速度来收集，存储和处理数据。而迄今为止，嵌入式设备和边缘计算机还无法做到这一点。

非常多的车辆传感器（高清摄像机、激光雷达）会产生大量的连续的数据流，需要在车辆中实时对其进行处理；这转化为一系列特殊要求：

- 极高的性能
- 极高的存储容量
- 坚固性
- 汽车级电源
- 特定应用认证
- 紧凑性

DynaCOR 40-34 是一个满足所有这些要求的设备。它提供了一个灵活的平台，可以在车轮上创建一个真实数据中心。

最重要的是，DynaCOR 40-34 在自动驾驶和其他坚固应用中，是一种高性能数据记录的领先解决方案。

Level 5 自动驾驶挑战

Level 5 驾驶是自动驾驶的最高级别；简单来说，在 Level 5 的车辆上，人类不需要做任何控制操作：车辆没有方向盘，制动踏板和加速踏板，并且由车辆自己决定所有情况下的对应操作。

仅汽车行业就在开发自动驾驶技术上投入了数十亿美元的资金，并且众多其他垂直市场（例如国防）也在相似的路线图上十分活跃。

所有参与者都将面临各种跨越多学科和技术的新挑战。在这份白皮书中，我们将重点介绍这些新的硬件要求以及如何满足它们。

性能

即使是中等程度的自动化，自动驾驶车辆生成的数据量也是前所未有的大，是传统嵌入式计算机无法比拟的。例如，在 2017 年闪存峰会上提出了估算值，并按传感器的典型带宽使用场合进行划分：

Sensor	Bandwidth per sensor	Number in vehicle
RADAR	0.1-15Mb/s	4 to 6
LIDAR	20-100Mb/s	1 to 5
Camera	500-3500Mb/s	6 to 12
Ultrasonic	<0.01 Mb/s	8-16
Vehicle motion, GNSS, IMU	<0.1 Mb/s	

总体而言，在最简单的情况下，传感器使用的总带宽为 3~4Gb/s，在最复杂的情况下，传感器的总带宽会达到 40Gb/s，并且预计在技术开发阶段，这些数据将会更大。

重要的是要注意，这些估计值是持续运行时需要的，而不是一个峰值。应用程序的性质要求所有计算和网络资源有持续、不间断的可用性。延迟也必须保证尽可能低。

极高的存储容量

如上一节中所示，自动驾驶汽车在最简单的情况下会产生约 4Gb/s 的连续数据流，可转换为 1.8TB/h；在更复杂的场景下可高达 40Gb/s 或 18TB/h。因此，自动驾驶的存储容量要比传统嵌入式计算设备的典型容量大几个数量级。

坚固性

由于将 40Gb/s 的无线数据流直接从车辆传输到数据中心非常不切实际，所以必须在行驶中的车辆上安装数据记录仪，并保证它在汽车应用极为恶劣的条件下能够可靠运行。这种要求导致了一个难题：高性能组件是为高度受控和良性环境而设计的；而坚固的设备通过牺牲性能的方式（避免风扇、通风孔和其他潜在的故障点）来达到降低平均故障间隔时间的目的。另一个冲突的例子来自尺寸要求：高性能设备比坚固的设备大得多，因为它们需要更好的散热；不幸的是，这在现实中是一个大问题，因为车辆中的可用空间非常有限。

一些产品尝试按照数据中心平台的方式来缓解这些问题：常常添加减震器和额外的风扇以提高设备在现场的生存能力。不幸的是，汽车环境非常苛刻，并且这样的解决方案带来了许多缺点：减震器需要针对较宽的频率范围进行细微地调整，这导致设备难以加入笨重装置，或者成为次优保护并减少自身的预期寿命。类似地，增加风扇和通风孔仅在少数情况下可以改善热交换，比如在安装凹槽中有足够的空气循环和交换的情况下，但这在典型应用中很少见。风扇和通风孔的缺点是增加了污染物和灰尘渗透到设备电路中的风险，并潜在降低了系统的可靠性。

认证

由于很难达到必要的性能和可靠性水平，因此认证在为特定应用的系统适用性建立客观和可衡量标准方面上起着根本作用。汽车认证（例如 E-Mark，ECE

ONU R10, ISO 16750 和 IEC 60068-2-6 / 60068-2-27) 是在实际环境的恶劣条件下描述系统性能的客观方法。

紧凑

如前几节所述, 系统的物理尺寸需要尽可能小, 以允许将记录器安装在车辆中。空气冷却的局限性导致选择变得艰难。更好的方法是切换到液体冷却, 该技术更适合坚固而紧凑的设计。由于液体冷却已经成为几乎所有车辆(包括全电动汽车)的一部分, 设备可以重复利用现有基础设施, 同时还可以更有效地利用电力。

DynaCOR 40-34: “打破”所有记录

在过去的 25 年中, Eurotech 为寻求尖端性能和可靠性的客户提供了 HPC(高性能计算)和 HPEC(高性能嵌入式计算)解决方案。最新的产品组合提供了一套完整的设备, 可以在现场构建复杂而灵活的计算架构:

- DynaCOR 50-35: 坚固的计算单元, 用于 AI 和高强度计算
- DynaCOR 40-34: 坚固的存储/记录单元
- DynaNET 100G-01: 坚固的 16 端口以太网交换机 (16x 40/56 / 100GbE)
- DynaNET 10G-01: 坚固的 52 端口以太网交换机 (48x 1GbE + 4x 10GbE)

白皮书重点介绍了 DynaCOR 40-34, 这是一种多功能设备, 可用于任何要求高性能水平的坚固型应用中。

DynaCOR 40-34 的基本规格为:

- 存储容量: 16TB NVMe (2 个带区单元, 每个 7.68TB)
- 读取性能: 6.1Gbyte / s (顺序)
- 写入性能: 4.4GB / s (峰值); 4.0 GB / s (顺序-特定于工作负载)
- 网络: 2 个 40/56 Gb/s 以太网
- CPU: Intel Xeon E3-1281v3 @ 3.70GHz
- GPU: Nvidia GTX 1050Ti
- 功耗: 最大 350W
- 液冷散热
- 可选的扩展坞
- 尺寸: 157x162x455mm (高 x 宽 x 厚) - 不带扩展坞
- 认证:
 - CE
 - 电子标志
 - ISO 16750
 - IEC 60068-2-6
 - IEC 60068-2-27

DynaCOR 40-34: 内部架构

DynaCOR 40-34 具有简化的体系结构，不会出现数据流瓶颈。该设计的核心是一个 96 通道的 Gen 3 PCI Express 交换机，用来路由所有组件之间的通信。拓扑尽可能保持简单，每个设备都连接 16 个通道，可提供大约 13GB/s 的净流量，这与传入的数据流带宽一致（在理论条件下为 2x 56Gb/s 或大约 14GB/s，在实际情况下为 10GB）。

NIC 和 NVMe 之间的 DMA（直接内存访问）避免了瓶颈，并使 CPU 免于其他任务的负担，例如，可以使用它来创建 RAID 集或运行中小型工作负载。还提供了 GPU，可用于对传入或存储的数据运行高级推理模型。

DynaCOR 40-34 旨在适应各种客户特定需求（作为专业服务）；例如，一个可选的扩展托架用于搭载标准 PCIe 卡，该卡可以提供现场总线接口，加速器，存储，客户专有的硬件和许多其他类型的功能。

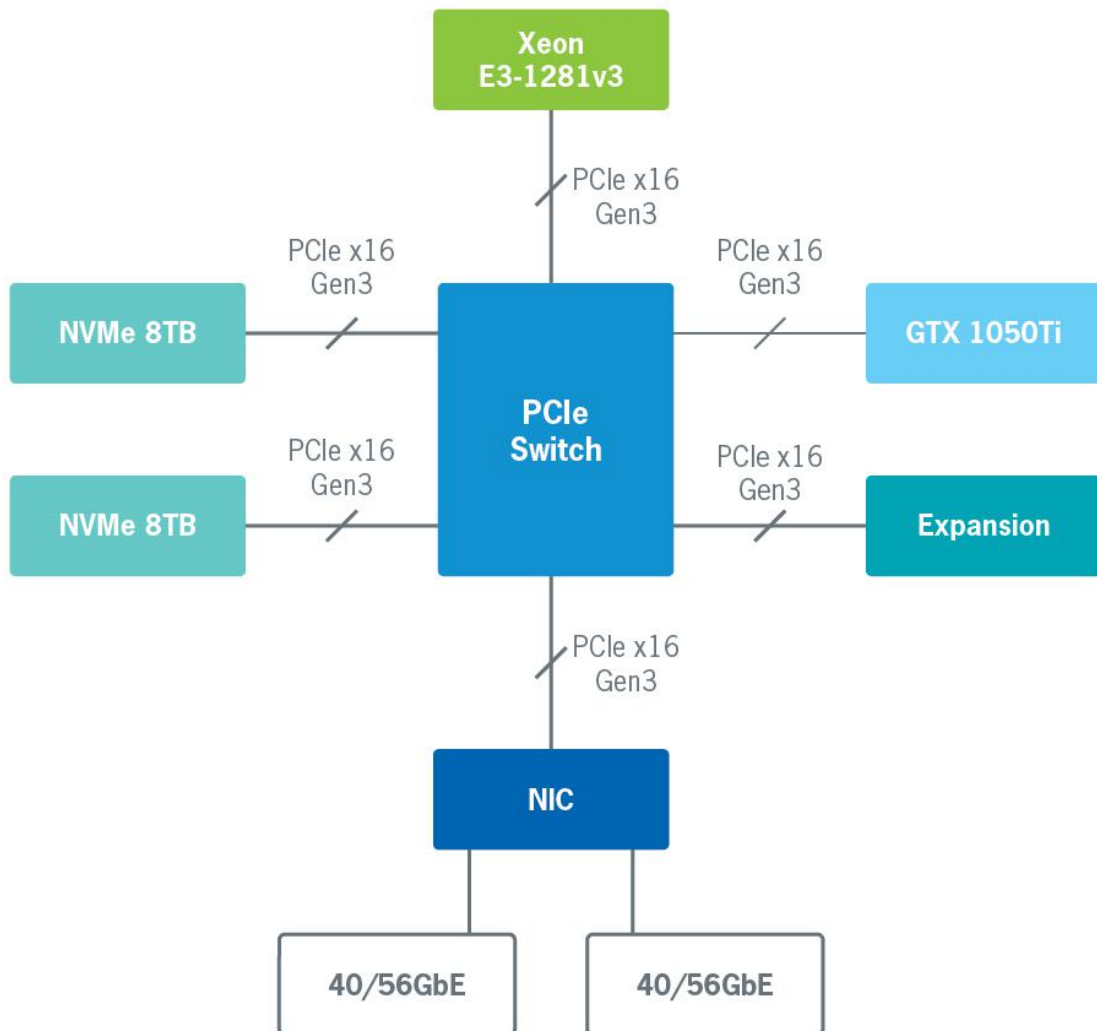


图 1: DynaCOR 40-34:内部架构

Level 5 自动驾驶：系统架构

在本节中，我们将展示如何利用 Eurotech 的 HPEC 系统，组合出一个能够在汽车和坚固型应用中提供极高的性能和容量的体系结构。就像 DynaCOR 40-34 一样，以下所述的所有其他产品都通过了汽车应用的认证，并具有液体冷却功能，可实现与用户应用的无缝集成。

独立架构

该用例是一个简化的高性能数据记录应用程序的示例，其中 DynaCOR 40-34 通过 DynaNET 10G-01 接收来自多个车辆传感器的聚合数据流。该架构具有 40GbE 骨干网和多达 48 个 1GbE 数据源。

该系统为需要在实际驾驶条件下收集车辆和世界数据集的客户提供了巨大价值，允许他们利用现有的商用车辆，仅需要进行少量的修改。该系统极其紧凑，并通过了汽车认证，仅使用典型小型汽车后备箱体积的一小部分即可安装 DynaCOR 40-34 和 DynaNET 10G-01。

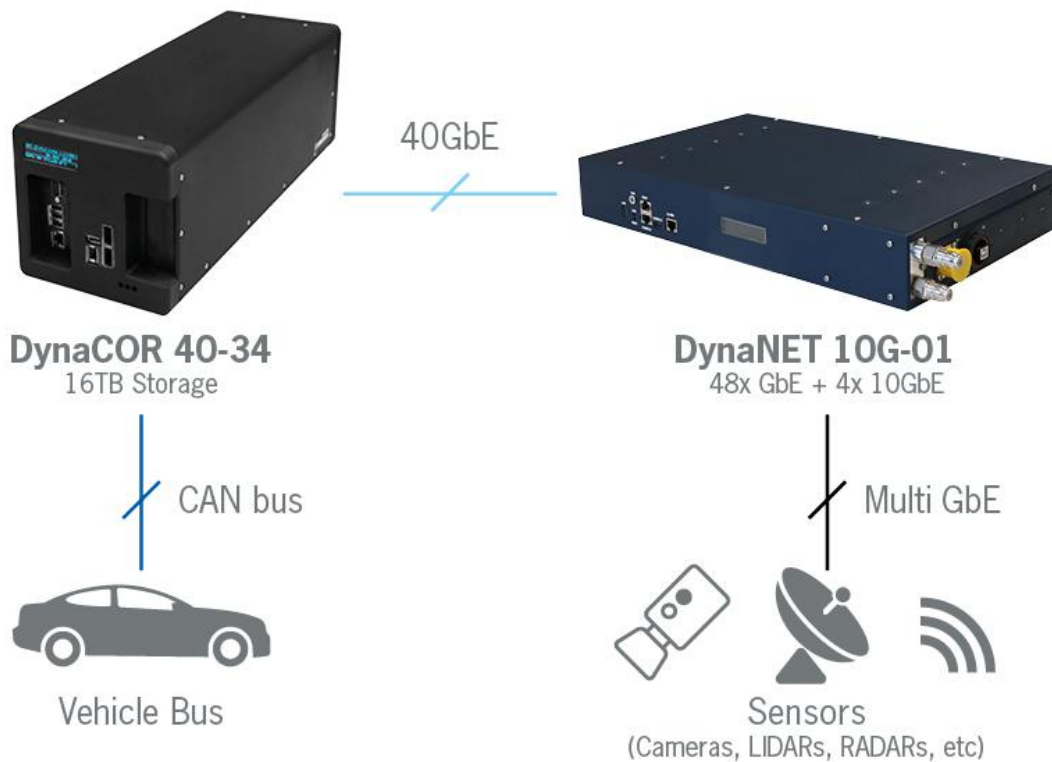


图 2：独立架构

	Number of units	CPU (DP TFLOPs)	GPU (FP32 TFLOPs)	Storage (TB)	Bwidth (GbE)	Volume (m ³)	Weight (Kg)	Peak Power (W)
DynaCOR 40-34	1	0.8	2.1	16.0	112	0.01	11	450
DynaCOR 50-35	0	0.0	0.0	0.0	0	0.00	0	0
DynaNET 100G-01	0				0	0.00	0	0
DynaNET 10G-01	1				88	0.01	5	70
Totals	2	0.8	2.1	16.0	200	0.02	16	520

Table 1. Summary of Architecture Features (DYCOR-40-34-02, DYNET-10G-01-01)

数据处理架构

该用例为上一节的独立架构的日志记录容量增加了可扩展的计算功能，并引入了两个新的构建块：DynaCOR 50-35 和 DynaNET 100G-01。

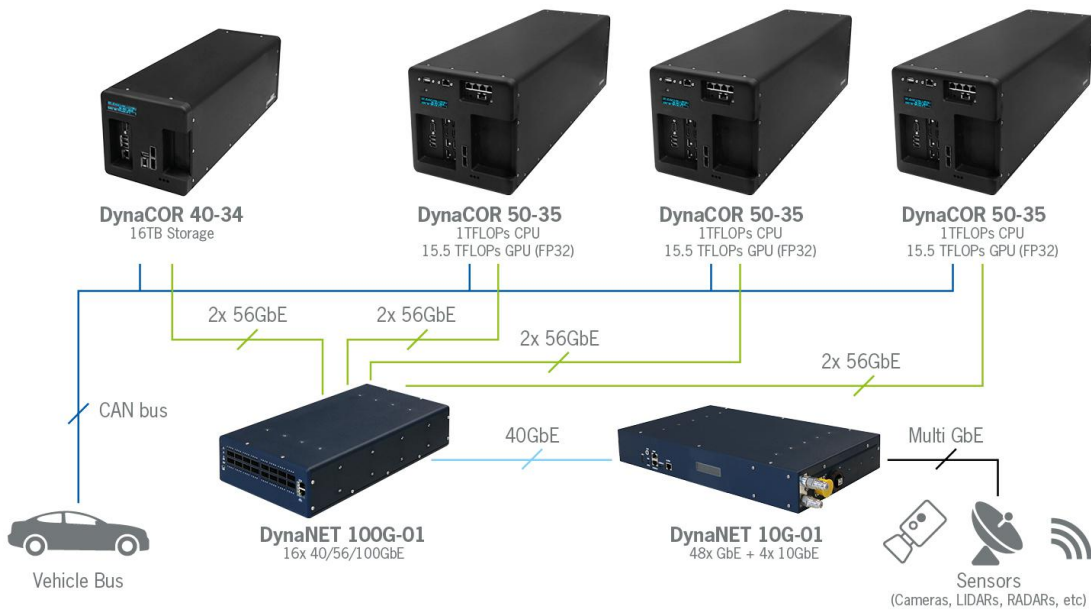


图 3：数据处理架构

	Number of units	CPU (DP TFLOPs)	GPU (FP32 TFLOPs)	Storage (TB)	Bwidth (GbE)	Volume (m ³)	Weight (Kg)	Peak Power (W)
DynaCOR 40-34	1	0.8	2.1	16.0	112	0.01	11	450
DynaCOR 50-35	3	3.0	46.5	1.5	336	0.09	60	3000
DynaNET 100G-01	1				1600	0.01	6	210
DynaNET 10G-01	1				88	0.01	5	70
Totals	2	3.8	48.6	17.5	2136	0.12	82	3730

Table 2. Summary of Architecture Features (DYCOR-40-34-02, DYCOP-50-35-02, DYNET-100G-01-01, DYNET-10G-01-01)

上述示例中，传感器数据流由 DynaNET 10G-01 集合，然后注入主干 DynaNET 100G-01。在这种安排下，所有 DynaCOR 都使用 2x56GbE 链路，每个设备的总带宽为 112Gb/s，可以动态分配。可以做出合理的假设：连续、实时的传感器数据流（最高 40Gb/s）将被引导到第一个 DynaCOR 接口，而第二个可用于计算任务和消息。

DynaNET 100G-01 和 DynaNET 10G-01 的显著特征是工作在网络层，可实现非常精细的流量管理。这对于下面内容很关键：最大程度减小延迟并确保数据流定向到正确的设备，避免数据匮乏和其他会降低整个体系结构的确定性操作条件的网络问题。

由于 DynaNET 100G-01 提供了 16 个支持 40/56/100 Gb/s 的端口，而 DynaCOR 40-34 和 DynaCOR 50-35 都具有双重 40/56 Gb/s 接口，因此可以混合和匹配最多 15 个使用 40/56 Gb/s 链接的 DynaCOR，或最多 7 个使用 80/112 Gb/s 链接的 DynaCOR。一个或两个 40GbE 链路可用于到达连接到一个或两个 DynaNET 10G-01 的传感器网络。

通过混合和匹配构建基块，可以达到极限配置，例如：高达 256TB 的 NVMe 存储容量（使用 16 个存储设备），或高达 16 TFLOPS（CPU）+ 248 TFLOPS（GPU, FP32）的计算性能，以及两者之间的任何东西。

值得注意的是，每个 DynaCOR 均具有 2 个 GbE 接口，即使在极端情况下也可以直接连接传感器。此外，DynaCOR 50-35 可以配置 NVME 存储，为客户提供额外的灵活性。

冗余架构

在最后一个示例中，我们展示了如何通过添加两个交换机来实现冗余体系架构。当然这是一种简化后的方法，不能完全反映实际情况下如何实现真正的冗余架构。但这个示例仍然说明了如何在普通车辆中创建非常复杂的计算和存储基础

结构，同时保证空间、操作条件和总允许功率符合外界的物理条件。

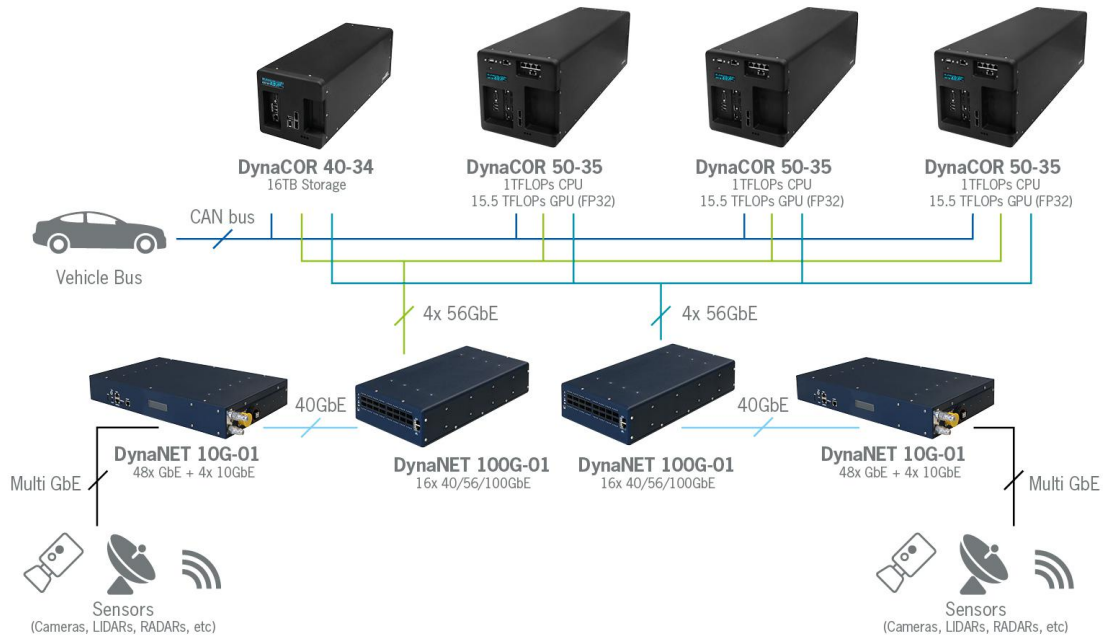


图 4：冗余架构

	Number of units	CPU (DP TFLOPs)	GPU (FP32 TFLOPs)	Storage (TB)	Bwidth (GbE)	Volume (m ³)	Weight (Kg)	Peak Power (W)
DynaCOR 40-34	1	0.8	2.1	16.0	112	0.01	11	450
DynaCOR 50-35	3	3.0	46.5	1.5	336	0.09	60	3000
DynaNET 100G-01	2				3200	0.01	12	420
DynaNET 10G-01	2				128	0.02	10	140
Totals	8	3.8	48.6	17.5	3776	0.13	93	4010

Table 3. Summary of Architecture Features (DYCOR-40-34-02, DYCOR-50-35-02, DYNET-100G-01-01, DYNET-10G-01-01)

液体冷却

大多数车辆都配备了液体冷却设施。100%的电动汽车也是如此，电动汽车使用液体冷却来实现高密度电池组。这种选择有令人信服的理由：例如效率，可靠性，适应性和紧凑性。同样，许多大功率工业设备采用液体冷却作为解决方案，例如激光器、电力电子设备和机械。

Eurotech 是一家提供坚固耐用的 HPC 系统的公司，已有 25 多年的历史。并且在液体冷却解决方案和专利技术方面拥有广泛的，经过实践验证的经验。

DynaCOR 可以利用商用车辆的液压系统，具体取决于设备数量和现有基础设施的容量。冷却一个外部温度为 40°C 的设备所需的流量仅为 2 L/m，工作压力为 2 bar。

即使 DynaCOR 40-34 使用的功率可以高达 450W，出口处冷却液的温度也仅会升高 1-3°C。因此，如果入口冷却液的温度为 40°C，则返回回路时温度将为 41-43°C，这对总负载产生的影响很小。

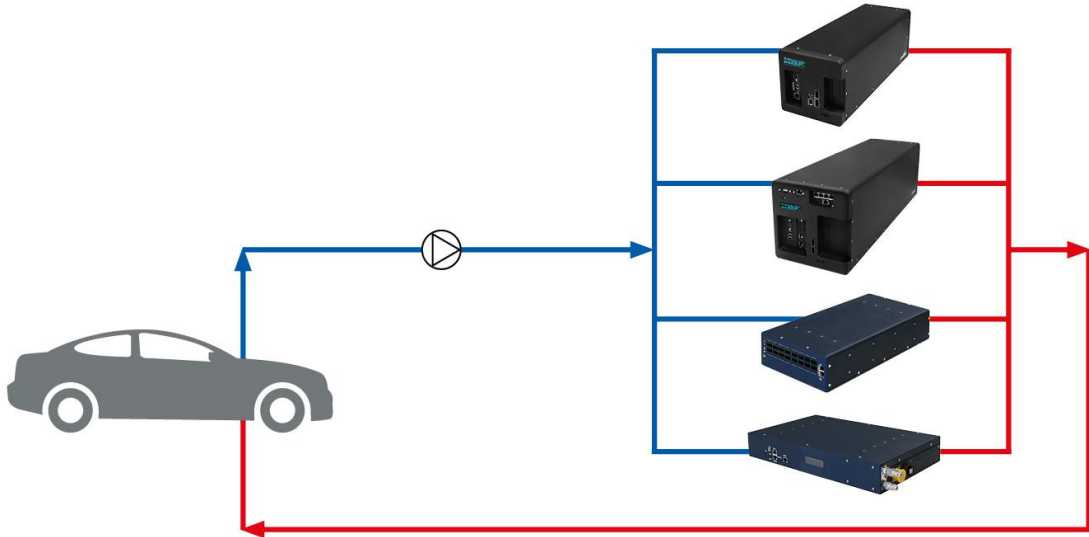


图 5：液体冷却电路

结论

启用 Level 5 无人驾驶会带来前所未有的挑战，一些传统嵌入式技术难以应对的挑战。计算性能，存储容量和网络带宽要比大多数公司在其坚固耐用的设备中提供的性能高几个数量级。

Eurotech 充分利用了坚固耐用的计算和 HPC 方面的丰富经验，创建了完整的 HPEC 系统产品组合，可用于创建“轮子上的数据中心”，即坚固耐用且经过认证的设备，这些设备通常具有 Edge 功能，通常属于数据中心。

关于虹科汽车电子

虹科汽车电子在汽车总线行业经验超过 10 年，与世界知名的 CAN、LIN 总线和数采专家 PEAK-System、Lipowsky、IHR 等合作 10 年之久，提供领域内顶尖水平的 CAN/LIN 分析仪和测试方案，高防护等级和高精度的数采系统。虹科自主研发的 EOL 测试软硬件系统已经在业内完成多次安装和测试，事业部所有成员都受过国内外专业培训，并获得专业资格认证，五位工程师平均 5 年+技术经验和水平一致赢得客户极好口碑。

此外，我们积极参与行业协会的工作，为推广先进技术的普及做出了重要贡献。至今，全国领域内主机厂以及零部件厂家和供应商等客户已达 2600 多家，虹科成为汽车行业内知名的技术方案供应商。



关于虹科

广州虹科电子科技有限公司（前身是宏科）成立于 1995 年，总部位于中国南方经济和文化中心 - 广州市。我们耕耘的 9 个事业部包括医药与电子技术、软件工程、无线电通信与监测、网络可视化、测试测量与控制、汽车电子、汽车售后诊断、工业通讯与工业物联网。

目前我们在广州、北京、上海、西安、成都、武汉、深圳、南京、杭州设有分支机构，并在台湾和美国硅谷成立了分公司，合作伙伴和案例覆盖全球。

十多年来，9 个事业部所有成员都受过专业的国内外培训，并获得专业资格认证，并与美国、英国、德国、瑞士、意大利、加拿大等全球顶尖公司的技术和产品合作，我们积累了各领域的顶尖技术水平和知识经验，最终将它们应用于所有用户项目和研发中，获得了行业内用户的高度认可和好评，我们的用户来源于口碑相传。

虹科每年发布了超过业内平均水平的专利数量，并先后评为科技创新小巨人、高新技术、守合同重信用等企业。我们积极参与行业协会的工作，为推广先

进技术的普及做出了重要贡献。近几年，虹科高速发展，我们已经成为所在领域的知名公司，并多次获得行业大奖。

主要产品有：

1、汽车总线工具方面

- a) 德国 PEAK-System 的 CAN/CAN FD 卡，CAN/CAN FD 总线分析软件，CAN/CAN FD 路由器，CAN IO 数采模块等；
- b) 德国 Lipowsky 的 Baby-LIN 系列 LIN 总线仿真分析工具；
- c) 德国益驰的 CAN 总线仿真分析工具；
- d) 英国 Influx 数采模块和数据记录仪。

2、测试测量方面

- a) 英国 PicoScope 汽车诊断示波器；
- b) 英国 Pickering Interfaces 的产品：主要是有信号开关与程控电阻，架构形式有 PCI, PXI, LXI, GPIB；分类有：通用、矩阵、多路复用、射频与微波模块，故障注入开关，光纤开关等；
- c) 美国 Marvintest solution 基于 PXI/PXIe 的功能模块和系统，主要有：数字 I/O、FPGA、万用表、模拟板卡、信号源、电源、机箱、控制器、ATEasy 开发软件，半导体测试系统等；
- d) 意大利 AT、美国 DS 信号源等。

3、工业自动化方面

- a) 德国 SYSTEC 的 CANopen 源代码，PLC Core；
- b) 德国 KUNBUS 的模块化工业网关，工业以太网和现场总线通讯接口嵌入式模块；
- c) 德国 KPA 的 EtherCAT 网络开发、安装和诊断工具，EtherCAT 主站、从站协议栈；
- d) 其它还有 Helmholtz（赫姆赫兹），Softing，PROCENTEC 等；
- e) 德国 Microcontrol 的坚固性数采模块。

4、数据采集方面

主要用于测量和/或记录温度、湿度、压力、振动，光照，CO₂，4-20mA，0-10V 等的传感器/变送器，数据记录仪，温度记录仪，中央环境监测系统等。

- a) 药品供应链的温度等监测解决方案：主要品牌瑞士 ELPRO，PDF 温度/湿度记录仪，完全符合 GxP 法规；
- b) 数据记录仪：主要品牌瑞士 MSR（微型记录仪），欧洲 Comet，瑞士 ELPRO；
- c) 工业变送器和传感器：主要品牌欧洲 Comet。输出可选 RS232，RS485，以太网，PoE，4-20mA，0-10V，继电器；
- d) 中央环境监测系统：主要品牌瑞士 ELPRO，欧洲 Comet。

5、无线电通信与监测方面

- a) 拉脱维亚 SAF 的手持式频谱仪；
- b) 加拿大 thinkRF 的模块化频谱仪；
- c) 意大利 Rover 用于卫星通信的射频光纤链路、合路器/分路器、转发器矩阵、冗余开关等；

- d) 瑞典 PROGIRA 广播网络规划、频谱规划、在线可视化网络覆盖等的软件解决方案；
 - e) 德国 Novotronik 用于音频、高频信号切换和分配的开关矩阵、多路耦合器、放大器等定制解决方案。
- 6、网络安全与可视化
- a) 网络可视化产品：主要品牌 Cubro, Profitap, Ntop, 包括网络数据包代理, 分路器, 旁路交换机, 云交换机, 网络探针, 网络设备管理平台, 网络流量分析器, 多合一网络分析工具等；
 - b) 软件安全：主要品牌 Veracode, 包括静态分析 SAST, 动态分析 DAST, 软件开发组件分析 SCA, 交互测试分析 IAST 等等；
 - c) 时间同步：主要品牌 Elproma, 提供 NTP PTP/IEEE1588 IRIG 网络时间同步解决方案。

联系我们：罗伟光 手机/微信号：135 1276 7172；邮箱：lwg@hkaco.com
广州总部：广州市黄埔区科学城科学大道 99 号科汇金谷三街二号 701 室

欢迎关注我们汽车电子公众号，了解更多汽车总线基础知识以及产品应用。



汽车电子公众号



罗伟光个人微信