

白皮书

通过嵌入式雷达技术提高汽车安全性

Andrew Robertson

飞思卡尔汽车MCU事业部高级应用工程师

Maik Brett

飞思卡尔汽车MCU事业部系统架构师

Ralf Reuter

飞思卡尔模拟安全系统事业部系统工程经理

摘要

为了满足汽车行业对主动和预测安全系统的需求，半导体提供商正在开发创新的、基于雷达技术的嵌入式解决方案。这些新一代技术为高级驾驶员辅助系统(ADAS)的设计人员提供独特的功能，支持可挽救生命的安全特性，并符合最新的法规。

目录

- 2 介绍
- 2 日益增加使用的基于雷达技术的安全系统
- 3 Qorivva MPC577xK
MCU：行业领先的集成和性能
- 4 MRD2001 77 GHz 雷达收发器芯片组：高性能并可扩展至多通道
- 5 高级封装技术
- 5 开环雷达
- 6 雷达应用
- 7 嵌入式雷达组件
- 8 安全特性
- 8 总结



介绍

在世界各地，道路交通事故遇难人数不断攀升。2010年，全球有124万人死于道路交通事故，交通事故成为全球第八大导致死亡的主要原因（信息来源：世界卫生组织）。在发达地区，汽车被动安全系统、安全带、安全气囊、撞击缓冲区已经成为减少车主和行人死亡和严重伤害的重要手段。

而在发达地区，车辆互连程度越来越高，向车辆驾驶者提供的信息也越来越多，分析人员认为驾驶员分心是导致死亡和严重伤害事故的真正潜在因素。因此，改善自动安全系统的需求一起存在，也逐年高涨。

随着全球汽车行业正在为车辆事故零死亡率的目标努力，消费者需求和政府法规也在推动完善汽车安全标准，越来越多的现代汽车采用主动和预测型防碰撞安全系统。

高级驾驶员辅助系统（ADAS）的扩展功能——如电子稳定性控制和后视摄像头，以及基于视觉的行人检测系统——通过改进微控制器和传感器技术实现。增强型嵌入式雷达解决方案可为ADAS设计人员提供补充型安全特性。

日益增加使用的基于雷达技术的安全系统

近期出台了一些法规，预计未来越来越多的ADAS系统将成为政府强制要求的系统，如汽车后视摄像头和面向商务车的高级紧急制动辅助系统（AEBS），飞思卡尔已经开发了一些新产品以支持这些人们急需的应用。

基于雷达技术的安全系统可管理盲点和侧面碰撞检测，以及中远距离正面雷达，实现自适应巡航控制。飞思卡尔引领嵌入式雷达解决方案市场，拥有技术精湛的设计团队，不断推动嵌入式微控制器和专门面向雷达应用的77GHz毫米波集成电路的创新。

典型雷达模块由发射解决方案(Tx)、电压控制振荡器(VCO)、三通道接收器IC(Rx)及微控制器(MCU)组成。芯片通过约38GHz的本地振荡器(LO)信号连接。通过串行外设接口(SPI)总线可独立控制每个芯片。主控制器和调制主机是带有集成式高速模数转换器(ADCs)的单个微控制器，并具备适当的信号处理功能，如快速傅里叶转换(FFT)。

凭借Qorivva MPC577xK MCU和MRD2001 77 GHz封装雷达收发器芯片组，飞思卡尔推出了新一代基于嵌入式雷达技术的产品。全新的封装雷达收发器芯片组由一个VCO (MRD2001VC)、一个2通道Tx发射器(MRD2001TX)和一个3通道RX接收器(MRD2001RX)组成。这些新产品为汽车设计提供了完整的嵌入式雷达系统。

些先进的雷达解决方案进一步完善了飞思卡尔现有的高性能ADAS解决方案。例如,飞思卡尔嵌入式摄像头/视频产品——如SCP220x图像识别处理器(ICP)系列和Qorivva MPC5604EMCU——专为高级视觉处理而设计,用于检测车辆和行人。随着全新的基于雷达技术产品的推出,飞思卡尔提供了完整的ADAS解决方案,可满足汽车制造商的要求。

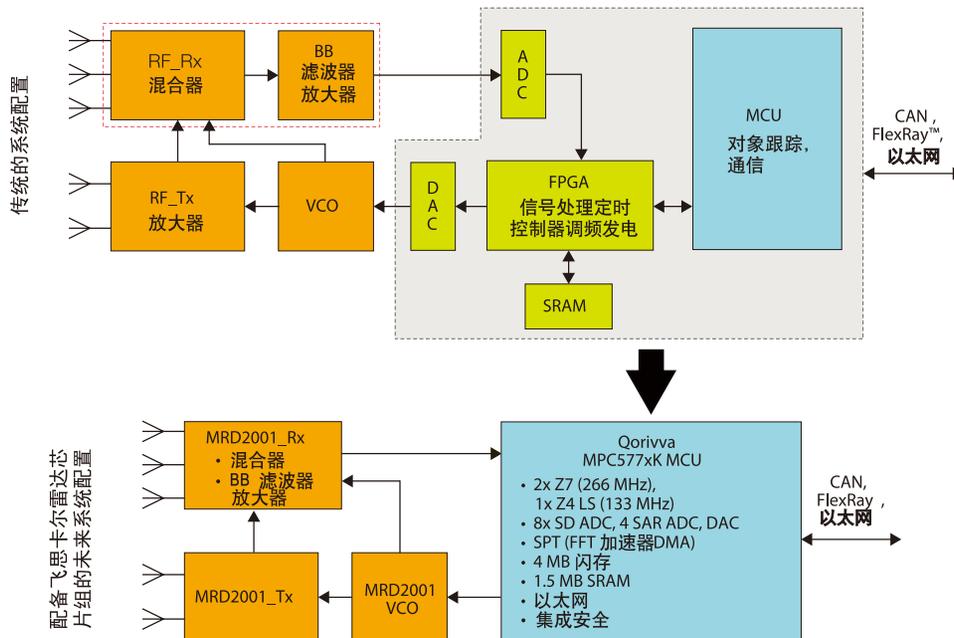
本文将从技术和物料成本(BOM)优化方面展示MPC577xK MCU的优势。

Qorivva MPC577xK MCU: 行业领先的集成和性能

当前许多雷达系统都基于Qorivva MPC5675K MCU——包括外部FPGA、ADC、DAC、SRAM和用于发射和接收的模拟前端。MPC577xK MCU可在单一芯片解决方案中,支持经济高效的雷达系统,同时提升性能。

MPC577xK系列在单一356BGA实现了成本优势,无需外部FPGA、ADC、DAC和SRAM,因此减少了所需组件的数量、PCB尺寸和软件复杂性(图1)。

图1: 雷达芯片组的演进

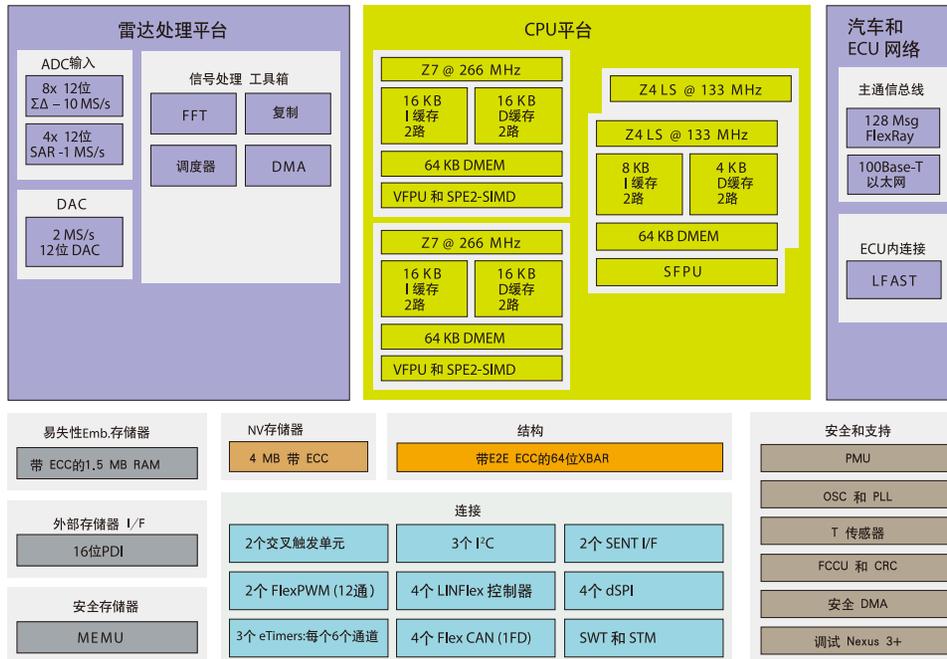


除了两个266 MHz e200z7处理内核, MPC577xK MCU还具有一个先进的信号处理工具箱(SPT), 包含处理短、中和长距离雷达应用采样信号所需的硬件模块。SPT是一款强大的处理模块, 通过特定指令集驱动高性能信号处理操作。其可编程性确保除去CPU在频繁的硬件任务调度中的负荷, 仍可以保证处理流程的可控性和互动性。

凭借高度集成的MCU，减少所需组件的总数、缩小PCB的尺寸并降低软件复杂性

- 易于使用的MCU，带有集成式FFT加速器
- 高密度存储器支持可扩展的雷达应用
- 支持开环和锁相环系统，实现设计灵活性
- 可控的功耗可提高效率
- 帮助系统制造商实现功能安全ISO 26262 ASIL-D目标

图2: Qorivva MPC577xK MCU 框图



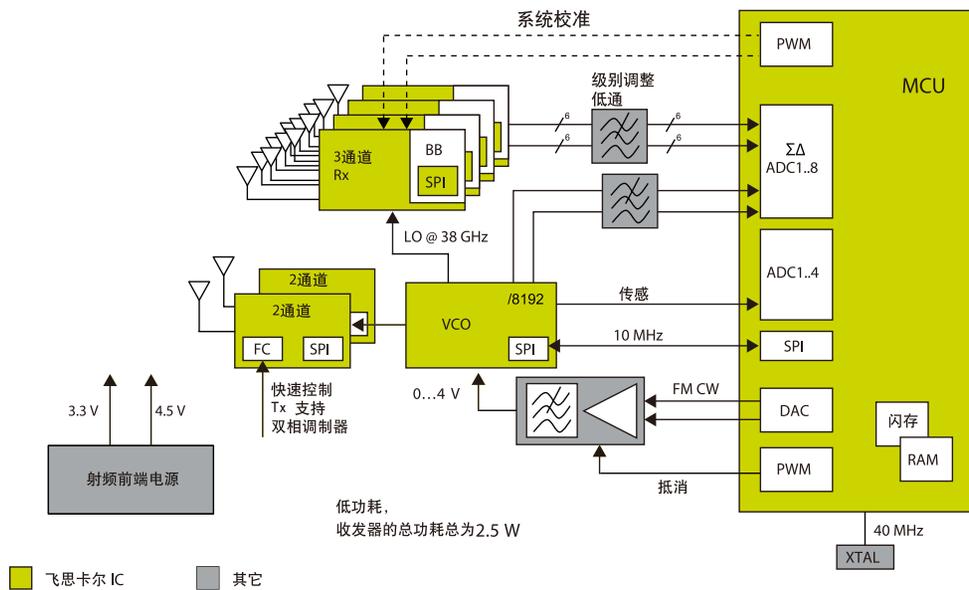
MRD2001 77 GHz 雷达收发器芯片组: 高性能且可扩展至多通道

MRD2001 77 GHz 雷达收发器芯片组是面向汽车雷达模块的可扩展、高性能的三封装组解决方案。该芯片组由一个VCO、一个2通道Tx发射器和一个3通道RX接收器组成。这三部分都采用500um间距、6mmx6mm扇外型晶圆级封装。

该封装技术是77GHz雷达应用的理想选择，因其在频率高达100GHz时，具有极低的插损和寄生效应。因为无需为裸片采用芯片和布线装配技术，因此封装的芯片组简化了最终用户的雷达模块装配。此外，芯片组可随时扩展至4TX通道和12RX通道，使单一的雷达平台能够在宽视域内控制电子束，支持低中高及豪华汽车的长距离、中距离和近距离雷达应用。

- 可扩展至4TX通道和12个RX通道，都有激活通道，可使单个平台在更宽的探测区域内实现电子束控制
- 高级封装技术可确保用户PCB上的最高性能和最低信号干扰
- 低功耗，整个收发器的典型功耗为2.5 W
- 支持100MHz /100ns的快速调制
- 在1MHz时，具备小于-93 dBc/Hz的最佳相位噪声，补偿用于改进目标分离
- 集成式基带滤波器和 VGA 可节省系统物料成本
- 38 GHz 本地振荡器，可减少配电损耗并降低系统干扰
- 发射器芯片上的双相调制器可屏蔽寄生信号

图3: MRD2001 77 GHz 封装雷达芯片组



高级封装技术

MRD2001雷达收发器芯片组采用高级封装技术，可提供优异的热性能和电气性能。该封装符合严格的汽车标准，包括焊点可靠性、深部温度和湿度循环，以及EMC性能。该封装技术面向主要供应商，并符合减少有害物质 (RoHS) 标准。

开环雷达

MPC577xK MCU和MRD2001 77 GHz封装雷达收发器芯片组专为支持开环雷达系统而设计。在该系统中，无需锁相环产生线性调频信号 (FMCW调制)。这个方法可降低系统总功耗。

开环概念一般与快速线性调频信号FMCW调制结合使用，调频时间在10us至100us范围内。由于可更快速地捕捉完整的雷达图像，因此快速线性调频信号系统可降低占空比，并改进雷达系统的SNR。高基带频率的潜在劣势是他们驱动所需的ADC采用更高的模拟带宽和采样率。MPC577xK MCU克服了这个潜在问题，因为它集成了高达8个带有5 MHz带宽和320 MHz的内部采样时钟的 $\Sigma \Delta$ -ADC。

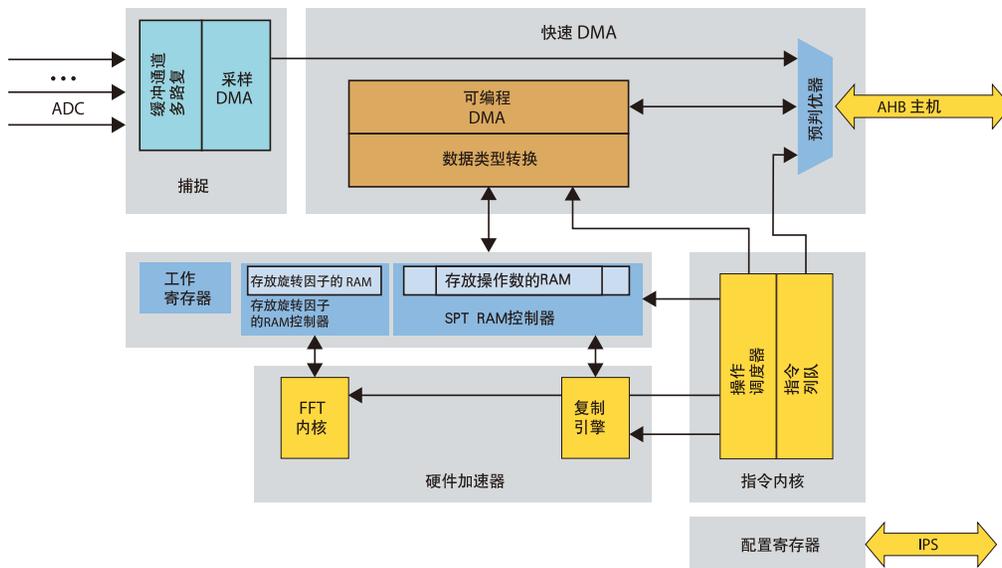
在开环雷达系统中，MCU是带有数模转换器(DAC)的线性调频信号主机，为VCO提供调谐电压。根据调谐电压，VCO可生成高频信号(LO)，驱动不同的接收器和发射器芯片。

在常规运行期间，发射线性调频信号，并接收反射信号。接收器与发射器相结合，作为零差系统，使接收信号直接降频至基带中。然后，基带信号被过滤并放大(接收器芯片含有滤波器和可变增益放大器)，并馈送到MPC577xK MCU的 $\Sigma \Delta$ -ADC中。通过将基带信号转变成数字域、使用数字波束赋形方法、应用FFT和跟踪算法，可根据距离、速度和角度来识别目标。

雷达应用

MPC577xK MCU适用于需要最多八个天线的雷达应用，可同时采集最多2048个采样，这些采样通过一个12位 $\Sigma \Delta$ -ADC以高达每调频每秒10M采样率进行转换。这可以通过飞思卡尔全新的8通道ADC架构再加上灵活的/可编程抽取滤波和固有的抗混叠滤波功能实现。该ADC具有卓越的抗衬底噪声功能，并与其他MCU外设完全隔离，同时可实现低功耗应用所要求的低功耗目标。

图4: 雷达应用



如果采集到一个由256个线性调频信号组成的测量周期, 该数据将采用片上数据采集模块进行预处理, 并根据天线进行分组。然后通过采样DMA将其传输到系统SRAM中。数据采集模块接收来自SDADC的采样, 在采集窗口提取采样。

当采集完所有用于调频的数据后, 采用可编程DMA模块将该数据传输到SPT的本地SRAM中, 并采用新的嵌入式FFT模块进行频率转换。通过硬件实现加速的FFT模块可执行复数和实数FFT, 长度可配置, 也可执行窗口运算, 可通过数据计算出来。

FFT可支持高达4K点的16/24位整数FFT, 2个实数对应的1个复数。为了进行进一步的信号处理, 数据可传输到系统SRAM中或直接传输到与CPU紧密耦合的存储器(TCM)中, 数据可采用SPE2(16位四路SIMD整数单元)或VFPU(双路SIMD单精度FPU)由e200z7内核进行处理。

命令序列器执行一系列命令, 以处理雷达数据, 并结合全新的交叉计时引擎(CTE), 为雷达系统定义信号的各个时序, 并控制整个雷达处理流程, 包括模拟前端(AFE)。全新的高性能AFE集成了同级别最好的全新12位分辨率DAC, 最大可支持2MSPS。在雷达系统中, DAC 将调频波形转换成模拟信号, 控制用于电压频率转换的外部VCO。

嵌入式雷达组件

SPT(如图3所示)包括:

- 采集模块
 - 通道复用——采样再排序, 以简化PCB路由
 - 采样DMA——将ADC采样合并到存储字节中, 将数据放置到数据包内, 并分发到
 - 各个存储器位置
- 可编程DMA (PDMA)
 - 将数据从系统RAM/闪存/TCM传输到存放操作数的RAM或旋转因子的RAM (SPT内置RAM), 反之亦然
 - 在信息传输过程中执行特殊打包和拆包方案, 以减少存储
- 存储器
 - 存放操作数的RAM可存储FFT等运算的操作数
 - 存放旋转因子的RAM可存储用于FFT运算的系数等常数
 - 工作寄存器可存储计算的单个值 (如系数)
- 硬件加速器
 - FFT
 - 蝶式Radix4和Radix2, 及旋转乘法
 - 带系数的前乘后乘窗口

- 复制
 - 主要将数据从一个地点移动到另一个地点
 - 可调换和打包复杂数据, 并操控实/虚部
- 命令序列器
 - 命令序列器读取并转换命令序列中的指令, 并根据指令触发特定操作的调度器

通信接口可支持这些新集成的、高性能雷达硬件模块, 实现片外通信:

- FlexRay: 高达20Mbps的双通道数据(如对象信息、主动/被动安全相关数据), 可连接到其他控制器
- DSPI/IIC/LIN: 如来自前端ASIC的设置/状态信息
- CAN/CAN-FD: 高达3Mbps的任意数据, 可连接到其他车辆组件
- 以太网: 100Mbps数据
- LFAST: 处理器间通信(IPC)数据, 可连接到面向雷达处理系统的其他紧密耦合的MCU

安全特性

作为飞思卡尔SafeAssure项目的一部分, MCP577xK MCU采用两个高性能功率Architecture®e200z7内核, 以实现信号处理, 并能够帮助汽车制造商实现最低的ISO 26262汽车安全完整性等级-B (ASIL-B)。除了满足汽车功能安全应用的要求, 锁步配置中采用了两个e200z4内核, 专为满足决策和安全需求而设计, 可帮助实现ISO 26262 ASIL-D认证。



一些其他关键安全特性, 如在线逻辑内置自检(LBIST)、存储器内置自检(MBIST)、端到端纠错码(ECC)、时钟和电压监视器和故障处理模块——也可使客户获得ASIL-D认证。

总结

随着全球主流车辆对主动和预测安全系统的需求不断增加, 半导体提供商需要不断进行创新。这些解决方案必须使系统供应商和OEM优化目前雷达系统的物料成本, 不仅包括成本, 还包括尺寸规格。除了中远距离正面雷达, 制造商还结合了可检测盲点和侧面碰撞的雷达。

飞思卡尔是嵌入式雷达系统的市场领导者, 其最新的基于雷达技术的解决方案为新一代ADAS系统的开发人员提供了独特的功能——使这些系统不仅能够符合最新的法规, (最重要的是)还可以挽救生命。

如需了解更多关于飞思卡尔汽车ADAS解决方案的信息, 请访问: freescale.com/adas



欲了解更多信息，请访问 freescale.com

Freescale 和 Freescale 标识是飞思卡尔公司在美国专利商标局注册的商标。
所有其他产品或服务的名称均为其各自所有者的财产。©飞思卡尔半导体公司2013年版权所有。

文档编号: ADASRADARWP REV 0

2013年7月