

ADI民用雷达解决方案

民用雷达应用简介

雷达广泛用于民用应用，从执法部门实施的汽车系统和速度监控到空中交通管制、天气和海上监控。雷达发射无线电波，然后通过其路径中的物体反射。雷达接收机处理这些反射波以确定物体的范围、角度或速度。例如，海上雷达可测量船舶方位和距离以防碰撞并进行船舶导航。在港口或海湾处，船舶交通服务雷达系统用于监控和调节繁忙水域中的船舶运动。配合飞机应答机系统一起使用的类似民用空中交通管制雷达确定相似特性，以确保飞机之间保持安全距离并协调飞行路径。

主要挑战和系统设计考虑

远程监控雷达，如空中交通管制、天气和海上雷达，除了需要高可靠性之外，还需要长距离能力以及良好的分辨率。凭借更大的距离和分辨率，可使得雷达在更远的距离处检测较小物体。虽然天线增益、频率等特性会影响雷达距离性能，但距离与发射功率成正比。同样，在所需距离范围内实现所需的物体

分辨率与雷达信号带宽成比例。脉冲压缩等技术可缓解一些压力，但高能效放大器和宽带信号处理是这些应用的关键要求。

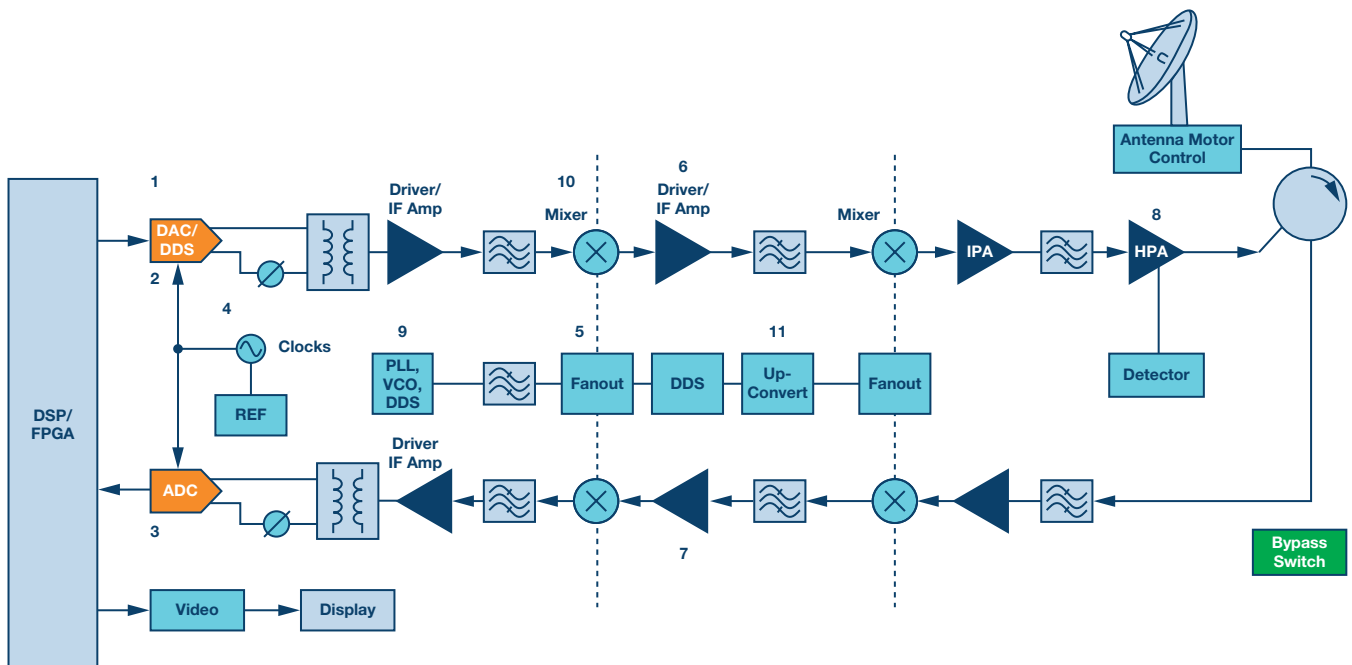
为何选择ADI

- ▶ ADI种类齐全的产品组合提供用于各种民用雷达系统的完整RF至比特流解决方案。
- ▶ ADI支持客户实现最高水平的系统性能，同时缩减尺寸、重量、功耗、系统成本和开发时间。
- ▶ 50多年来，ADI公司对性能、可靠性和可持续性的不懈追求使其成为雷达领域的首选供应商。

雷达信号链

经典雷达信号链(超外差架构)

下面是采用超外差架构并具有双混频级的经典雷达信号链，从而首先减少IF数据，然后减少基带数据。



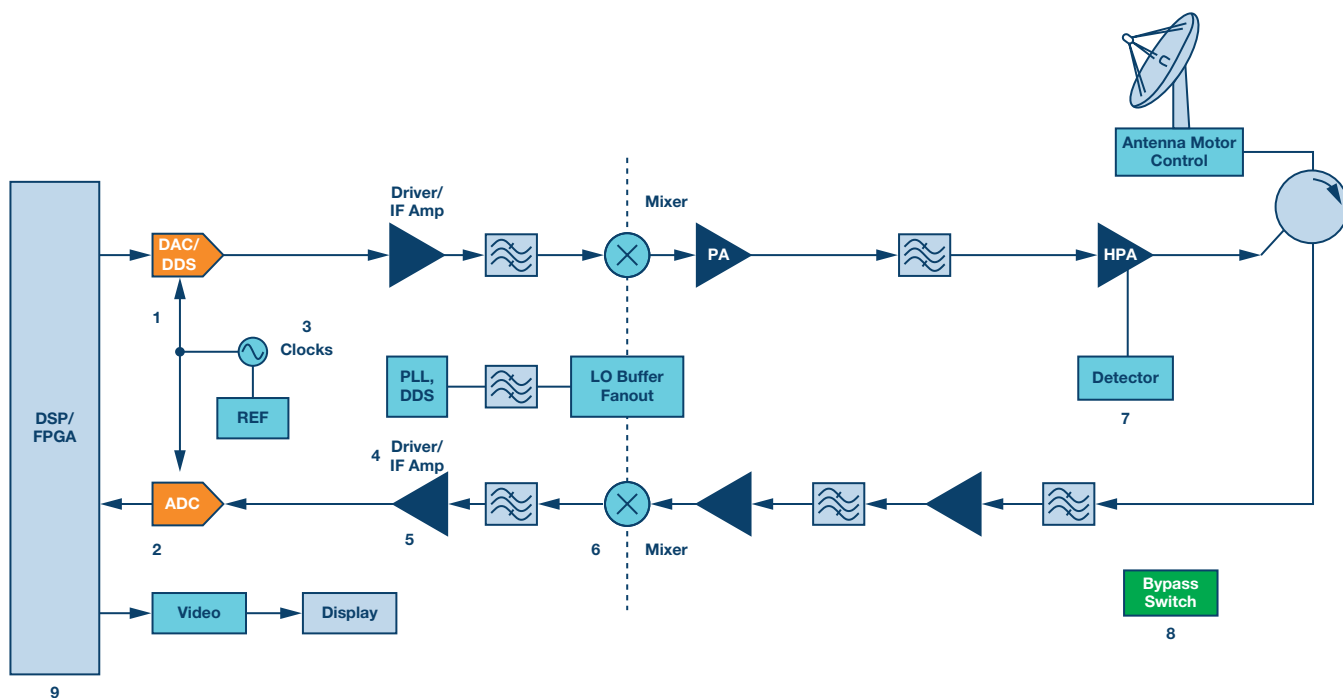
频段	1. 数模转换器	2. 直接数字合频率成器	3. 模数转换器	4. 时钟	5. 扇出	6. 驱动器/IF放大器	7. 低噪声放大器	8. 功率放大器	9. 集成VCO的PLL	10. 混频器	11. 倍频器
L	AD9129/ AD9739	AD9914/ AD9915	AD9652/ AD9656	AD9525/ HMC1031/ HMC1032/ HMC1033/ HMC1034/ HMC1035	ADCLK944/ HMC744	ADL5565/ ADL5566/ ADL5610/ ADL5611	HMC772/ HMC460/ HMC516	HMC559/ HMC797A/ HMC1114	HMC830/ HMC831/ HMC832/ HMC833/ ADF5355	ADL5353/ HMC1056	HMC443
X	AD9136/ AD9144/ AD9154	AD9914/ AD9915	AD9691/ AD9625/ AD9680	HMC7044/ AD9517	ADCLK925/ ADCLK944/ ADCLK950/ HMC987	ADL5324/ ADL5565/ ADL5566	HMC-ALH444/ HMC-C059/ HMC1049LP5E/ HMC564LC4/ HMC903LP3E	HMC487/ HMC7149/ HMC590LP5	ADF5355/ ADF41020/ ADF4169	ADL5802/ ADL5367/ HMC412B	HMC444/ HMC443/

新一代雷达信号链(更高的IF采样)

更高的IF采样系统架构现在只需使用最新的器件组进行一种频率转换即切实可行，而超外差接收机则必须执行多种频率转换。单一频率转换降低了接收机复杂度和所需的转换级数，进而可减小尺寸、降低功耗，因而十分有利。对于新一代L和S波

段雷达，可使用本节中建议的一系列器件实现RF采样系统或直接转换架构。

以下是采用单级频率转换的新一代雷达信号链示例。



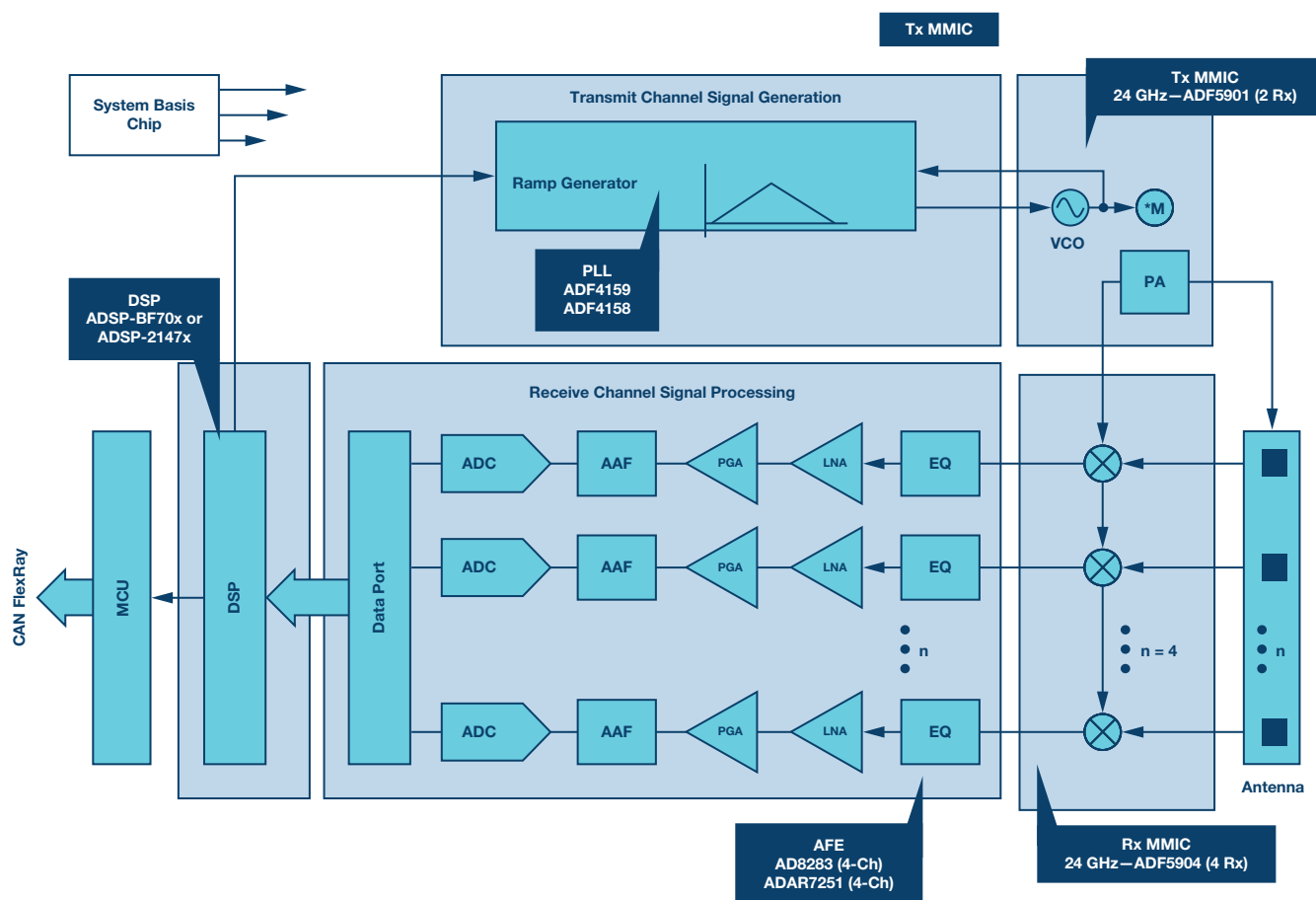
频段	1. RF捷变收发器	2. 模数转换器	3. 时钟	4. 数字增益放大器	5. 采样保持放大器	6. 混频器	7. 检波器	8. 开关	9. DSP
X	AD9361/ AD9364	AD9691/ AD9625/ AD9680	HMC7044/ AD9517	ADA4961/ HMC694LP4/ ADL5330	HMC661/ HMC1061/ HMC760/	ADL5367/ HMC558A/ ADL5802/ ADL5367/ HMC412B	ADL6010/ HMC1094/ HMC1013	HMC232A/ HMC986A/ ADGM1304	ADSP-SC589

24 GHz频率调制连续波(FMCW)雷达

雷达最重要的特性是耐天气和光照条件的稳定性。ADI提供适用于24 GHz雷达系统的高性能芯片组, 为汽车高级驾驶员辅助系统(ADAS)、无人飞行器(UAV)防撞保护和其它工业应用的理想解决方案。该集成式芯片组为雷达设计人员提供至少两倍的灵敏度提

升, 以及多达1.5倍的检测范围提升。与分立设计相比, ADI 24 GHz FMCW雷达芯片组功耗更低、空间更小。

以下是24 GHz FMCW雷达芯片组原理图:



RF MMICs	PLLs	AFE	DSP
ADF5901/ADF5904	ADF4158/ADF4159	AD8283/ADAR7251	ADSP-BF70x/ADSP-2147x

特色产品

产品型号	描述	主要特性和优势	ECCN编号 (出口管制类别编号)
DACs			
AD9739	14位、2.5 GSPS、RF数模转换器	直接RF频率合成(2.5 GSPS更新速率), 双端口LVDS数据接口, 业界领先的单/多载波IF或RF合成, 能合成第一或第二奈奎斯特区内的高质量宽带信号, 带宽最高可达1.25 GHz	3A001.a.5.b.2.b
AD9129	11/14位、5.7 GSPS、RF数模转换器	DAC更新速率: 最高达5.7 GSPS, 直接RF频率合成(2.85 GSPS数据速率), 高动态范围和信号重建带宽支持高达4.2 GHz的RF信号频率合成	EAR99/3A001.a.5.b.2.b
IF放大器			
ADL5565	6 GHz超高动态范围差分放大器	-3 dB带宽: 4.5 GHz (AV = 16 dB), 固定16 dB增益, 通道间增益误差: 0.1 dB (100 MHz), 通道间相位误差: 0.06 (100 MHz), 差分或单端输入转差分输出	EAR99
混频器			
HMC773A	GaAs MMIC基波混频器, 6 GHz至26 GHz	无源: 无需直流偏置, 输入IP3: 22 dBm, LO/Rf隔离: 38 dB, 宽IF带宽: dc至8 GHz	EAR99

产品型号	描述	主要特性和优势	ECCN编号 (出口管制类别编号)
功率放大器			
HMC559	GaAs PHEMT MMIC功率放大器，dc至20 GHz	P1dB输出功率：28 dBm，增益：14 dB，输出IP3：36 dBm，电源电压：10 V (400 mA)，50 Ω匹配输入/输出	EAR99
HMC7149	10 W GaN MMIC功率放大器，6 GHz 至18 GHz	高P _{SAT} ：40 dBm，P _{SAT} 下功率增益：+10 dB，高输出IP3：39.5 dBm，小信号增益：20 dB	3A001.b.2.c
HMC797A	GaAs pHEMT MMIC 1 W功率放大器，dc至22 GHz	高P1dB输出功率：28 dBm，高P _{SAT} 输出功率：29.5 dBm，高增益：13.5 dB，高输出IP3：39 dBm，电源电压：+10 V (400 mA)，50 Ω匹配输入/输出	EAR99
时钟发生器			
AD9525	低抖动时钟发生器提供八个LVPECL输出	集成超低噪声频率合成器，8路差分3.6 GHz LVPECL输出和1路LVPECL SYNC输出或2路CMOS SYNC输出，2路差分参考输入和1路单端参考输入	EAR99
HMC1034	集成小数N分频PLL和VCO、125 MHz至3000 MHz时钟发生器	频率范围：125 MHz至3000 MHz，78 fs rms抖动产生(典型值)，-165 dBc/Hz相位噪声底，鉴相器最高速率：100 MHz，品质因数(FOM)-227 dBc/Hz，24位步长，分辨率3 Hz (典型值)	EAR99
DDSs			
AD9914	3.5 GSPS直接数字频率合成器，内置12位DAC	3.5 GSPS内部时钟速度，集成12位DAC，频率调谐分辨率：190 pHz，16位相位调谐分辨率，12位幅度调整，可编程模数，自动线性和非线性频率扫描能力，32位并行数据路径接口，8种频率/相位偏移形式，相位噪声：-128 dBc/Hz (1396 MHz时偏移频率为1 kHz)，宽带SFDR < -50 dBc，串行或并行I/O控制	3A001.a.13.b
PLLs+VCOs			
ADF5355	集成VCO的微波宽带频率合成器	RF输出频率范围：54 MHz至13600 MHz，小数N分频频率合成器和整数N分频频率合成器，高分辨率38位模数，工作频率高达125 MHz的鉴频鉴相器(PFD)，参考频率达600 MHz	5A991.b
HMC830	集成VCO的小数N分频PLL，频率范围为25 MHz 至3000 MHz	RF带宽：25 MHz至3000 MHz，鉴相器最高速率：100 MHz，超低相位噪声：-110 dBc/Hz (带内典型值)，品质因数(FOM) -227 dBc/Hz	5A991.b
双重			
HMC443	SMT GaAs HBT MMIC ×4有源倍频器，9.8 GHz至11.2 GHz输出	输出功率：4 dBm，次谐波抑制：大于25 dBc，SSB相位噪声：-142 dBc/Hz，单电源：5 V (52 mA)	EAR99
功率检波器			
ADL6010	快速响应、45 dB范围、0.5 GHz至43.5 GHz包络检波器	具有线性度的肖特基二极管检波器，宽带50 Ω输入阻抗，具有最小斜率变化的精确响应范围：0.5 GHz至43.5 GHz	5A991.b
HMC1013	连续检波对数视频放大器(SDLVA)，0.5 GHz 至18.5 GHz	高对数范围：67 dB (-62至+5 dBm)，输出频率平坦度：±2 dB，对数线性度：±2 dB，快速上升/下降时间：5 ns/15 ns，单正电源：3.3 V	EAR99
模数转换器			
AD9652	16位、310 MSPS、3.3 V/1.8 V双通道模数转换器(ADC)	高动态范围，信噪比(SNR)：75.0 dBFS (70 MHz，A _m = -1 dBFS)，无杂散动态范围(SFDR)：87 dBc (70 MHz，A _m = -1 dBFS)，噪声频谱(NSD) = -156.7 dBFS/Hz输入噪声(-1 dBFS、70 MHz)，NSD = -157.6 dBFS/Hz (小信号)，-7dBFS (70 MHz时)	3A001.a.5.a.5
AD9625	12位、2.6 GSPS/2.5 GSPS/2.0 GSPS、1.3 V/2.5 V模数转换器	12位、2.5 GSPS无失码ADC，SFDR = 79 dBc，A _m 最高为1 GHz (-1 dBFS，2.5 GSPS)，SFDR = 77 dBc，A _m 最高为1.8 GHz (-1 dBFS，2.5 GSPS)，SNR = 57.6 dBFS，A _m 最高为1 GHz (-1 dBFS，2.5 GSPS)，SNR = 57 dBFS，A _m 最高为1.8 GHz (-1 dBFS，2.5 GSPS)，噪声频谱密度 = -149.5 dBFS/Hz (2.5 GSPS)，差分模拟输入：1.2 V p-p	3A001.a.5.a.3
跟踪保持放大器			
HMC661	超宽带4 GSPS采样保持放大器，dc至18 GHz	18 GHz输入带宽(1 V p-p满量程)，最大采样速率：4 GSPS，68 dB SFDR (4 GHz/0.5 V p-p输入，CLK = 1 GSPS)，57 dB SFDR (4 GHz/1 V p-p输入，CLK = 1 GSPS)，直接耦合I/O，超干净输出波形，最小毛刺，保持模式馈通抑制：> 60 dB，保持模式输出噪声：1.05 mV rms，提供单列/双列评估板	EAR99
HMC1061	DC至18 GHz、超宽带、双列4 GSPS采样保持放大器	18 GHz输入带宽(1 V p-p满量程)，最大采样速率：4 GSPS，67 dB SFDR (4 GHz/0.5 V p-p输入，CLK = 1 GSPS)，56 dB SFDR (4 GHz/1 V p-p输入，CLK = GSPS)，直接耦合I/O，超干净输出波形，最小毛刺，保持模式馈通抑制：> 65 dB，保持模式输出噪声：1.5 mV rms	EAR99
低噪声放大器			
HMC460	GaAs pHEMT MMIC低噪声放大器，dc至20 GHz	噪声系数：2.5 dB (10 GHz)，增益：14 dB (10 GHz)，P1dB输出功率：+16.5 dBm (10 GHz)，电源电压：8 V (75 mA)，50 Ω匹配输入/输出	EAR99
HMC516	SMT PHEMT低噪声放大器，9 GHz 至18 GHz	噪声系数：2 dB，增益：20 dB，OIP3：25 dBm，单电源：3 V (65 mA)，50 Ω匹配输入/输出	EAR99

产品型号	描述	主要特性和优势	ECCN编号 (出口管制类别编号)
开关			
HMC232A	GaAs MMIC SPDT非反射式开关, dc至12 GHz	隔离: 60 dB (3 GHz), 52 dB (6 GHz), 输入P1dB: 27 dBm, 插入损耗: 1.5 dB (典型值, 6 GHz), 非反射式设计	EAR99
HMC986A	GaAs MMIC反射式SPDT开关, 0.1 GHz至50 GHz	宽带性能: 0.1至50 GHz, 低插入损耗: 1.9 dB (40 GHz), 高隔离度: 31 dB (40 GHz), 较快的开关速度 10 ns	EAR99
PLL			
ADF4158	直接调制/波形产生6 GHz小数N分频频率合成器	500 MHz至6000 MHz范围, 25位分频器模块, 32 MHz PFD最大频率, 归一化PN噪底 = -207dBc/Hz, FSK偏移最高为32 MHz	5A991.b
ADF4159	内置可选波形/扫描生成功能的13 GHz小数N分频PLL	500 MHz至13 GHz范围, 25位分频器模块, 110 MHz最大PFD频率, 归一化相位噪底 = -224 dBc/Hz, FSK、PSK和FMCW调	5A991.b
AFE			
ADAR7251	四通道、16位、连续时间数据采集ADC	宽输入信号带宽: 500 kHz (采样速率: 1.2 MSPS), 16位分辨率, LNA和PGA, 45 dB增益范围, 6 dB步长, 可选均衡器, 支持用于FMCW雷达系统的FSK模式, 内部振荡器/PLL输入: 16 MHz至54 MHz高速串行数据接口	EAR99
AD8283	6通道LNA/PGA/AAF, 集成ADC	6个LNA、PGA、AAF通道, 1个直接连接ADC的通道, 低功耗: 每个通道170 mW (12位、80 MSPS时)	EAR99
RF MMIC			
ADF5901	24 GHz雷达TX-MMIC	24 GHz VCO + 250 MHz频率范围, 2通道24 GHz PA + 8 dBm (典型值), 单端输出, 24 GHz本振(LO)输出缓冲器	EAR99
ADF5904	24 GHz雷达RX-MMIC	4通道24 GHz LNA + RX非I/Q下变频器+ LO缓冲器, Rx通道增益: 22 dB, 噪声系数(NF): 10 dB, RF信号带宽: 250 MHz	EAR99
DSP			
ADSP-BF70x	定点DSP	400MHz blackfin处理器, 136 kB L1 SRAM, 最高1 MB L2 SRAM, 超低功耗	5A992.c
ADSP-2147x	浮点DSP	200 MHz、266 MHz, 2 Mb、3 Mb、5 Mb内部L1 SRAM, 低功耗	3A991.a.2
ADSP-SC589	ARM + 浮点DSP	ARM coretex A5 + 双通道SHARC+ 在450 MHz工作频率下运行的内核, FFT/FIR/IIR硬件加速器, 相比内核快5倍, 1280 kB L1 SRAM + 256 kB L2 SRAM, 低功耗	5A992.c

***ECCN编号:**

3A001	需要出口许可证
3A991	可能需要最终使用应用信息
5A991	可能需要最终使用应用信息
EAR99	无需出口许可证

设计资源

雷达Circuits from the Lab®参考设计

- ▶ AD-FMCOMMS6-EBZ—<https://wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/ad-fmcomms6-ebz>
- ▶ AD-FMCOMMS5-EBZ—<https://wiki.analog.com/resources/eval/user-guides/ad-fmcomms5-ebz>
- ▶ 更多实验室电路请访问: www.analog.com/cn/circuits

技术文章/应用笔记

- ▶ 技术文章: MT-085, 直接数字频率合成的基本原理—www.analog.com/cn/training-seminars/tutorials/MT-085.pdf
- ▶ 应用笔记: AN-1039, 校正IQ调制器的缺陷以改善RF信号保真度—www.analog.com/cn/AN-1039.pdf
- ▶ 在线研讨会: 雷达系统应用相关技术和解决方案—www.analog.com/cn/technologies-solutions-for-radar-system-applications.html
- ▶ 手册: RF和微波IC选型指南2015—www.analog.com/cn/rf-and-microwave-ics-selection-guide.pdf
- ▶ 技术文章: 用于汽车和工业传感器应用的高性能、集成式24 GHz FMCW雷达收发器芯片组—www.analog.com/en/High-Performance-Integrated-24-GHz-FMCW-Radar-Transceiver-Chipset.pdf

设计工具/论坛

- ▶ ADIsimPE由SIMetrix/SIMPLIS驱动—www.analog.com/cn/adisimpe.html
- ▶ VisualAnalog®: 转换器评估工具—www.analog.com/cn/visualanalog.html
- ▶ ADIsimRF™: RF信号链计算工具—https://form.analog.com/Form_Pages/RFComms/ADISimRF.aspx
- ▶ ADIsimCLK™: 时钟设计和开发工具—www.analog.com/cn/adisimclk.html
- ▶ ADIsimPLL™: PLL产品的评估工具—https://form.analog.com/Form_Pages/RFComms/ADISimPLL.aspx
- ▶ 出口和进口分类信息—www.analog.com/cn/view-export-classification.html

欲查看ADI雷达的相关应用和产品信息, 请访问:
www.analog.com/cn/applications/markets/aerospace-and-defense/radar.html

亚洲技术支持中心

4006-100-006

模拟与其他线性产品

china.support@analog.com

嵌入式处理与DSP产品

processor.china@analog.com

免费样片申请

www.analog.com/cn/sample

在线购买

www.analog.com/cn/buy

ADI在线技术论坛

ezchina.analog.com

网址

www.analog.com/cn/cic



关注ADI官方微信

全球总部

One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

大中华区总部

上海市浦东新区张江高科技园区
祖冲之路 2290 号展想广场 5 楼
邮编: 201203
电话: (86 21) 2320 8000
传真: (86 21) 2320 8222

深圳分公司

深圳市福田中心区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心
4205-4210 室
邮编: 518048
电话: (86 755) 8202 3200
传真: (86 755) 8202 3222

北京分公司

北京市海淀区
上地东路 5-2 号
京蒙高科大厦 5 层
邮编: 100085
电话: (86 10) 5987 1000
传真: (86 10) 6298 3574

武汉分公司

湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路 889 号光谷国际广场
写字楼 B 座 2403-2405 室
邮编: 430073
电话: (86 27) 8715 9968
传真: (86 27) 8715 9931

©2016 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices. BR14160sc-0-2/16

analog.com/cn



超越一切可能™