

レーダー・アプリケーションの概要

第二次世界大戦中に初めて開発されたレーダーは、今日では防衛、民生（航空管制や気象観測）、自動車など多種多様なアプリケーションで使用されています。その動作原理は、特定の波形で変調した電磁信号を送信することにあります。信号は対象物から反射され、この反射信号をレーダーの受信機が検出し、これを解析して距離、方角、角速度などの必要な情報を抽出します。

主な課題とシステム設計上の留意事項

距離

レーダーシステムの主要な目的は、最大距離で対象物を可能な限り迅速に確認することです。このため、長距離に対応できる高パワーと高効率が求められます。

分解能

レーダーシステムのもう一つの目的は、最高の分解能で密集した物体の中から真の対象物を見つけ出すことです。高い分解能を実現するには、広い変調帯域が必要です。

信頼性

信頼性は、あらゆる産業アプリケーションにとって重要で、信頼性を向上するには多くの手法があります。アンプの段数を低減すると、複雑さが軽減し、信頼性が向上します。先進的な半導体製造工程に

よって高効率のアンプを作成し、冷却の必要性を低減することによって信頼性を向上することができます。これらの手法を用いることによって、サイズや重量も低減できます。

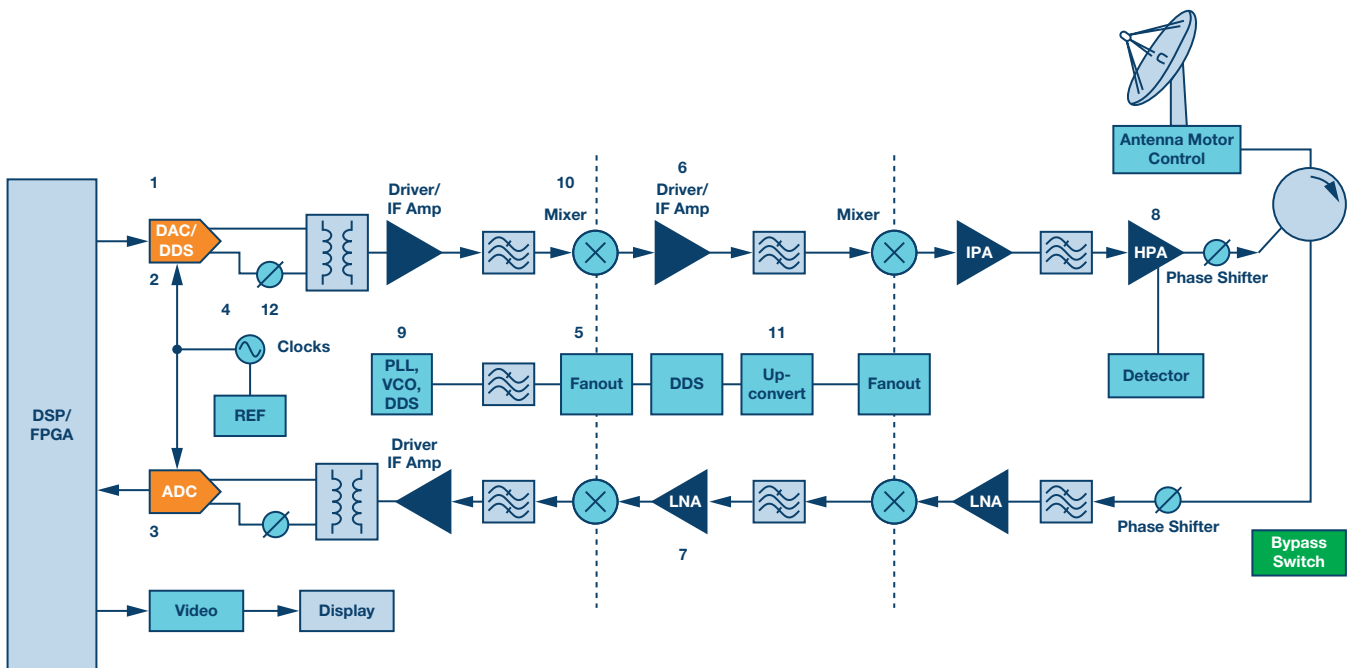
なぜアナログ・デバイスなのか

- ▶ 包括的なポートフォリオにより、広範な商用および防衛用レーダーシステムの完全なRFビット・ソリューションを実現します。
- ▶ お客様が最高の性能を実現するとともにサイズ、重量、電力、システム・コスト、開発時間を低減できるように支援します。
- ▶ 50年以上にわたる性能、信頼性、持続性の取り組みにより、ふさわしいサプライヤーとして認識されています。

レーダー・シグナル・チェーン

標準的なレーダー・シグナル・チェーン(スーパーヘテロダイン・アーキテクチャ)

スーパーヘテロダイン・アーキテクチャの標準的なレーダー・シグナル・チェーンを下図に示します。受信した信号周波数をまずIF段、次にベースバンド周波数に変換するデュアル・ミキシング段の構成になっています。



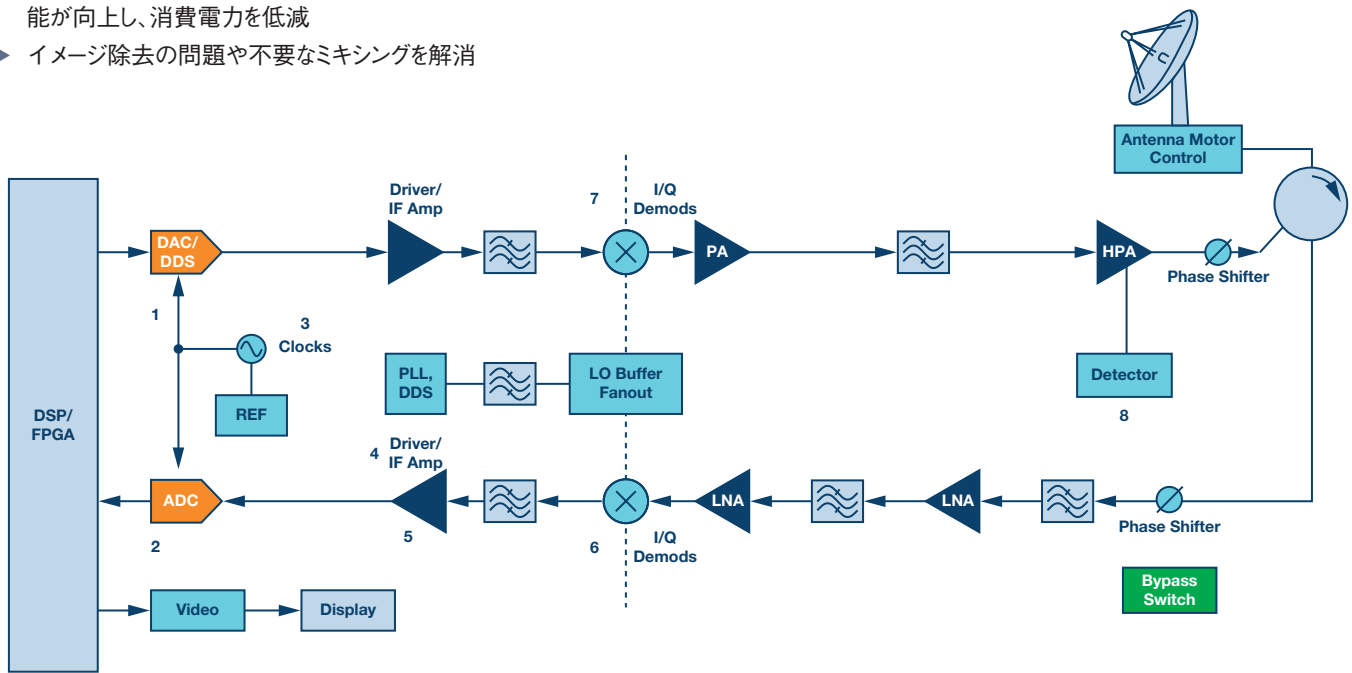
1. DACs	2. DDSs	3. ADCs	4. Clock Generators	5. Fanout Buffers	6. Drivers/IF Amplifiers
AD9129/AD9739	AD9914/AD9915	AD9652/AD9656/AD9250	AD9525/HMC1031/ HMC1032/HMC1033/ HMC1034/HMC1035	ADCLK944/HMC744	ADL5565/ADL5566/ ADL5610/ADL5611
7. Low Noise Amplifiers	8. Power Amplifiers	9. PLLs with VCOs	10. Mixers	11. Multiplier	12. Phase Shifters
HMC772/HMC460/ HMC516	HMC559/ HMC797A <i>New</i> / HMC1114	HMC830/HMC831/ HMC832/HMC833/ ADF5355	ADL5353/HMC1056/ HMC773A <i>New</i>	HMC443	HMC642A/HMC877

次世代のレーダー・シグナル・チェーン(ダイレクトRF
および高IFサンプリング)

ダイレクト・コンバージョン無線は、何度も周波数変換を行うスーパーヘテロダイン・レシーバと異なり、1回だけ周波数を変換します。周波数変換が1回であることにより、次のような利点が得られます。

- ▶ レシーバの複雑さが軽減、必要な段数が少なくなり、これにより性能が向上し、消費電力を低減
- ▶ イメージ除去の問題や不要なミキシングを解消

以下に示すのは、次世代I/Qレーダー・シグナル・チェーンの例です。ダイレクトRFシンセシスと高IFサンプリングによって2次IF段が不要になります。



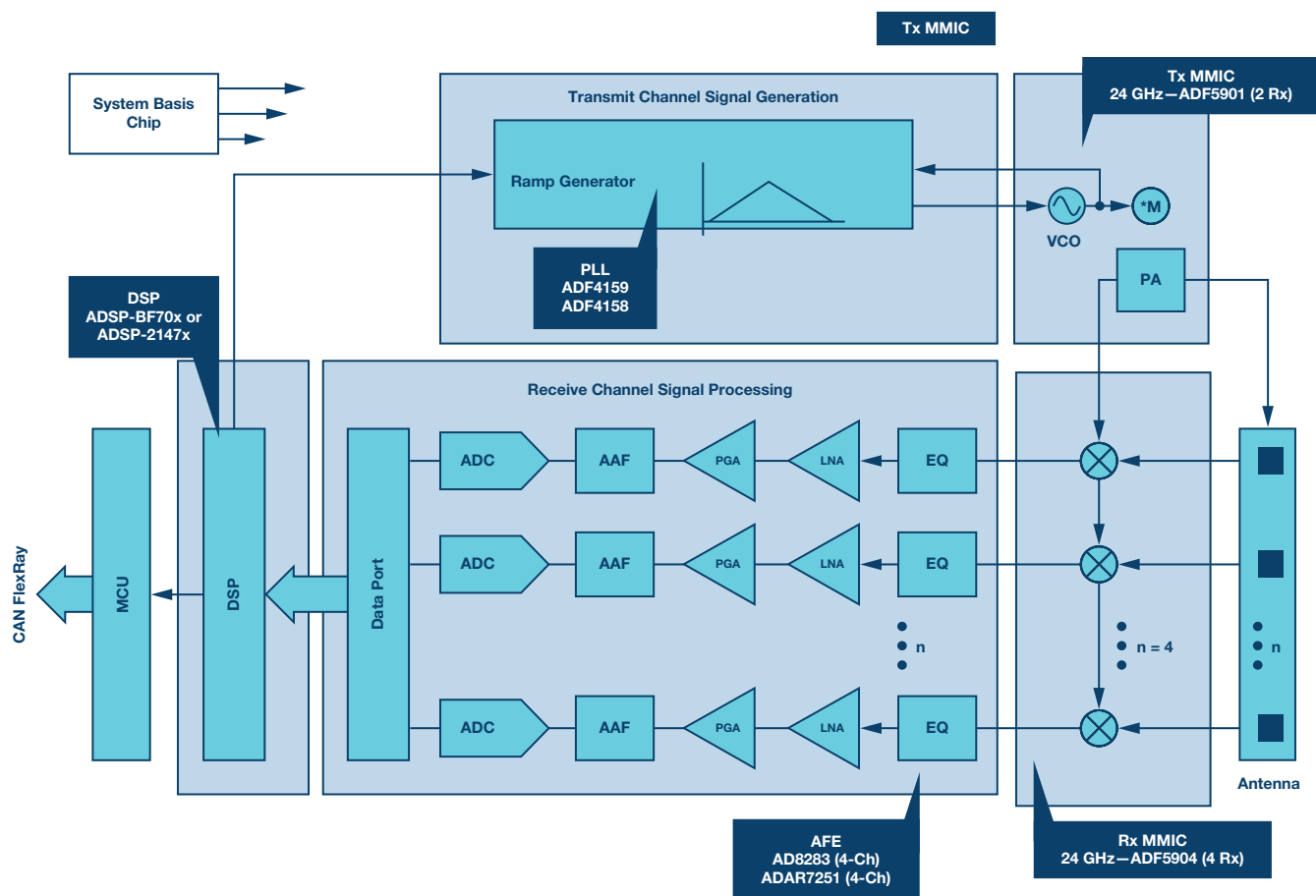
1. RF Agile Transceivers	2. ADCs	3. Clock	4. Digital Gain Amplifier
AD9361/AD9364	AD9625/AD9680	HMC7044	ADA4961
5. Track-and-Hold Amplifiers	6. Mixers	7. I/Q Demodulators	8. Detectors
HMC661/HMC1061	ADL5367/HMC558A	ADL5363/ADL5380	ADL6010/HMC1094/HMC1013
			9. Switches
			HMC232A/HMC986A/ ADGM1304

24GHz FMCWレーダー

アナログ・デバイセズは、24GHzレーダー用のシグナル・チェーンで使用するあらゆるチップセットを提供しています。これらは自動車向け先進運転支援システム(ADAS)や産業用アプリケーションに使用できます。高性能の高集積チップセットにより、全消費電力を大幅に低減し

て、感度を2倍以上、検出距離を最大1.5倍に高めたレーダー設計が可能です。これにより、設計が容易な小型センサーで堅牢で安定した性能を実現できます。

下の図に24GHzのチップセットを示します。



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

注目製品

Part Number	Description	Key Features & Benefits	ECCN Code
<i>DACs</i>			
AD9739	14-bit, 2.5 GSPS, RF Digital-to-Analog converter	Direct RF synthesis at 2.5 GSPS update rate, dual-port LVDS data interface, industry leading single/multicarrier IF or RF synthesis, ability to synthesize high quality wideband signals with bandwidths of up to 1.25 GHz in the first or second Nyquist zone	3A001.a.5.b.2.b
AD9119/ AD9129	11-/14-bit, 5.7 GSPS, RF Digital-to-Analog Converter	DAC update rate: up to 5.7 GSPS, direct RF synthesis at 2.85 GSPS data rate, high dynamic range and signal reconstruction bandwidth support RF signal synthesis of up to 4.2 GHz	EAR99/3A001.a.5.b.2.b
<i>IF Amplifiers</i>			
ADL5565	6 GHz ultrahigh dynamic range differential amplifier	-3 dB bandwidth of 6 GHz (AV = 6 dB), pin strappable gain adjust: 6 dB, 12 dB, and 15.5 dB, differential or single-ended input to differential output	EAR99
<i>Mixers</i>			
HMC773A New	GaAs MMIC fundamental mixer, 6 GHz to 26 GHz	Passive: no dc bias required, input third-order intercept (IP3): 20 dBm, local oscillator (LO) to radio frequency (RF) isolation: 37 dB, wide IF bandwidth: dc to 8 GHz	EAR99

Part Number	Description	Key Features & Benefits	ECCN Code
<i>Power Amplifiers</i>			
HMC559	GaAs pHEMT MMIC power amplifier, dc to 20 GHz	P1dB output power: 28 dBm, gain: 14 dB, output IP3: 36 dBm, supply voltage: 10 V @ 400 mA, 50 Ω matched input/output	EAR99
HMC797ALP5E	GaAs pHEMT MMIC 1 W power amplifier, dc to 22 GHz	High P1dB output power: 28 dBm, high P_{SAT} output power: 29.5 dBm, high gain: 13.5 dB, high output IP3: 39 dBm, supply voltage: 10 V @ 400 mA, 50 Ω matched input/output	EAR99
<i>Clock Generators</i>			
AD9525	Low jitter clock generator with eight LVPECL outputs	Integrated ultralow noise synthesizer, 8 differential 3.6 GHz LVPECL outputs and 1 LVPECL SYNC output or 2 CMOS SYNC outputs, 2 differential reference inputs and 1 single-ended reference input	EAR99
HMC1034	Clock generator with fractional-N PLL and integrated VCO, 125 MHz to 3000 MHz	Frequency range: 125 MHz to 3000 MHz, 78 fs rms jitter generation (typical), -165 dBc/Hz phase noise floor, maximum phase detector rate 100 MHz, figure of merit (FOM) -227 dBc/Hz, 24-bit step size, resolution 3 Hz typical	EAR99
<i>DDSs</i>			
AD9914	3.5 GSPS direct digital synthesizer with 12-bit DAC	3.5 GSPS internal clock speed, integrated 12-bit DAC, frequency tuning resolution to 190 pHz, 16-bit phase tuning resolution, 12-bit amplitude scaling, programmable modulus, automatic linear and nonlinear frequency sweeping capability, 32-bit parallel datapath interface, eight frequency/phase offset profiles, phase noise: -128 dBc/Hz (1 kHz offset @ 1396 MHz), wideband SFDR < -50 dBc, serial or parallel I/O control	3A001.a.13.b
<i>PLLs with VCOs</i>			
ADF5355	Microwave wideband synthesizer with integrated VCO	RF output frequency range: 54 MHz to 13,600 MHz, fractional-N synthesizer and integer-N synthesizer, high resolution 38-bit modulus, phase frequency detector (PFD) operation to 125 MHz, reference frequency operation to 600 MHz	5A991.b
HMC830	Fractional-N PLL with integrated VCO 25 MHz to 3000 MHz	RF bandwidth: 25 MHz to 3000 MHz, maximum phase detector rate 100 MHz, ultralow phase noise -110 dBc/Hz in band typ, figure of merit (FOM) -227 dBc/Hz	5A991.b
<i>Multiplier</i>			
HMC443	SMT GaAs HBT MMIC $\times 4$ active frequency multiplier, 9.8 GHz to 11.2 GHz output	Output power: 4 dBm, subharmonic suppression: >25 dBc, SSB phase noise: -142 dBc/Hz, single supply: 5 V @ 52 mA	EAR99
<i>Detectors</i>			
ADL6010	Fast responding, 45 dB range, 0.5 GHz to 43.5 GHz envelope detector	Schottky diode detector with linearization, broadband 50 Ω input impedance, accurate response from 0.5 GHz to 43.5 GHz with minimal slope variation	5A991.b
HMC1013	Successive detection log video amplifier (SDLVA), 0.5 GHz to 18.5 GHz	High logging range: 67 dB (-62 dBm to $+5$ dBm), output frequency flatness: ± 2 dB, log linearity: ± 2 dB, fast rise/fall times: 5 ns/15 ns, single positive supply: 3.3 V	EAR99
<i>ADCs</i>			
AD9652	16-bit, 310 MSPS, 3.3 V/1.8 V dual analog-to-digital converter (ADC)	High dynamic range, SNR = 75.0 dBFS at 70 MHz ($A_{IN} = -1$ dBFS), SFDR = 87 dBc at 70 MHz ($A_{IN} = -1$ dBFS), noise spectral density (NSD) = -156.7 dBFS/Hz input noise at -1 dBFS at 70 MHz, NSD = -157.6 dBFS/Hz for small signal at -7 dBFS at 70 MHz	3A001.a.5.a.5
AD9625	12-bit, 2.6 GSPS/2.5 GSPS/2.0 GSPS, 1.3 V/2.5 V analog-to-digital converter	12-bit 2.5 GSPS ADC, no missing codes, SFDR = 79 dBc, A_{IN} up to 1 GHz at -1 dBFS, 2.5 GSPS, SFDR = 77 dBc, A_{IN} up to 1.8 GHz at -1 dBFS, 2.5 GSPS, SNR = 57.6 dBFS, A_{IN} up to 1 GHz at -1 dBFS, 2.5 GSPS, SNR = 57 dBFS, A_{IN} up to 1.8 GHz at -1 dBFS, 2.5 GSPS, noise spectral density = -149.5 dBFS/Hz at 2.5 GSPS, differential analog input: 1.2 V p-p	3A001.a.5.a.3
<i>Track-and-Hold Amplifiers</i>			
HMC661	Ultrawideband 4 GSPS track-and-hold amplifier dc to 18 GHz	18 GHz input bandwidth (1 V p-p full scale), 4 GSPS maximum sampling rate, 68 dB SFDR (4 GHz/0.5 V p-p input, CLK = 1 GSPS), 57 dB SFDR (4 GHz/1 V p-p input, CLK = 1 GSPS), direct-coupled I/O, ultraclean output waveforms, minimal glitching, >60 dB hold mode feedthrough rejection, 1.05 mV rms hold mode output noise, single/dual rank evaluation boards are available	EAR99
HMC1061	DC to 18 GHz, ultrawideband, dual rank 4 GSPS track-and-hold amplifier	18 GHz input bandwidth (1 V p-p full scale), 4 GSPS maximum sampling rate, 67 dB SFDR (4 GHz/0.5 V p-p input, CLK = 1 GSPS), 56 dB SFDR (4 GHz/1 V p-p input, CLK = 1 GSPS), direct-coupled I/O, ultraclean output waveforms, minimal glitching, >65 dB hold mode feedthrough rejection, 1.5 mV rms hold mode output noise	EAR99

Part Number	Description	Key Features & Benefits	ECCN Code
<i>Low Noise Amplifiers</i>			
HMC460	GaAs pHEMT MMIC low noise amplifier, dc to 20 GHz	Noise figure: 2.5 dB @ 10 GHz, gain: 14 dB @ 10 GHz, P1dB output power: 16.5 dBm @ 10 GHz, supply voltage: 8 V @ 60 mA, 50 Ω matched input/output	EAR99
HMC516LC5	Smt pHEMT low noise amplifier, 9 GHz to 18 GHz	Noise figure: 2 dB, gain: 20 dB, OIP3: 25 dBm, single supply: 3 V @ 65 mA, 50 Ω matched input/output	EAR99
<i>Switches</i>			
HMC232A	GaAs MMIC SPDT non-reflective switch, dc to 12 GHz	Isolation: 57 dB @ 3 GHz, 50 dB @ 6 GHz, input P1dB: 30 dBm, insertion loss: 1.5 dB typical @ 6 GHz, nonreflective design	EAR99
HMC986A	GaAs MMIC reflective spdt switch, 0.1 GHz to 50 GHz	Wideband performance: 0.1 to 50 GHz, low insertion loss: 1.9 dB at 40 GHz, high isolation: 31 dB at 40 GHz, fast switching speed: 10 ns	EAR99

設計リソース

Circuits From the Lab® Reference Circuits for Radar

- ▶ **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>
- ▶ **More reference circuits are available at** www.analog.com/jp/circuits

技術関連記事／アプリケーション・ノート

- ▶ **Technical Article:** MT-085, Fundamentals of Direct Digital Synthesis— www.analog.com/en/training-seminars/tutorials/MT-085.pdf
- ▶ **Application Note:** AN-1039, Correcting Imperfections in IQ Modulators to Improve RF Signal Fidelity— www.analog.com/en/AN-1039.pdf
- ▶ **Webinar:** Technologies and Solutions for Radar System Applications— <http://www.analog.com/jp/education/education-library/webcasts/technologies-solutions-for-radar-system-applications.html>
- ▶ **Brochure:** Aerospace and Defense Capabilities Brochure— www.analog.com/en/Aerospace-and-Defense-brochure.pdf
- ▶ **Brochure:** RF and Microwave IC Selection Guide 2015— http://www.analog.com/media/jp/news-marketing-collateral/product-selection-guide/RF-and-Microwave-ICs-Selection-Guide-2015_J.pdf
- ▶ **Technical Article:** High Performance Integrated 24 GHz FMCW Radar Transceiver Chipset for Auto and Industrial Sensor Applications— www.analog.com/en/High-Performance-Integrated-24-GHz-FMCW-Radar-Transceiver-Chipset.pdf

設計ツール／フォーラム

- ▶ **ADIsimPE powered by SIMetrix/SIMPLIS**— <http://www.analog.com/jp/design-center/interactive-design-tools/adisimpe.html>
- ▶ **VisualAnalog®:** ADC simulation tool— <http://www.analog.com/jp/design-center/interactive-design-tools/visualANALOG.html>
- ▶ **ADIsimRF™:** RF signal chain calculator tool— https://form.analog.com/Form_Pages/RFComms/ADISimRF.aspx
- ▶ **ADIsimCLK™:** Clocks products design and evaluation tool— <http://www.analog.com/jp/design-center/interactive-design-tools/adisimclk.html>
- ▶ **ADIsimPLL™:** PLL circuit-design and evaluation tool— https://form.analog.com/Form_Pages/RFComms/ADISimPLL.aspx
- ▶ **Export and Import Classification Information**— <http://www.analog.com/jp/support/customer-service-resources/customer-service/view-export-classification.html>

アナログ・デバイセズのレーダー・アプリケーションと製品の詳細については、以下のサイトをご覧ください。

<http://www.analog.com/jp/applications/markets/aerospace-and-defense/radar.html>

オンライン・サポート・コミュニティ

アナログ・デバイセズのオンライン・サポート・コミュニティで当社の技術者にご相談ください。難しい設計上の問題についてのお問合せ、FAQの参照、チャットでの交流などにご利用いただけます。

ez.analog.com



アナログ・デバイセズ株式会社

本社 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル 10F
大阪営業所 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー 10F
名古屋営業所 〒451-6040 愛知県名古屋市中区牛島町 6-1 名古屋ルーセントタワー 40F

