



ミリ波5G普及に向けた64素子ミリ波 フェーズドアレイアンテナモジュールの開発

高松 創

アナログ・デバイス株式会社

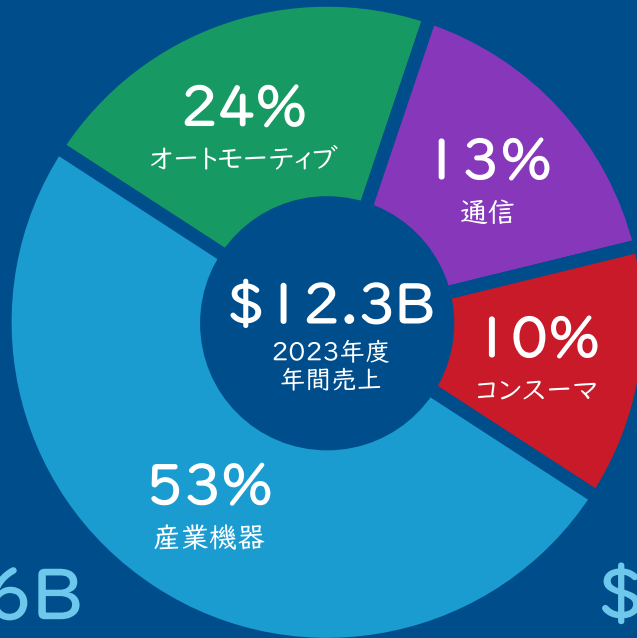
analog.com

はじめに

- 会社紹介
- 5G向け製品ポートフォリオ
- フェーズドアレイアンテナモジュール開発プロジェクト
 - 背景
 - プロジェクト概要
 - ハードウェア
 - 開発時のトラブルシューティング

会社紹介

業界をリードする アナログ・デバイセズのプロフィール



\$12.3B
2023年度
年間売上

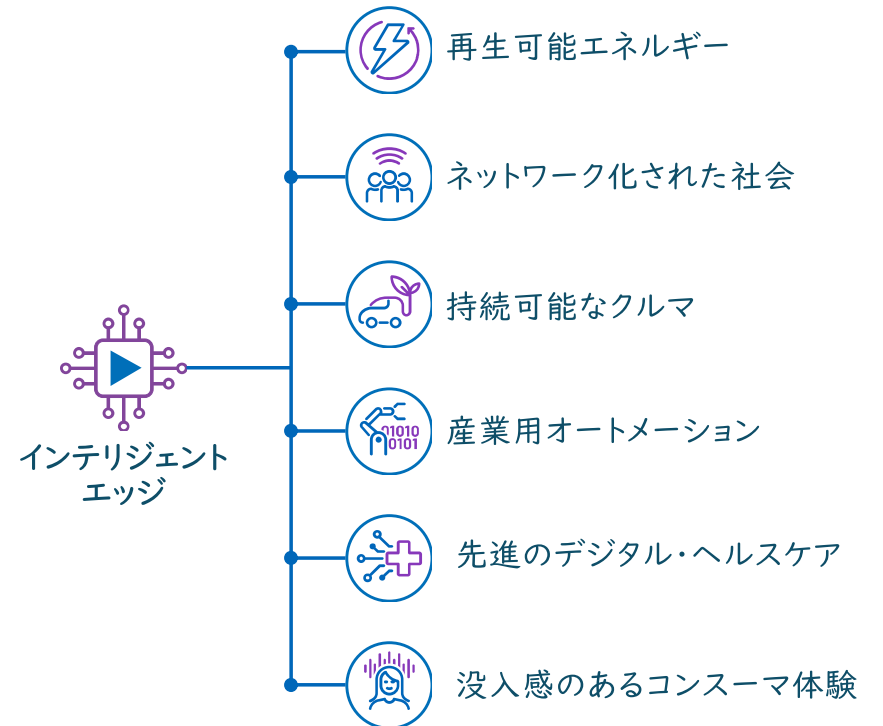
\$96.6B

2024年度
第1四半期終了時
時価総額

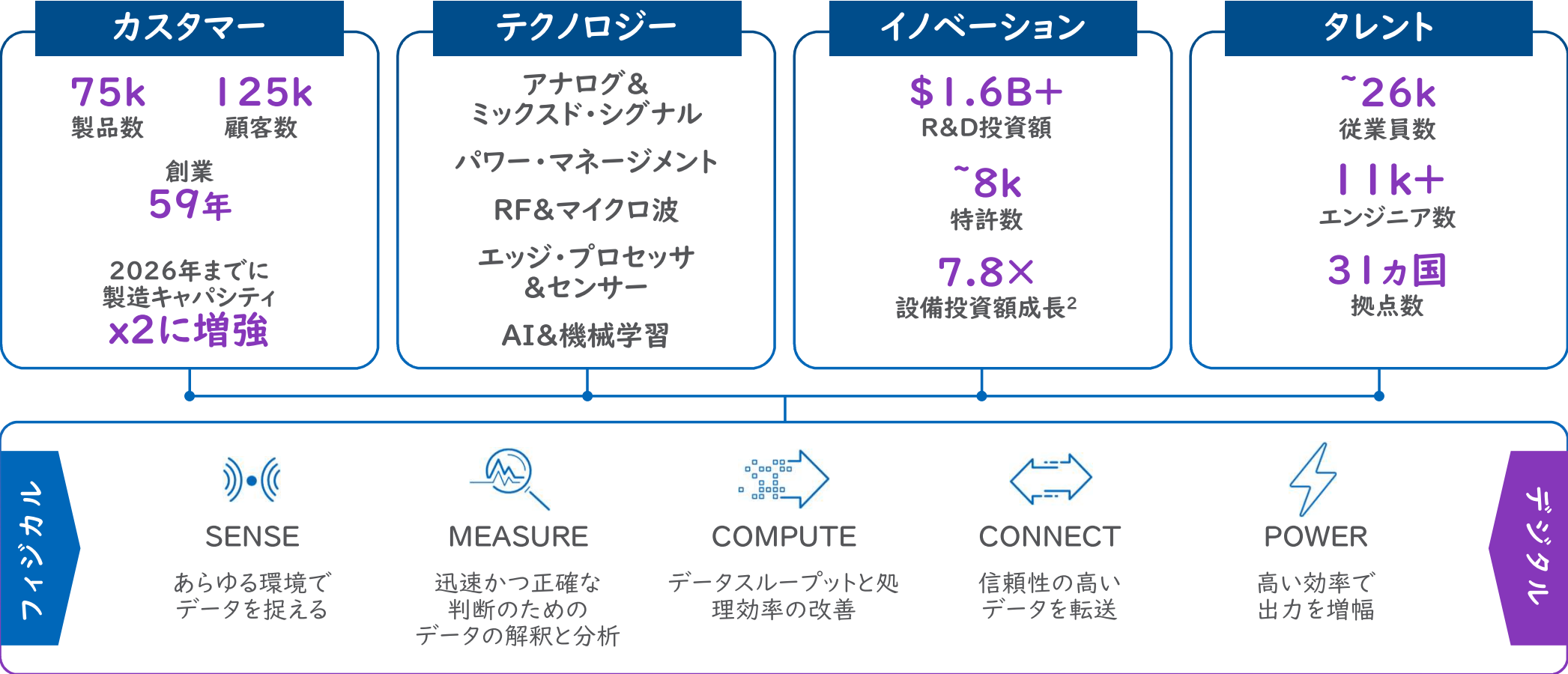
\$20B

2030年までの
売上成長目標

人々の生活と世界を豊かにする ソリューションの創造



ADIの全体像と目指す未来



5G向け製品ポートフォリオ

ワイヤレス・コミュニケーション

無線ネットワークエッジにおける貢献

持続可能なグローバル
ネットワーク社会に貢献
できるテクノロジー

世界におけるほとんどの
モバイル通信トラフィック
を支えるアナログ・デバイ
ゼズのRFテクノロジー

トレンド

データ通信トラフィックの
指数的な増加

よりエネルギー効率の高い
5Gネットワーク

6G次世代通信に向けた
技術開発

アプリケーション

あらゆるスペクトラム、パブリック/
プライベート・ネットワーク
に対応可能なソリューション



Massive MIMO



マクロセル



スモールセル



ミリ波

無線インフラ ストラクチャー ソリューション

O-RAN完全準拠
O-RUプラットフォーム

O-RAN
sprit 7.2x
ソフトウェア
スタック

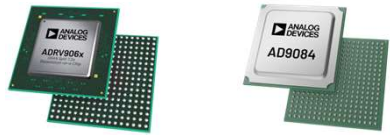
SDR
トランシーバ
SoC



ミリ波5G向けフロントエンドMMIC製品ポートフォリオ

SDRトランシーバ MxFE/SDR

- MxFE
- 28GSPS DAC+20GSPS ADC、瞬時帯域 18GHz
 - プログラマブルオンチップ DSP (デジタルアップダウンコンバータ)
 - 低遅延オンチップループバック機能
- RadioVerse
- 4T4R、瞬時帯域400MHz
 - DPDプロセッサ内蔵
 - O-RU機能の統合



アップダウン・コンバータ ADMV1128A/1139A

- LOx2またはx4オプション
- シングルエンドIFまたは複素IFに対応
- SOI-CMOSによる低消費電力化

アップ・ダウンコンバータ+ビームフォーマー ADMV1228/1239



ビームフォーマー ADMV48281/49281

- 16TX/RXチャンネル
- シングル偏波、またはデュアル偏波 (水平偏波8チャンネル、垂直偏波8チャンネル) に対応
- 高速TDDスイッチ、高速RF オンオフ制御
- 2048ビームポジション用メモリ内蔵
- SOI-CMOSによる低消費電力化



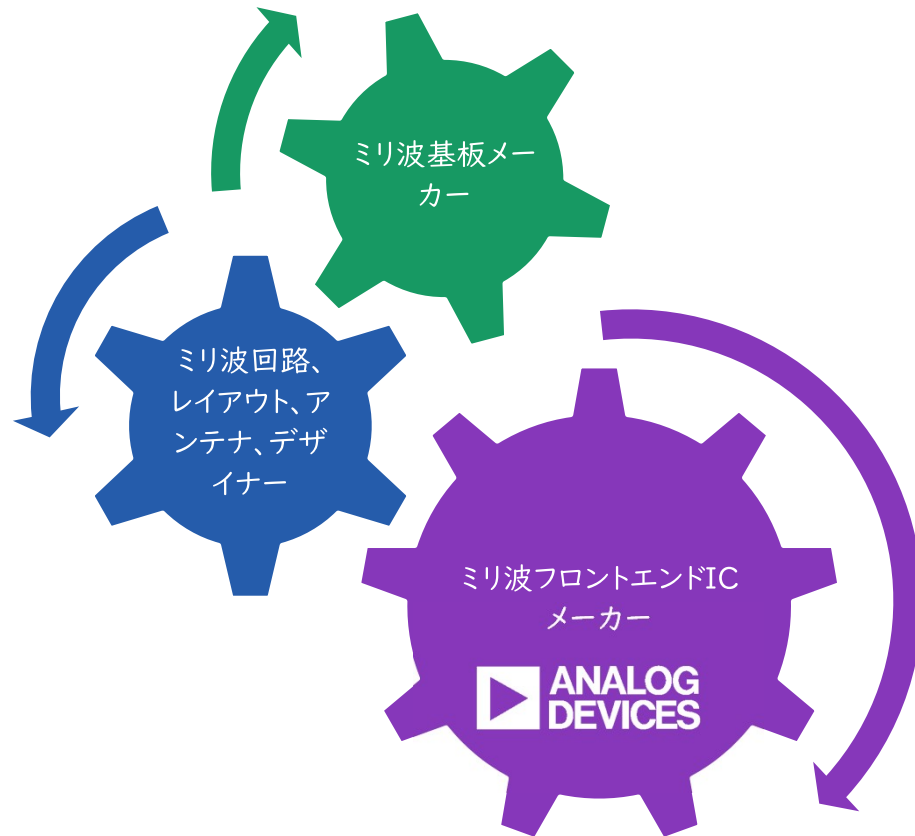
チップアンテナ ADMV2228/2239

- SMT広帯域チップアンテナ
- シングル/デュアル偏波に対応 (円偏波実装も可能)
- アンテナゲイン5dBi
- 3.25x3.25mm LGA パッケージ
- ミリ波基板のコスト削減に貢献



プロジェクト:Dragonfly

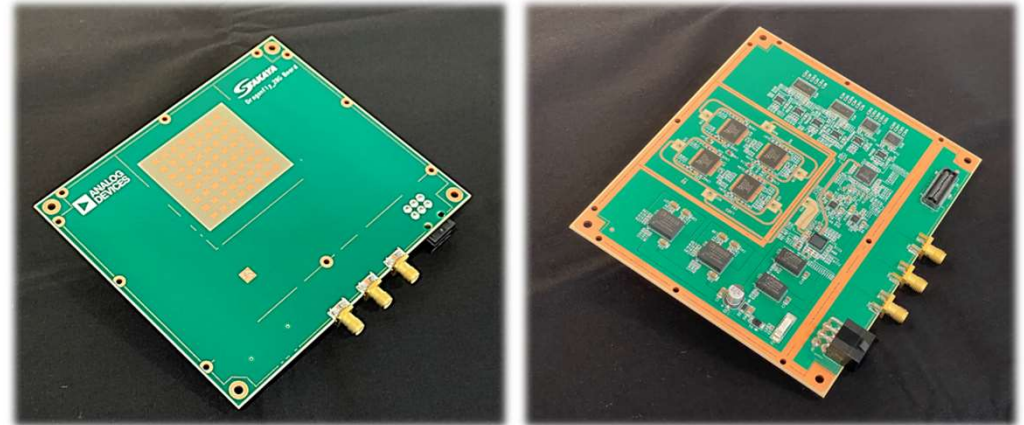
ミリ波フェーズドアレイアンテナモジュール開発の課題



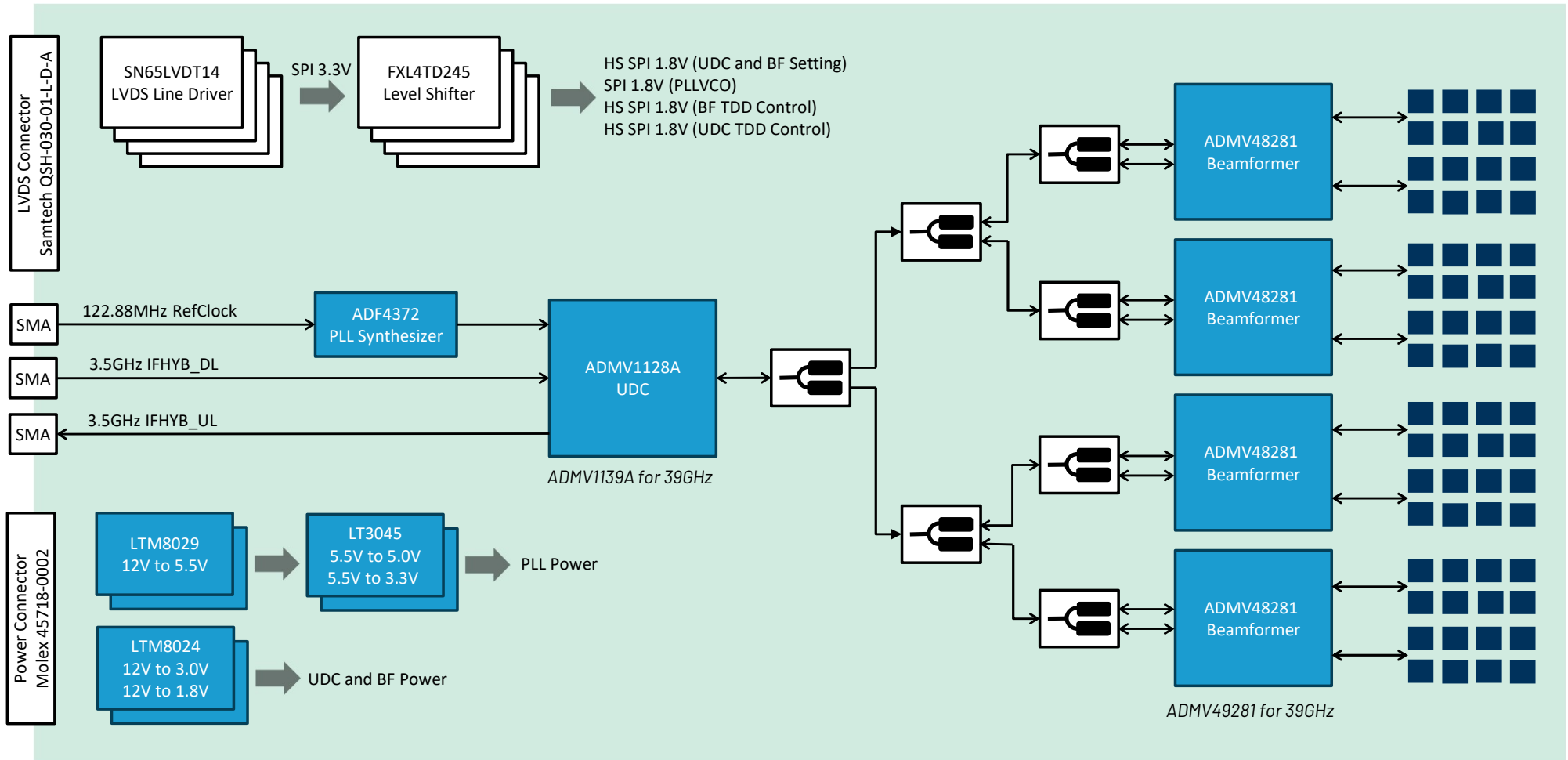
- ミリ波フェーズドアレイアンテナの開発は、ICメーカー、回路・基板・アンテナのデザイナー、基板メーカーの密接な連携が必要
- ICの集積化により、より多くのチャンネル数、より小型化が実現出来るが、発振や信号損失などのリスク増大
- アナログ・デバイスが主体となり、三者が密接に連携できる体制でミリ波フェーズドアレイアンテナの開発 (Dragonflyプロジェクト)
- 成果物をプラットフォーム化し、ミリ波フェーズドアレイアンテナの開発リスクを低減し、ミリ波5Gの普及を加速することを期待

Dragonflyプロジェクト紹介

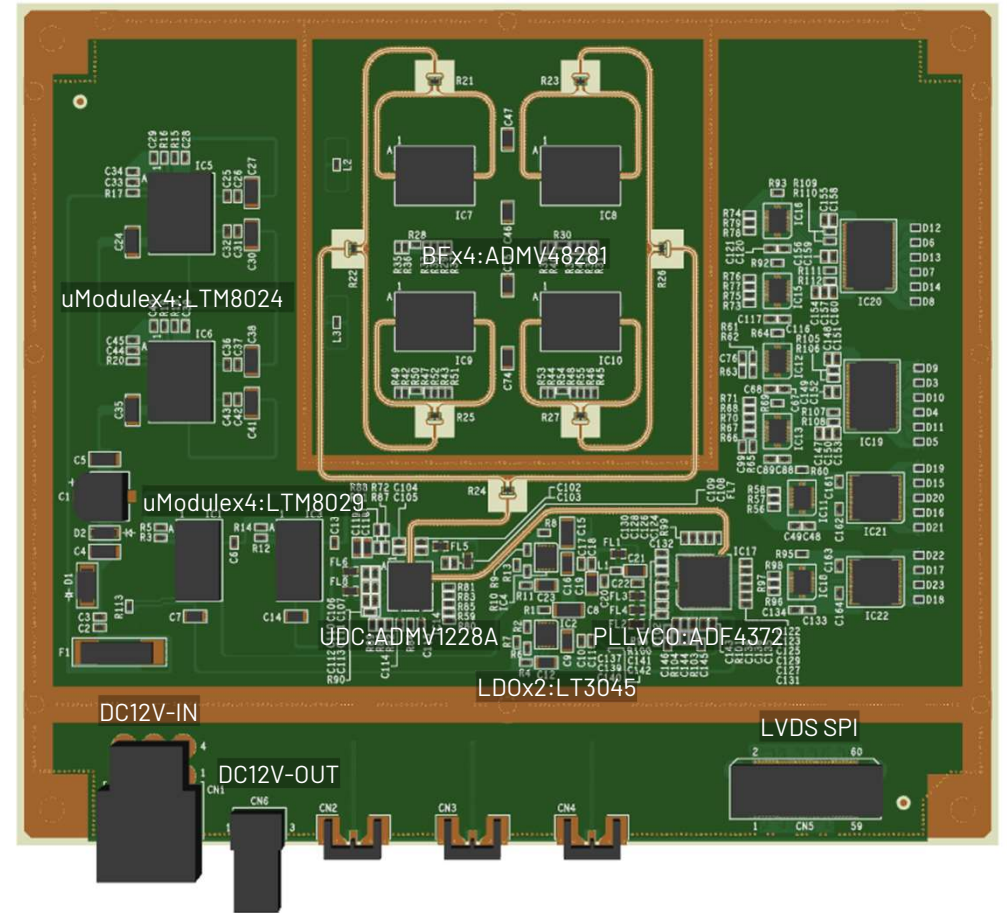
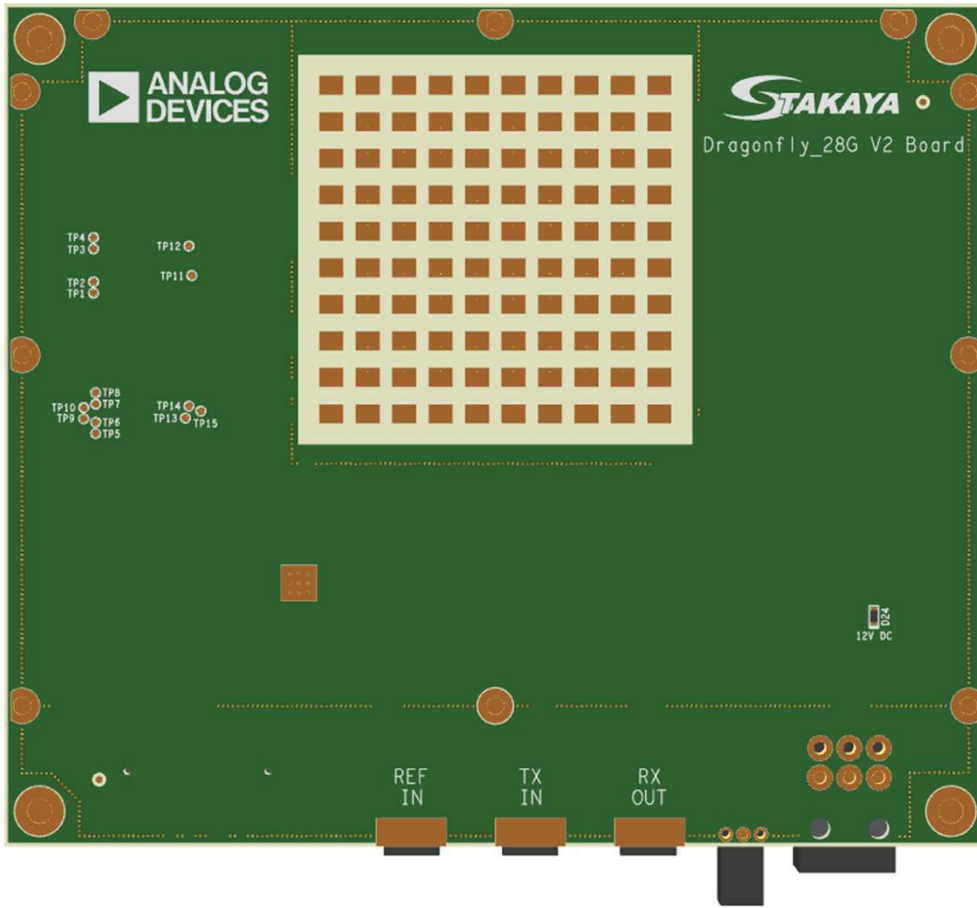
項目	仕様
素子数	64 (8x8)
偏波	単偏波
周波数	27.8-29.1 GHz
多重方式	TDD
送信EIRP	46dBm
ビーム角度	±45度
受信ゲイン	30dB
IF周波数	3.5GHz
IF帯域幅	±200MHz
リファレンスクロック	122.88MHz
SPI (LVDS)制御速度	100MHz
電源電圧	DC 12V
消費電流	2.5A (送信時)
ステータス	製造中



Dragonflyのブロック図



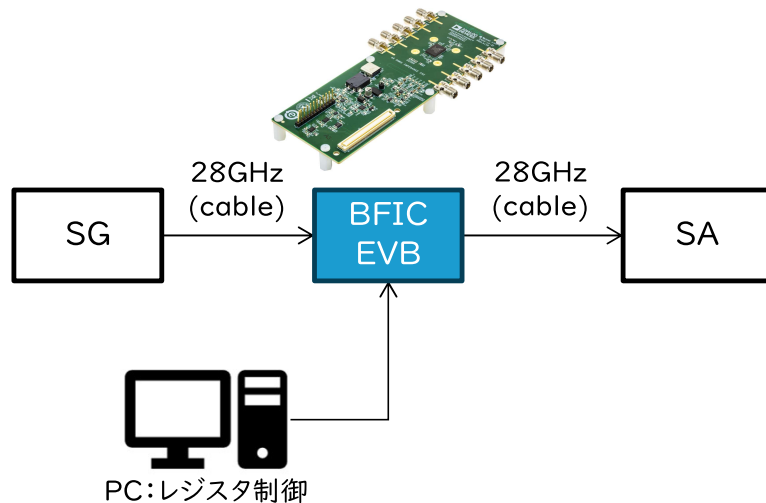
Dragonflyの構成図 (サイズ: 120mm x 140mm)



Dragonflyプロジェクトの提供するバリュー

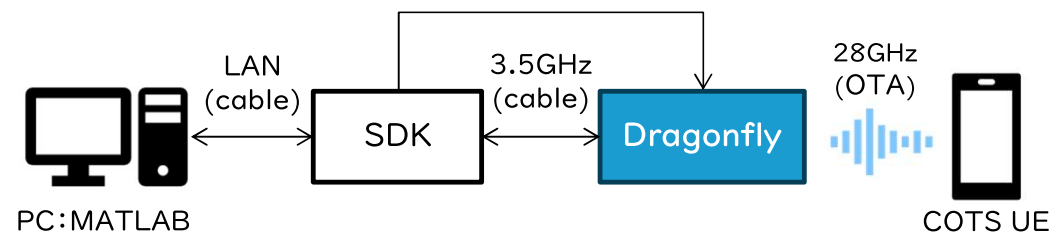
既存のBF評価

- 例:ADMV4828I 評価ボード
- ミリ波対応測定器 (SG、SA) の準備が必要
- BFIC 単体機能のみ評価可能
- 全16チャンネルでの動作は非対応 (8チャンネルのみ)
- アンテナを組み合わせたOTA評価は非対応



Dragonflyを使ったBF評価

- ミリ波信号をすべて基板上に統合しIF (マイクロ波) の入出力で評価可能
- 64素子のアンテナを使ったシステムレベルでのビームステアリング評価をOTAで可能
- MATLABによる制御リファレンスコードを準備してホワイトボックスでの評価が可能 (SDKで対応)
- 従来通りのミリ波測定器を使った評価も可能
- 商用化に向けたカスタムPAAM開発が可能



プロジェクト:Dragonfly SDK

Dragonfly SDK概要

目的

- ✓ 基本的なRF試験
 - 送信テスト(要シグナルアナライザ)
 - 受信テスト(要信号発生器)
- ✓ ビームステアリング試験(要:ローテーター)
- ✓ 対抗通信試験(要:2台のDragonfly)
- ✓ FR2 5Gボックス化(E2Eで実装)

※ブラックボックスが無く、ローレベル物理層から、あらゆる試験が可能

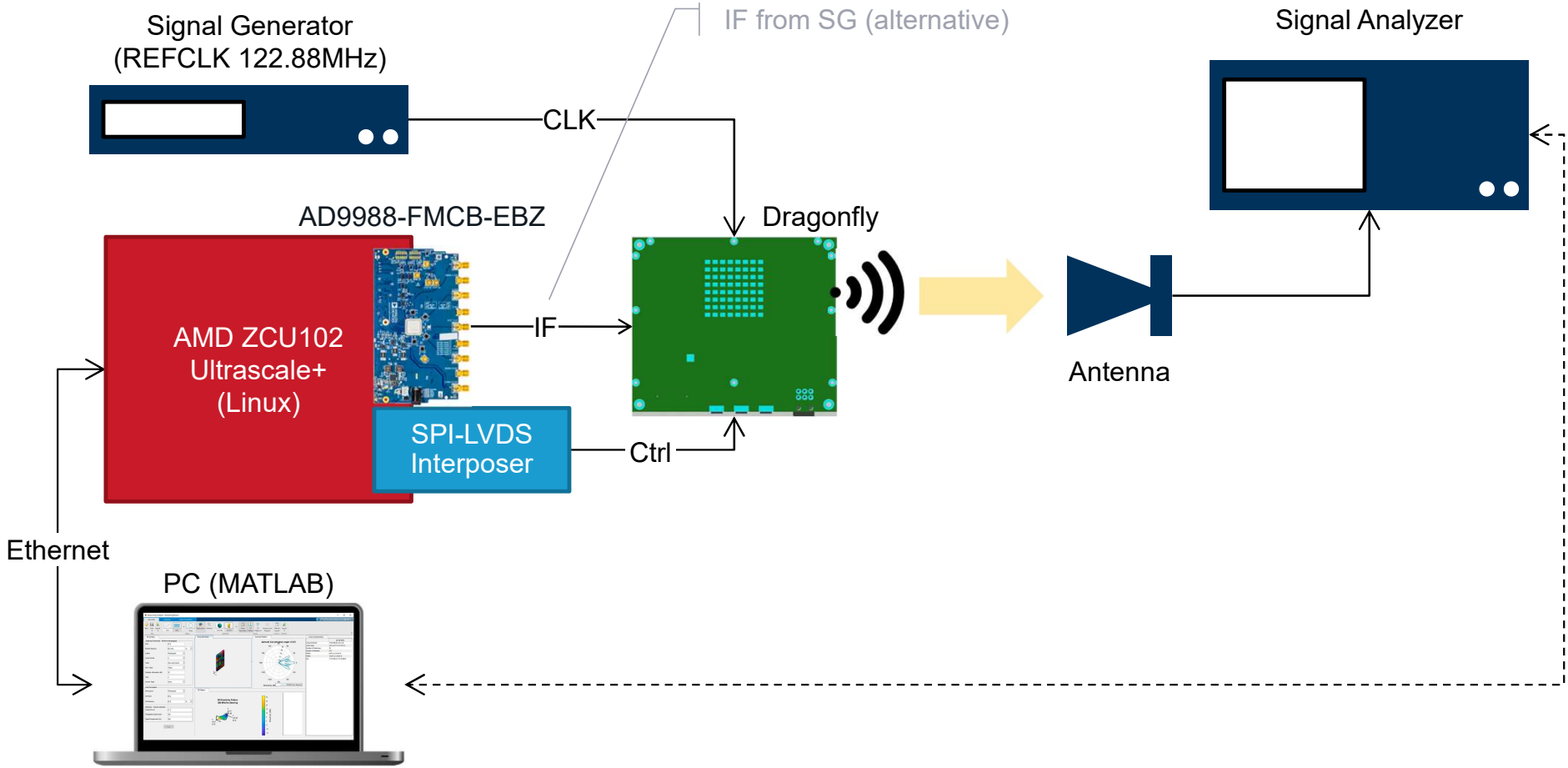
基本システム構成

- ✓ Dragonfly(エスタカヤ製造)
- ✓ ZCU102 (AMD製、Versalにも対応中)
- ✓ EVAL-AD9988/AD9081 (ADI製)
- ✓ SDP-LVDSインターポージャー基板 (IDAQS製)
- ✓ ZCU102 Linux用SDカードイメージ (IDAQS製)
- ✓ Dragonflyヒートシンクケース (IDAQS製)
- ✓ MATLAB制御リファレンスコード (ADKK/IDAQS製)

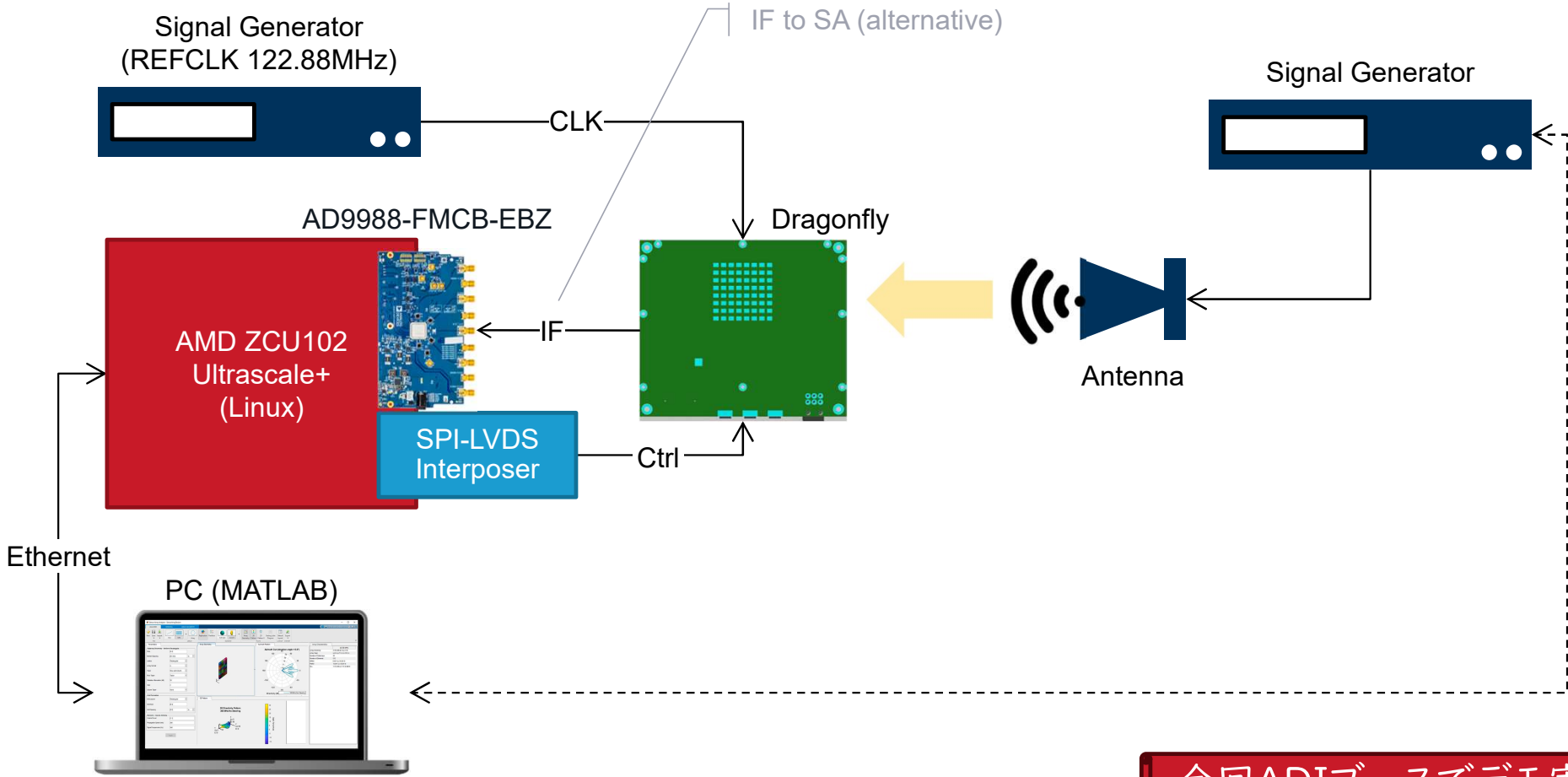
※IDAQS社によるインテグレーションが可能

※OAIを利用したE2Eシステムもサポート

SDKセットアップ例 (送信試験)

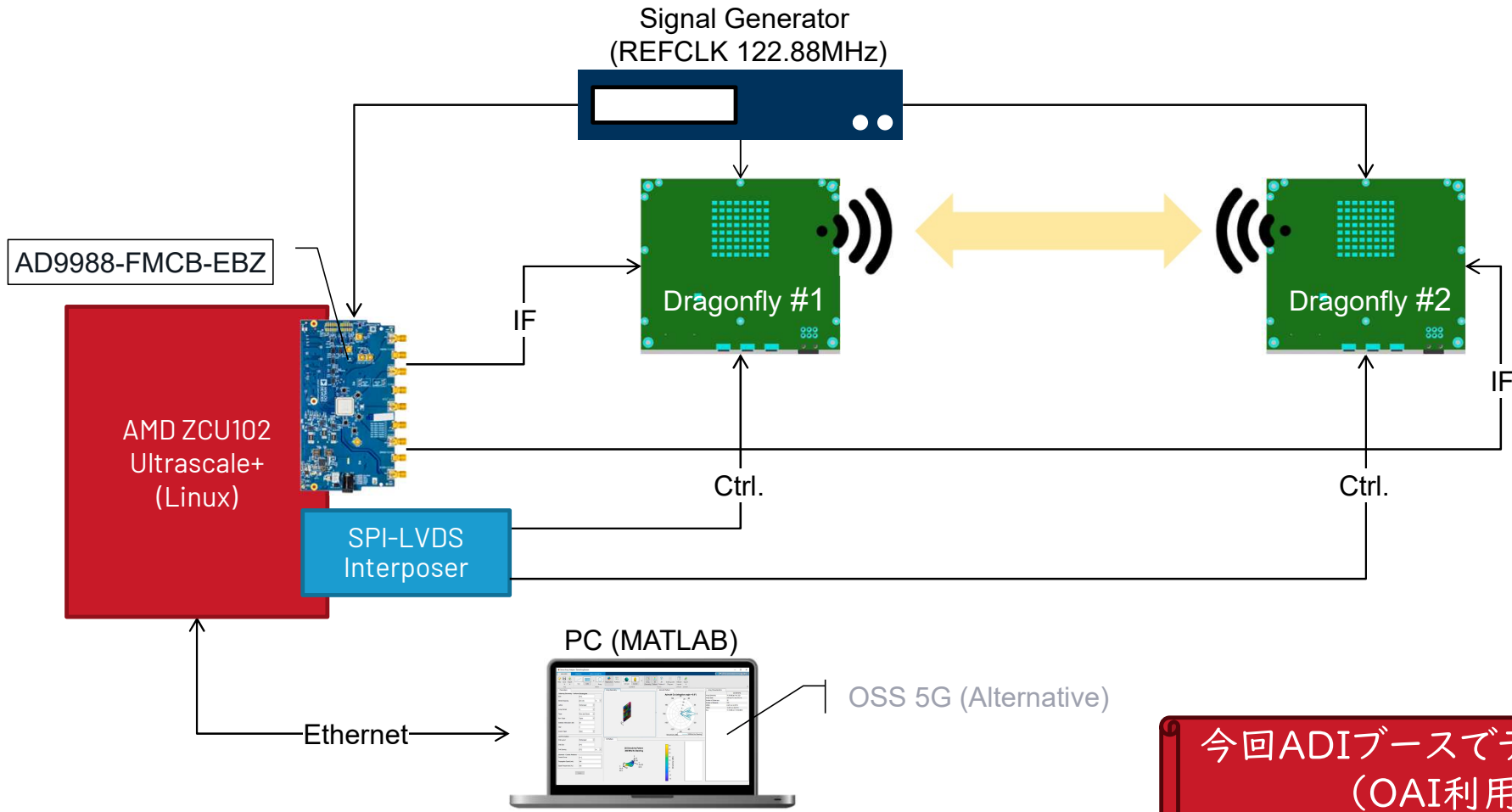


SDKセットアップ例 (受信試験)



今回ADIブースでデモ実施中

SDKセットアップ例 (対向試験)



今回ADIブースでデモ実施中 (OAI利用)

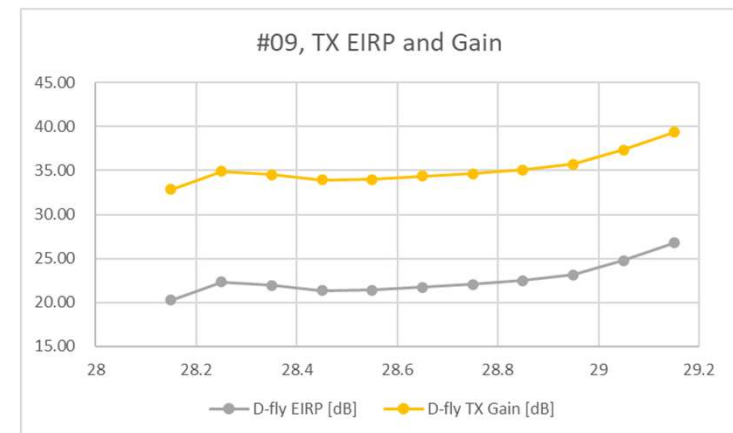
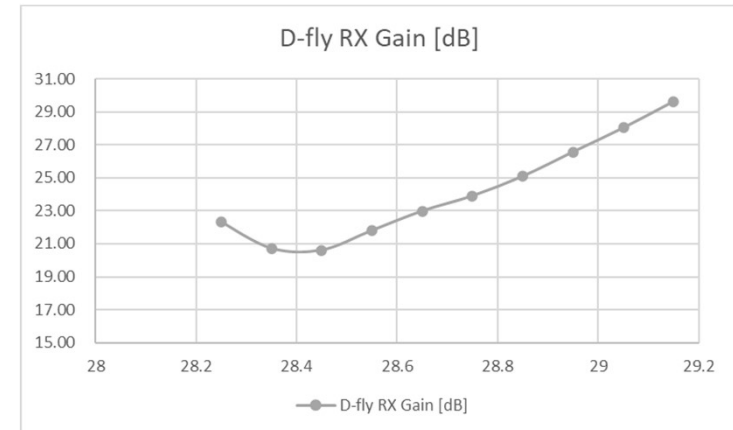
プロジェクト：開発時のトラブルシューティング

Dragonfly ver.1で確認された課題

- 開発メンバー間で密接に開発を進めたが、一発で設計完了にはならなかった…(高集積ミリ波回路の難しさ)

課題:

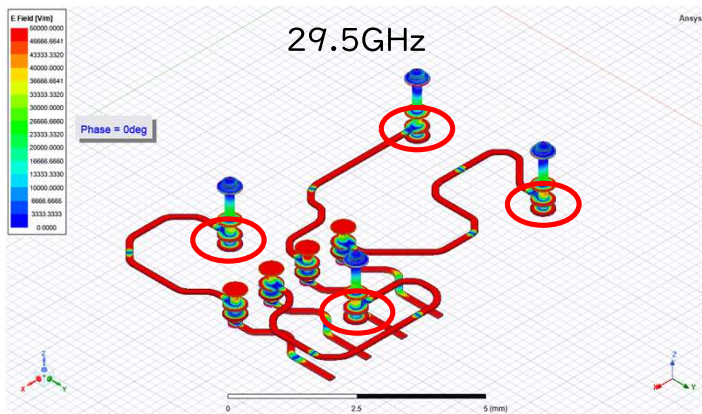
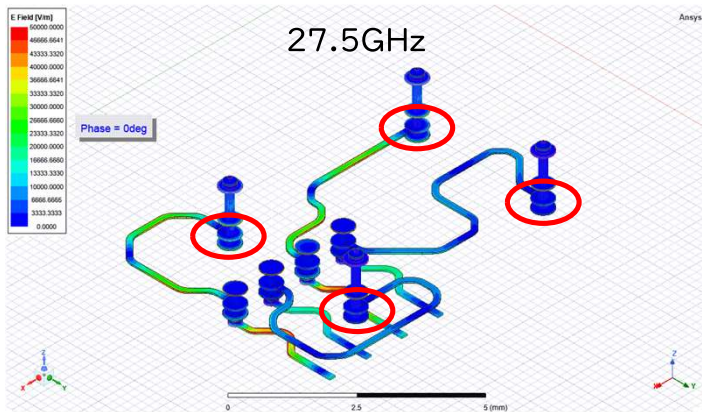
1. 周波数特性を持っている(右肩上がりの特性)
2. 損失が想定より大きい(ゲイン不足)
3. 送信出力を上げると発振する



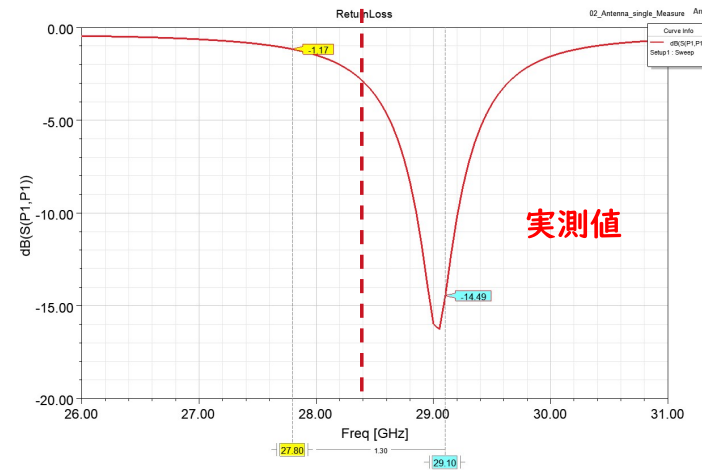
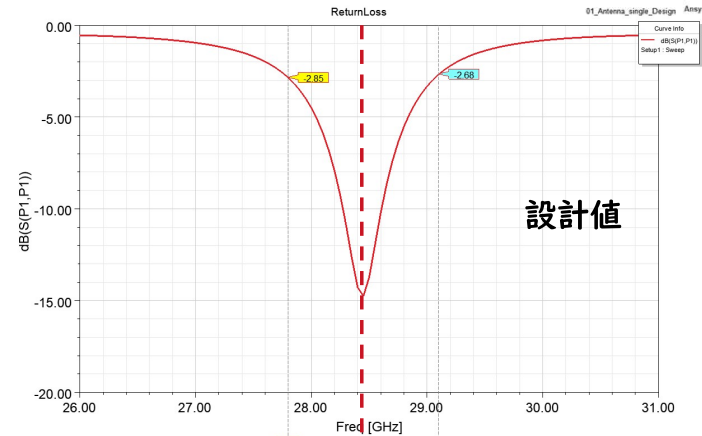
Dragonfly ver.1で確認された課題

1.周波数特性を持っている(右肩上がりの特性)

NG



Ansys HFSSシミュレーション結果より

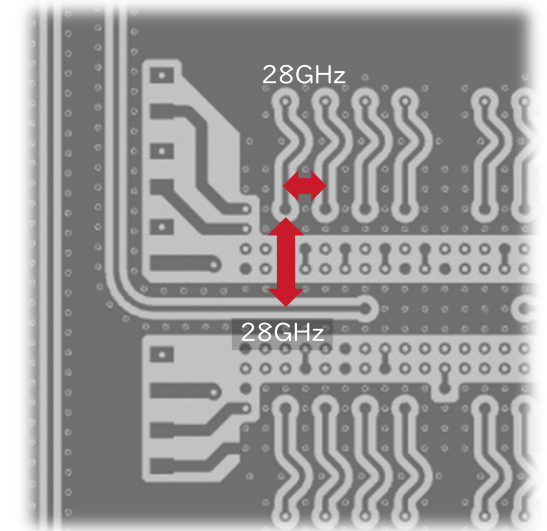
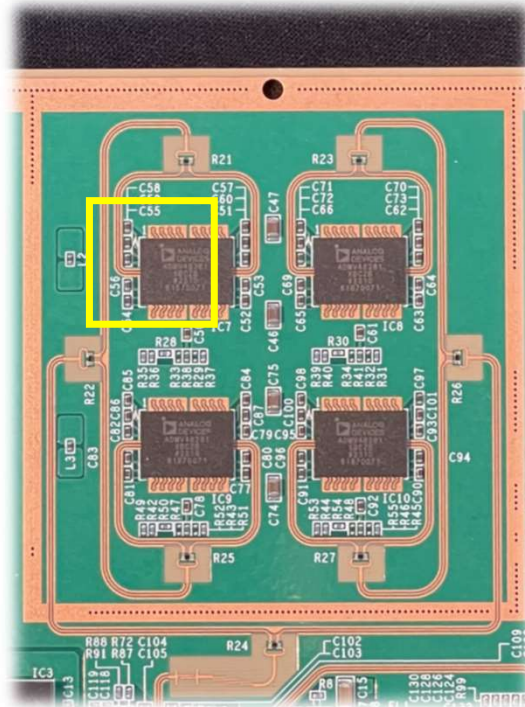


Dragonfly ver.1で確認された課題

3.出力を上げると発振する

原因:

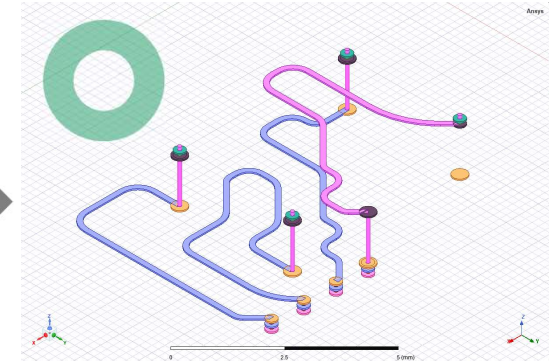
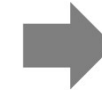
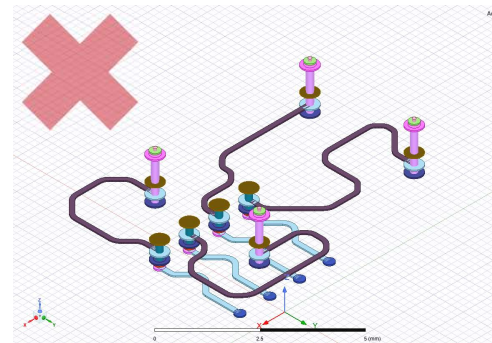
- 表層を走るミリ波信号の相互干渉

NG

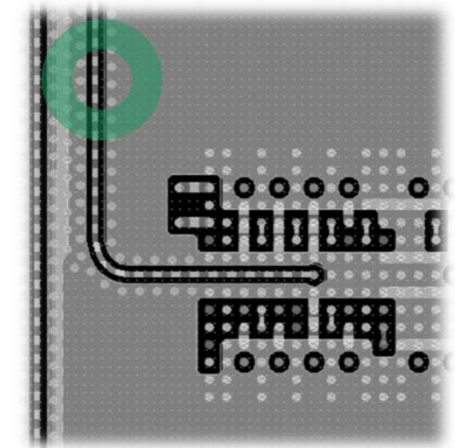
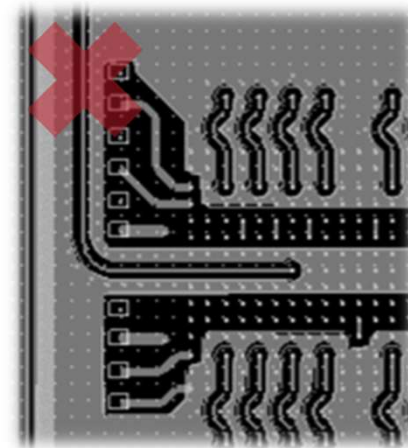
Dragonfly ver.2で実施された対策

OK

- 事象1、2:
 - 周波数特性を持っている(右肩上がりの特性)
 - 損失が想定より大きい(ゲイン不足)
- 対策:
 - スタブの除去(レイヤ設計の見直し)



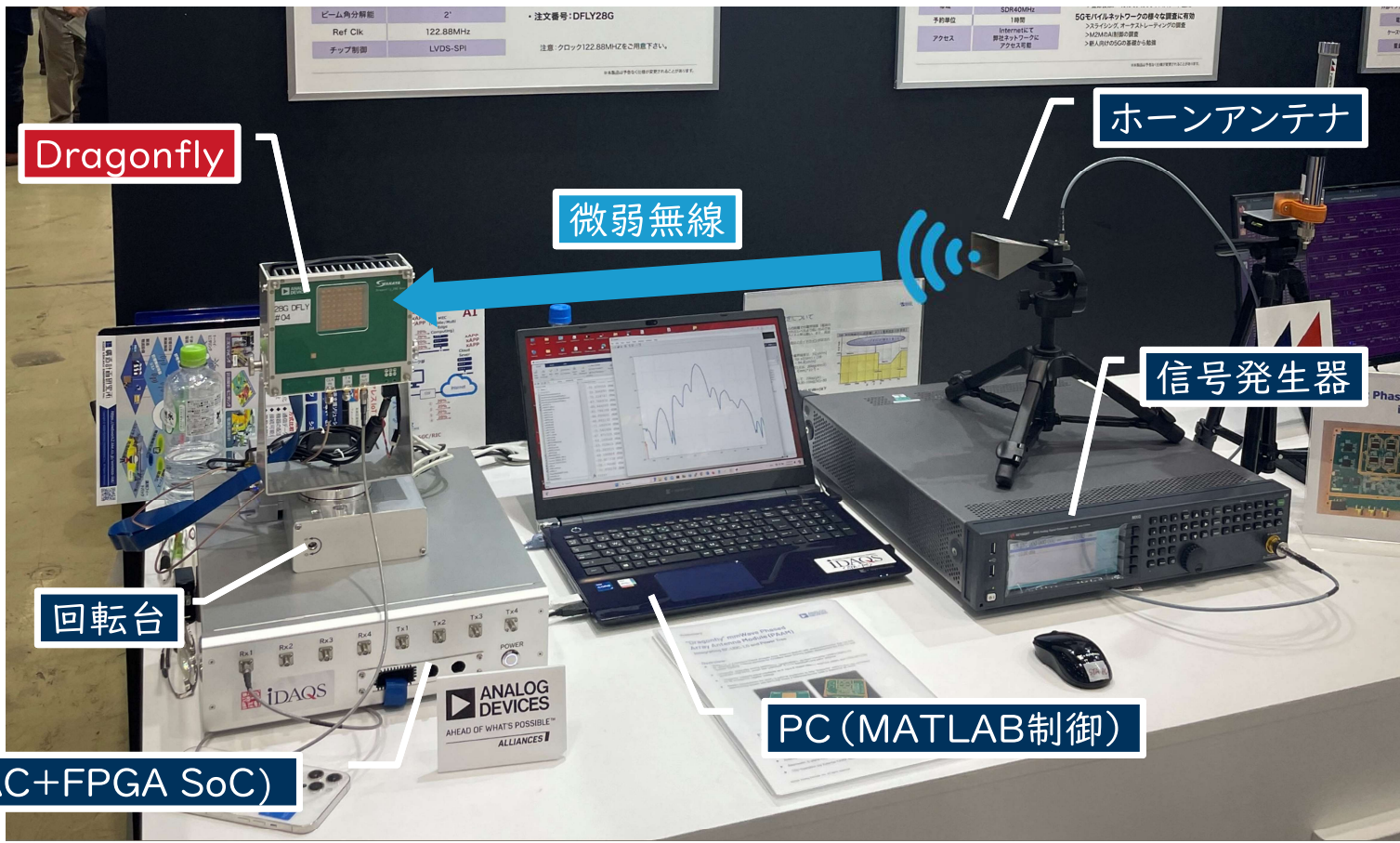
- 事象3:
 - 出力を上げると発振する
- 対策:
 - ミリ波信号はボールから直ぐに内層へ移動



結果: Dragonfly ver.2で目標設計値を達成!!

項目	数値
素子数	64 (8x8)
偏波	単偏波
周波数	27.8-29.1GHz
多重方式	TDD
送信EIRP	23dBm → 46dBm (目標値達成)
ビーム角度	±45度
受信ゲイン	25dB → 30dB (目標値達成)
IF周波数	3.5GHz
IF帯域幅	±200MHz
リファレンスクロック	122.88MHz
SPI (LVDS)制御速度	100MHz
電源電圧	DC 1.2V
消費電流	2.5A (送信時)
ステータス	開発中 → 製造中

Dragonflyデモ (ADIブースにて)



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE

analog.com



©2024 Analog Devices, Inc. All Rights Reserved.