

CMOS RFトランシーバチップの開発

太矢 隆士

過去、家庭における電波の応用としてはテレビ・ラジオ等もっぱら放送電波の受信のみであった。近年、電波の送信・受信による双方向通信を活用したワイヤレス機器が身近に数多く使われるようになり、各種システムの利便性が各段に向上している。このようなワイヤレス機器において、電波はアンテナを経て高周波信号（Radio Frequency：RF信号）として電子回路に伝達されており、ここで用いられるインタフェースがRFトランシーバ回路である。

OKIではRFトランシーバ回路のCMOSデバイスによる集積化に早期より取組み、商品化してきた。ここではOKIのCMOS RFトランシーバチップについて構成技術を解説し、各種LSI商品を紹介する。

べて高速（数百メガヘルツ～数ギガヘルツ）のRF信号を扱っており、従来、トランジスタ、フィルタ、発振回路などの個別部品で構成される大きな機器であった。機器の利便性を高めるため、RFトランシーバ回路には以下のような開発要求が課せられている

- 感度に優れ、伝送距離が長い
- 消費電力が小さい
- 部品点数が少なく、機器サイズが小さい

OKIではこれらの要求に対応すべく回路技術開発を進め、CMOSデバイスによりワンチップ集積化されたRFトランシーバとして商品化を実現してきた。

CMOS RFトランシーバの構成

図1にRFトランシーバ回路の構成例を示す。

アンテナからの高周波信号を受けて情報を取り出す受信側回路と、データを載せた高周波信号を生成してアンテナに供給する送信側回路から構成されている。

これらの回路は音声通信やケーブル信号伝送などに比

CMOSデバイスによる回路の実現

RFトランシーバを構成する主要回路ブロックについてCMOSデバイスによる実現方法について解説する。

(1) LNA（Low Noise Amplifier:低雑音アンプ）

LNAはアンテナで受信した信号を最初に受け取る部分であり、微弱な信号を雑音に埋もれることなく増幅することと、大きな信号でも歪みなく増幅することを両立さ

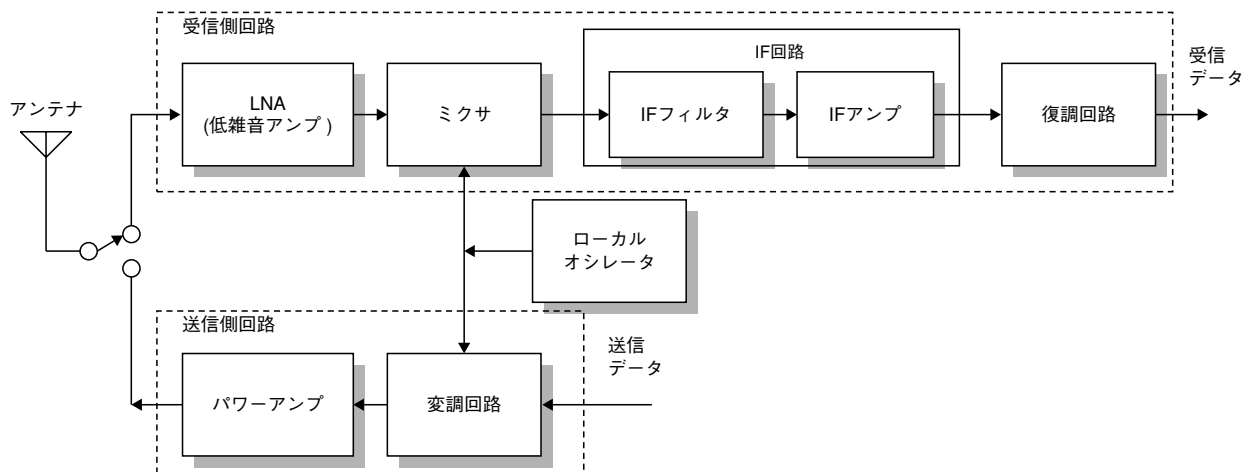


図1 RFトランシーバ回路の構成図

せる必要がある。CMOSデバイスの微細化により動作電源電圧は1ボルト程度まで低下してきているが、信号振幅を大きくとれる回路方式の採用と、信号レベルダイヤの最適な設定により、大きな妨害波信号入力に対しても歪みによる感度劣化が無く、良好な受信感度特性を実現することができる。

(2) ミクサ

LNAで増幅された高速（数百メガヘルツ～数ギガヘルツ）のRF受信信号は、ミクサにおいて数メガヘルツの中間周波信号に変換される。CMOSトランジスタを用いると、ギルバートセルミクサ回路およびパッシブミクサ回路など各種回路方式を用いることが可能で、歪み特性、雑音特性を満足しつつ、低消費電力の回路を実現することができる。

(3) IF (Intermediate Frequency : 中間周波) 回路

ミクサから出力された中間周波信号はIF回路に入力される。IF回路は、通信に用いるチャンネルを選択するIFフィルタと、信号を復調可能なレベルまで増幅するIFアンプとから構成されている。

IFフィルタは通信に用いるチャンネルを選択する部分であり、従来セラミックフィルタや水晶フィルタが用いられてきたが、CMOSトランジスタによるアクティブフィルタ回路技術によりLSIへの集積化が可能となり、部品点数の削減とLSIピン数の削減を同時に実現している。フィルタを実現する回路方式としては、演算増幅器と抵抗・キャパシタで構成するアクティブフィルタのほか、Gm-Cフィルタ回路^{*1)}、スイッチトキャパシタ回路といったCMOSデバイスの特長を生かした各種回路方式があり、フィルタ特性、雑音特性、歪み特性など最適なものが用いられる。さらに近年、IFフィルタ機能をアナログフィルタとデジタルフィルタとに分担させることも盛んに行われ、アナログ回路の縮小によりトータルとしての回路の小型化および省電力化の効果が大きい。

(4) 復調回路

復調回路は、IF回路の出力を受け、RF信号に載せられている情報を取り出す機能を持つ。従来、遅延素子や共振素子を用いたアナログ回路で構成されていたが、現在はほぼ全てデジタル回路となっており、微細化CMOSデバイスによる小サイズ化および省電力化を実現するとともに、部品点数の削減、動作の無調整化および安定化に寄与している。

(5) 変調回路

送信側回路において、送信データはまず変調回路において情報をRF信号に載せる信号処理を行う。デジタル回路で信号パターンを生成し、これをDAコンバータ^{*2)}やデルタシグマ回路技術によりアナログ信号に変換する。従来のアナログ回路による位相変化・周波数変化の生成に比べ、部品点数も少なく、無調整で安定性に優れている。図2にCMOS RFトランシーバの変調出力波形（QPSK 5.8GHz帯）の測定例を示す。オンチップのローカルオシレータおよび変調回路により十分な変調特性を得ることができている。

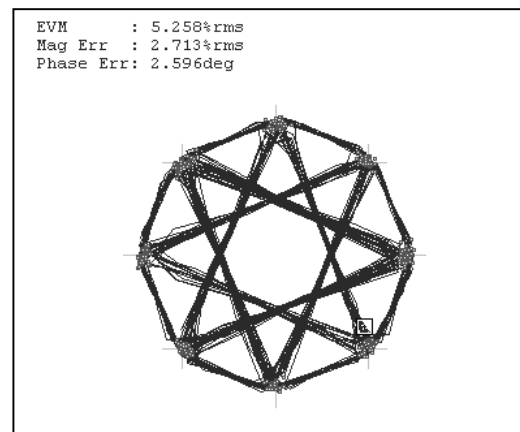


図2 QPSK変調信号の例

(6) パワーアンプ

変調回路の出力は、パワーアンプにおいてアンテナから送信するために十分大きな電力まで増幅される。パワーアンプは大電力を扱う部分であり、効率の点から個別部品トランジスタが用いられてきたが、CMOSデバイスの微細化により電力効率が向上し、集積化が可能となり、部品点数の削減および省電力化に寄与している。

(7) ローカルオシレータ

ローカルオシレータは送信側回路、受信側回路に共通な回路であり、RF信号の基準となる高周波信号を生成する。CMOSトランジスタによって構成した可変容量素子とメタルパターンでチップ上に作成されたインダクタにより発振回路を構成し、PLL^{*3)}として動作させる。

従来 発振回路モジュールとPLL集積回路とで構成されていた部分であるが、すべてチップ内に構成可能となり部品点数、消費電力、性能いずれも優れた機器を構成できる。

*1) Gm-Cフィルタ回路：Gm(相互コンダクタンス)とC(キャパシタ)とによって構成するフィルタ回路技術。 *2) DAコンバータ：Digital to Analog Converter, デジタルアナログ変換回路。 *3) PLL：Phase Locked Loop, 位相同期ループ。

表1 各種用途向けCMOS RFトランシーバ¹⁾

	ML7066	ML7222	ML9636
用途	特定小電力無線	ZigBee ^{*5)} 近距離無線	DSRC車載器
機能	無線送受信	無線送受信	無線送受信
無線周波数	426MHz, 429MHz	2.4GHz	5.8GHz
変調方式	FSK ^{*4)}	Offset-QPSK ^{*6)}	ASK/QPSK マルチモード対応
データ速度	1.2kbit/s, 2.4kbit/s, 4.8kbit/s	250kbit/s	ASK時 1.024Mbit/s QPSK時 4.096Mbit/s
電源電流	送信時 30mA 受信時 16mA	送信時 24mA 受信時 26mA	送信時 63mA 受信時 91mA
特長	ARIB STD-T67およびRCR STD-30 準拠 RF部、変調・復調部およびデジタル 処理部を搭載	IEEE802.15.4およびZigBee 1.0準拠 RF部、変調・復調部、デジタル処理 部およびプロセッサ処理部を集積	ARIB STD-T75準拠 RF部および変調・復調部を搭載
外形	48ピンプラスチックパッケージ 7.2mm×7.2mm×1.0mm	52ピンプラスチックパッケージ 7.2mm×7.2mm×1.0mm	48ピンプラスチックパッケージ 7.0mm×7.0mm×0.8mm

CMOS RFトランシーバ商品群

上記回路技術を活用し、OKIでは表1のような各種用途向けCMOS RFトランシーバを商品化している。

(1) UHF特定小電力無線用RFトランシーバML7066

UHF帯^{*7)}の電波は屋外のみならず、屋内でも回りこむ性質により広範囲に伝わる性質を持つ。

ML7066は426MHzおよび429MHzのUHF帯を用いる特定小電力無線装置用のRFトランシーバLSIである。比較的遅データレートの情報伝送や遠隔計測に適し、数百メートル以上（見通し距離）の伝送が可能である。

CMOS RF回路技術により、受信時電流が16mAと小さく、また間欠動作時の待機時電流も小さいため乾電池で数年以上の動作が可能である。

受信回路は実績のある多段スーパーヘテロダイン方式を用いることにより、狭い帯域に多くのチャンネルが収容される特定小電力無線システムにおいても妨害波の影響を受けることが少ない。

(2) 2.4GHz ZigBee用RFトランシーバML7222

2.4GHz帯は、近距離（10m～100m）・大容量（1Mbit/s～100Mbit/s）のデータ伝送に最適な帯域であり、ワイヤレスLANなど広い用途に使われている。

ML7222は2.4GHz帯を用いてセンサーネットワークを構成するのに最適なRFトランシーバで、次世代の短距離無線ネットワーク規格ZigBeeをワンチップで実現することができる。

2.4GHzにて動作するCMOS RF部と、8ビットCPUを中心として構成された大規模デジタル回路とがワンチップに集積されており、送信時24mA、受信時26mAの低電源電流動作を実現している。

(3) 5.8GHz ITS通信用RFトランシーバML9636

5.8GHz帯はITS（Intelligent Transport System：高度道路交通システム）向けとして指定されている帯域であり、所定の空間内で確実な大容量通信が実現できる。既に高速道路料金所のETC（Electric Toll Collection）システムとして実用化されており、各種情報提供などのサービス拡大が見込まれている。

ML9636はITSで用いられるDSRC（Dedicated Short-Range Communication:専用狭域通信）通信技術を実現するRFトランシーバLSIで、5.8GHzで動作するCMOS RF回路部とデジタル回路で構成された変調・復調部とをワンチップ化している。変調・復調部はASKとQPSKの2つの変調方式へのマルチモード対応であり、送信データ・受信データともデジタル信号としてベースバンドLSIとインタフェース可能である。

今後の取り組み

図3にCMOS RFトランシーバの開発動向を示す。

UHF帯の300MHz～900MHz付近は、テレビ放送のデジタル化後、新規アプリケーションへの適用が見込まれ、CMOSによる多用途RFトランシーバの開発が望まれている。

*4) FSK：Frequency Shift Keying, 変調方式のひとつ。 *5) ZigBeeは、ZigBee Allianceの登録商標である。 *6) QPSK：Quadrature Phase Shift Keying, 変調方式のひとつ。
*7) UHF帯：Ultra High Frequency, 極超短波, 300MHz～3GHzの範囲の電波。したがって2.4GHz帯もUHF帯であるが、本稿では2.4GHz帯はアプリケーション上の重要性から区別して扱っている。

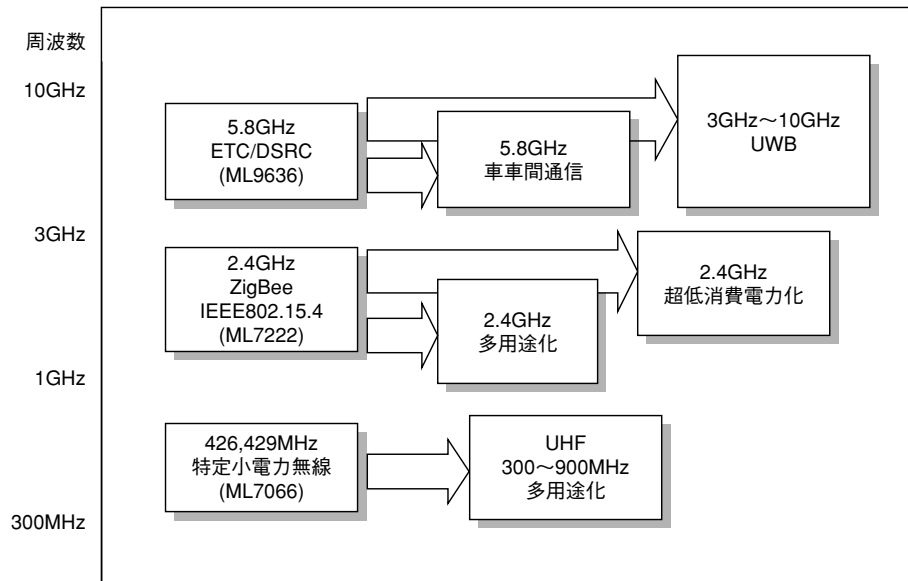


図3 CMOS RFトランシーバの開発動向

2.4GHz帯はひきつづき幅広い用途に適用され汎用化が進んでいる。電池の小型化を実現するため特に超低消費電力化が必要である。

5.8GHz帯についてはITS関連では車車間通信向けRFトランシーバの用途がある。5.8GHz帯のRF回路技術はUWB（Ultra Wide Band：超広帯域通信方式）で必要な3GHz～10GHzの動作に対応しており、さらに広い用途に適用できる。

従来、ワイヤレス機器のRF回路は、機器の仕様に合わせて個別トランジスタや、小規模集積回路・モジュールを組み合わせ、基板の部品配置や布線方法にも細心の注意をはらう高度なアナログ回路設計技術で実現されていた。現在これらの技術はCMOSチップ内のRF回路設計に活用されており、デジタル回路処理と共存しつつ今後ともさらに高度化を進めていく所存である。◆◆

■参考文献

1) OKIホームページ <http://www.oki.com/jp>, プレスリリース
2006年10月19日, 2006年6月13日, 2006年9月6日

●筆者紹介

太矢隆士：Takashi Taya. シリコンソリューションカンパニー 通信車載システムビジネス本部 RF技術開発部