

第4章 マイクロ波 LAN

このPDFは、CQ出版社発売の「実用マイクロ波技術講座-集積回路と応用-第6巻」の一部分の見本です。内容・購入方法などにつきましては是非以下のホームページをご覧ください。
<http://www.cqpub.co.jp/hanbai/books/79/79761.htm>

第2世代携帯電話としての800MHz帯/1.5GHz帯、また第3世代携帯電話としての2GHz帯へ向けたデバイス開発が進められているが、さらに高周波化・広帯域信号伝送を可能とするマイクロ波帯を用いたLANが今後重要になってくると思われる。

本章では、2.4GHzや5GHz帯を用いた、Bluetooth、自動料金収受システム(ETC)、及びLANへの応用を目指したデバイスならびに集積回路について述べていく。

4.1 5GHz帯システムにおける高周波デバイス

4.1.1 ETCシステムの概要

最先端の情報通信技術を用いて人と道路と車両とを情報でネットワークすることにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的に構築する新しい交通システムとして、ITS (Intelligent Transport Systems) がある¹⁾。このITSは、ナビゲーションの高度化、自動料金収受システム、安全運転の支援などの9つの開発分野から構成されている。この中における自動料金収受システムETC (Electronic Toll Collection)²⁾は、有料高速道路の料金所に設置された道路側アンテナと車両に搭載された車載器間にて無線通信による料金情報のやり取りが行われるシステムである。

料金所での渋滞緩和や、利用者の利便性向上、道路管理費の節減、料金所周辺の大気汚染や騒音などの軽減等の効果を主な目的とする本システムは、2001年3月30日から千葉地区を中心に開始されている。

図4.1にETCシステムのイメージ図を示す。料金所ゲートに設置された路側無線装置と車載器との通信は、日本では5.8GHz帯における双方向通信を行なう方式が採用されている。

本システムは、路側無線装置の設置されている車両レーンのみ通信可能とする狭帯域通

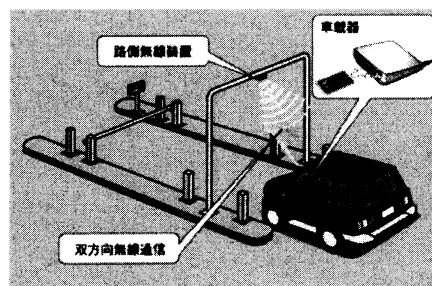


図4.1 ETCシステムのイメージ図

信システム DSRC (Dedicated Short Range Communication) であり、レーンに応じ複数設置される路側無線装置間の干渉なきよう路側無線装置アンテナの指向性が既定



されている³⁾⁴⁾。表 4.1 に ETC 車載器の主要諸元を示す⁵⁾。

通信方式としては、アップリンク、
ダウンリンクに異なる周波数を用い
る半二重通信 (TDMA-FDD) を採用し
ている。変調方式は信号をオン・オ
フする簡略な ASK (Amplitude Shift
Keying) 変調であり、信号の伝送速
度は 1Mbps (1024kbps) であるが、
スプリットフェーズ符号を用いるた
め、変調速度は 2Mbaud となる。送信出力は 10mW であり、隣接して配置されるチャネ
ルへの漏洩電力として-40dB 以下の歪み特性が要求される。受信感度は、-60dBm 以下
が必要となっている。

表4.1 ETC車載器の無線部主要諸元

項目	目標性能
周波数	送信:5835/5845MHz、受信:5795/5805MHz
変調方式	ASK
変調指数	0.75以上1.0以下
送信出力	10mW
隣接チャネル漏洩電力	-40dB以下
受信感度	-60dBm以下

4.1.2 無線高周波部構成

これら要求条件を実現する無線部ブロック図の一例を、図 4.2 に示す⁶⁾。VCO にて
発振された 5.8GHz 帯信号はプリスケアラにて分周され、PLL 回路にて TCXO からの基
準信号と比較、所望周波数として安定化されたローカル信号として用いられる。尚、
VCO の発振周波数を 2.9GHz 帯とし 2 通倍回路を用い 5.8GHz 帯のローカル信号を得る
ことも可能である。この場合は既存の移動体通信用 PLL-IC の内部プリスケアラが使用
できるため外部のプリスケアラが不要になる一方、通倍動作にて発生するスプリアス
の処理が必要となる。

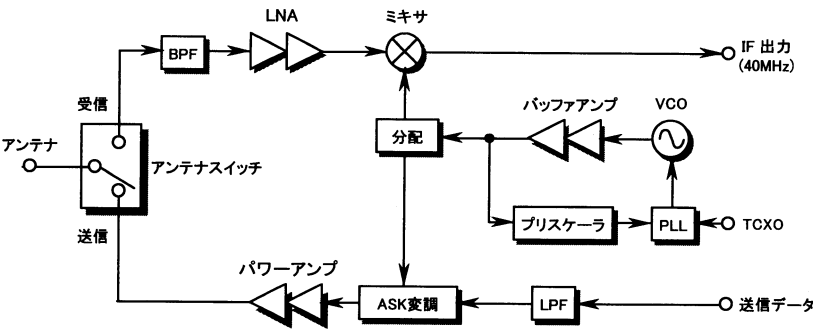


図4.2 ETC無線部ブロック図の一例



送信系ではアップリンクデータが制限された後、直接 5.8GHz 帯で ASK 変調を行ない、パワーアンプで所望出力レベルに増幅され、アンテナスイッチを経てアンテナから送信される。受信系では、アンテナスイッチを経てバンドパスフィルタでのフィルタリング後、LNA、ミキサにて IF 周波数として 40MHz にダウンコンバートされ、IF 回路及びベースバンド系回路へ送られる。図 4.2 では送受信アンテナを共通化し、アンテナスイッチにて送受信回路を切りかえる構成を取っているが、送受別アンテナを持ち、アンテナスイッチを不要とする構成法もある⁷⁾。

4.1.3 5GHz 帯高周波回路技術

車載器においては小型・薄型化が重要であり、これら無線部を構成する 5GHz 帯の各キーデバイスの小型化が必須である。以下にその主要ブロックである、5GHz 帯 VCO、5GHz 帯積層バンドパスフィルタ、5GHz 帯 MMIC 化パワーアンプ、5GHz 帯 ASK 回路の各々に対しその構成について述べる。

5GHz 帯 VCO

図 4.3 は 5GHz 帯 VCO (Voltage Controlled Oscillator) の回路例である。回路はベース接地型クラップ回路で、コレクタ-エミッタ間、エミッター-ベース間にコンデンサの帰還回路を持ち、コレクタ-ベース間には発振周波数帯にて誘導性リアクタンスとなる、コンデンサと共振回路が挿入されている。この共振回路は、誘電体同軸共振器に可変容量ダイオードが並列接続され、印加電圧にて共振周波数が変化する。

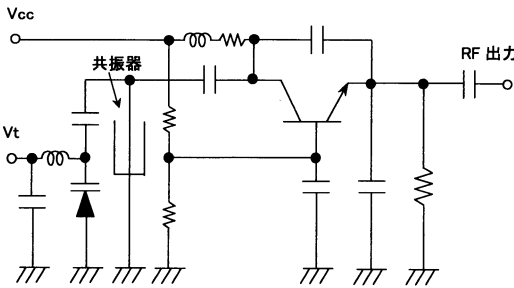


図4.3 5GHz帯VCO回路の一例

VCO として注目される性能のひとつに、C/N 特性 (発振信号電力と発振信号からあるチャネル間隔だけ離れた周波数における雑音電力との比) がある。発振回路の C/N は、Lesson のフィードバックモデルから次式で表される⁸⁾。

$$C/N(\Delta f) = -10 \log \left[\frac{P_n}{2P_s} \left\{ 1 + \frac{1}{\Delta f^2} \left(\frac{f_o}{2Q_L} \right)^2 + \frac{f_c}{\Delta f^3} \left(\frac{f_o}{2Q_L} \right)^2 \right\} \right] \tag{4.1}$$

ただし、fo は発振周波数、Δf は発振信号からの離調周波数、fc は低周波 (ベース



バンド) でトランジスタの $1/f$ フロアスペクトルが白色雑音と同じ大きさになる周波数、 Q_L は共振回路の負荷 Q 、 P_s は発振出力、 P_n は白色雑音密度を示す。(4. 1) 式において、第 1 項および第 2 項は低周波での白色雑音に関係し、また第 3 項はフリッカ雑音に関係している。(4. 1) 式で表される曲線を図 4. 4 に示す。

(4. 1) 式は発振信号の C/N と共振回路の Q 値との関係を示している。図 4. 4 における 9dB/oct と 6dB/oct の曲線は各々 (4. 1) 式における第 3 項、第 2 項を表している。またノイズフロアは第 1 項から決定される。VCO の C/N 特性を向上させるためにはこの共振回路の Q 値を向上させることが重要であることがこれらより明らかとなる。

両者の定量的な関係を 900MHz 帯ではあるがベース接地型クラップ発振回路における C/N と共振回路 Q 値との関係の実測値を図 4. 5 に示す⁹⁾。

発振周波数帯や用いる発振トランジスタの性能及び動作バイアス条件により得られる両者の関係は異なるが、システムから必要とされる C/N 性能に対して、このような実測値に基づき共振回路 Q 値は決定される。

図 4. 3 に示される 5GHz 帯 VCO において、共振回路を構成する共振器として、誘電体同軸共振器を用いた場合の得られた VCO 特性を表 4. 2 に、VCO の発振スペクトラムを図 4. 6 に示す⁶⁾。

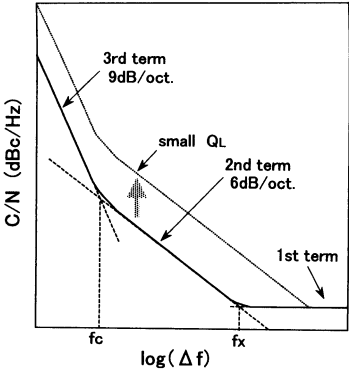


図4.4 発振回路C/N理論カーブ

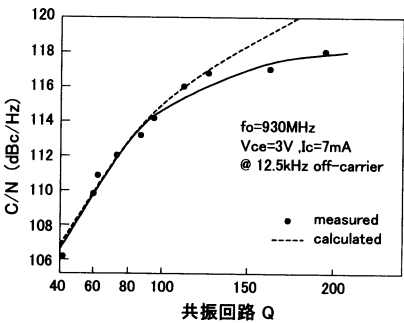


図4.5 共振回路Q 対 C/N特性

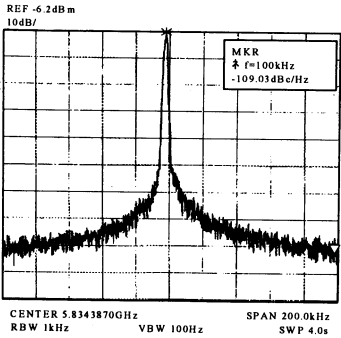


図4.6 5GHz帯VCO発振スペクトラム

表4.2 5GHz帯VCO特性の一例

項目	単位	測定値	備考
発振周波数	GHz	5.820～5.874	Vt=1～5V
出力レベル	dBm	-5.2	
チューニング感度	MHz/V	11.2	
C/N	dBc/Hz	109	100kHz離調点
電源電圧	V	4.3	リップルフィルタ含む
消費電流	mA	13.5	