

ウェイクアップ受信器のための低消費電力検波器・高利得増幅器

Low-power detector and high-gain amplifier to construct wake-up receivers

高萩和宏* 松下拓道† 雨宮好仁† 佐野栄一*
Kazuhiro Takahagi* Hiromichi Matsushita† Yoshihito Amemiya† Eiichi Sano*

北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター* 大学院情報科学研究科†
RCIQE*, Graduate school of Information Science and Technology†, Hokkaido University

1. はじめに

無線センサネットワークのノード LSI など小型電池で長時間の動作が必要な LSI では、ウェイクアップ受信器と組み合わせて本体を待機時オフとすることが効果的である。このウェイクアップ受信器は常時動作なので消費電力を極力抑えることが求められる。ここでは、ウェイクアップ受信器の構成ユニットとして、電力消費の小さい直接検波器とオフセットを除去した高利得増幅器を設計した。

2. 検波器と高利得増幅器

RF 信号の検波と検波信号(ベースバンド信号)の増幅には、いずれも図 1(a)の回路ユニットを用いる。ソース接地増幅器の負荷 MOSFET をサブスレッショルド動作の差動アンプでフィードバック制御し、出力電圧の直流成分を常に V_{CM} に固定する。したがって、この増幅器を多段結合しても、DC オフセットが増幅されることはない。

RF 信号の検波には、ドライバ MOSFET のゲート電圧-ドレイン電流の非線形性を利用する。MOSFET のドレイン電流はゲート電圧に瞬時応答するので、ソース接地回路の回路電流が $1 \mu\text{A}$ 以下においても $1\text{-}10 \text{ GHz}$ の RF 信号を検波できる。ただし検波出力を電圧信号で取り出すので、ベースバンド周波数の上限は回路電流で制限される。

ベースバンド信号の高利得増幅を行う場合、MOSFET 閾値バラツキやバイアス電圧バラツキによる DC オフセットが障害となることが多い。しかし、ここで用いた回路では、サブスレッショルド差動アンプのフィードバックで DC オフセットをキャンセルできる。サブスレッショルド差動アンプはベースバンド周波数には応答しないので、その周波数帯では回路は高利得増幅器として動作する。

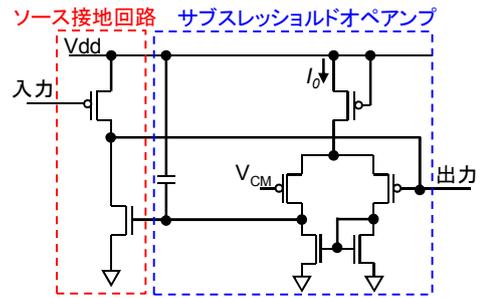
3. 試作・測定結果

$0.18\text{-}\mu\text{m}$ CMOS プロセスを用いて検波器と高利得ベースバンド増幅器を試作した。その構成を図 1(b)に示す。キャリア周波数 2.4 GHz にあわせて LC 整合回路を設計した。ベースバンド周波数上限の設計値は 100 kHz である。回路ユニット 1 段あたりの利得を測定したところ、ベースバンド周波数 $1\text{-}100 \text{ kHz}$ において約 38 dB であった。

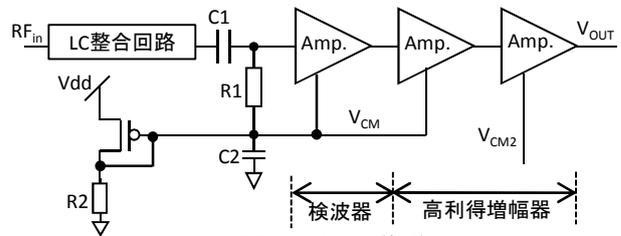
検波増幅後の出力波形を図 2 に示す(例: 入力電力 -21 dBm , ベースバンド周波数 1 kHz)。出力の応答速度は、測定に使ったオシロスコープの入力容量で制限されている。

入力電力に対する出力電圧の特性を図 3 に示す。実測値はシミュレーションとだいたい一致した。スペクトラムアナライザによる雑音特性を考慮して実用感度を見積もったところ -47.2 dBm となった。全体の消費電力は電源 1.5 V で $6.8 \mu\text{W}$ であった。

(謝辞) 本研究の遂行において戦略的情報通信研究開発制度 (SCOPE) の支援を受けた。



(a) 回路ユニット図(Amp.)



(b) RFフロントエンド概略図

図 1 検波器と高利得ベースバンド増幅器

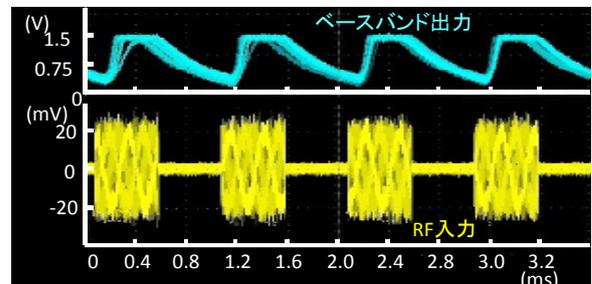


図 2 RF 入力(下の波形: -21 dBm)と
検波増幅後のベースバンド出力 (上の波形)

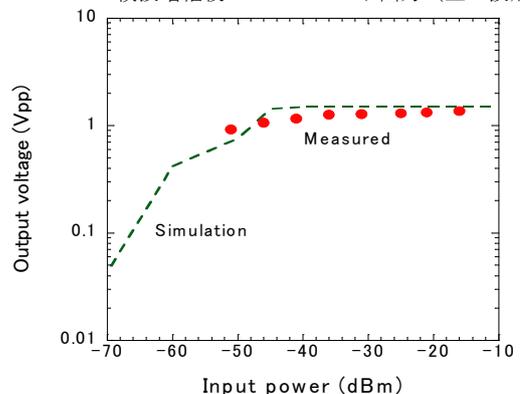


図 3 入力電力と出力電圧の関係 (測定値とシミュレーション)