

容量感度スケーリングを用いたミリ波注入同期型発振器

A Milli-Meter Wave Injection Locked Oscillator Utilizing Capacitance Spatial Sensitivity in Distributed Resonators

原 翔一
Shoichi Hara

チャイヴィパース ウィン
Win Chaivipas

岡田 健一
Kenichi Okada

松澤 昭
Akira Matsuzawa

東京工業大学 理工学研究所 電子物理学専攻
Department of Physical Electronics, Tokyo Institute of Technology

1 はじめに

近年、60GHz 帯の周波数領域を用いた高速無線通信が検討されている。IEEE 802.15.3c で規格されている 6Gbps 無線伝送では 16QAM 変調を用いる。しかし、現状で実現できる 60GHz 帯 CMOS VCO では、要求性能が満たされていないため、さらなる低雑音化及び広帯域化について盛んに研究がなされている [1]。そこで注入型周波数 3 通倍器 (ILO) に PLL で生成した 20GHz の信号を入力し、60GHz の信号を出力するという手法が提案されている [2]。しかし、高周波向け ILO では PLL からの信号を注入するためのトランジスタの寄生容量が大きな問題となる。本論文では、伝送線路上の容量感度差を利用した注入用トランジスタの寄生容量成分の低減について検討する。

2 伝送線路上の位置に対する容量感度

60GHz 帯の CMOS ILO は容量に対する制限が大きい。そのため、注入用トランジスタの寄生容量は無視できない。そこで本研究では伝送線路上の容量スケーリング [3] を利用することにより、注入用トランジスタの寄生容量の影響を圧縮することを検討する。図 1 に伝送線路上の容量接続位置と電流振幅の関係を示す。伝送線路を用いた共振器では位置により流れる電流振幅が異なるため、式 (1) に示すように注入用トランジスタの接続位置により、寄生容量が周波数に与える影響が異なる。

$$C_{L'} = \frac{C_L}{2} + \frac{C_L}{2} \cdot \sin\left(\frac{\omega}{v_p} \cdot 2\ell_1\right) \cdot \cot\left(\frac{\omega}{v_p} \cdot \ell_t\right) - \frac{C_L}{2} \cdot \cos\left(\frac{\omega}{v_p} \cdot 2\ell_1\right) \quad (1)$$

$C_{L'}$ は等価入力容量、 C_L は伝送線路に接続した注入用トランジスタの寄生容量、 v_p は位相速度、 ℓ_t は総伝送線路長、 ℓ_1 は短絡端を基準としたトランジスタの接続位置である。図 2 に ℓ_1 と等価入力容量 $C_{L'}$ の関係を示す。短絡端に近づくほど、等価入力容量 $C_{L'}$ は小さくなる。つまり短絡点付近に注入用トランジスタを配置すれば、トランジスタの寄生容量を見かけ上小さくすることができる。

一方、ILO のロッキングレンジは以下の式で与えられる。[4]

$$\omega_L \approx \frac{\omega_0}{2Q} \cdot K \frac{I_{inj}}{I_{osc}} \quad (2)$$

ω はロッキングレンジ、 ω_r は発振器の発振周波数、 K はミキシングの変調利得、 I_{inj} は注入電流振幅、 I_{osc} は伝送

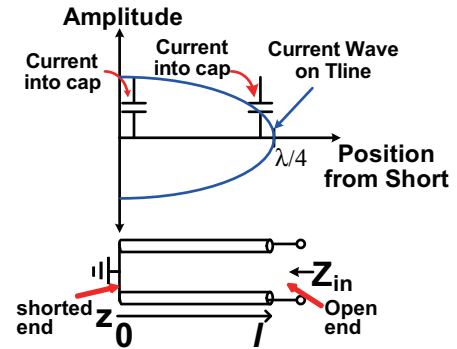


図 1 伝送線路上の電流振幅。

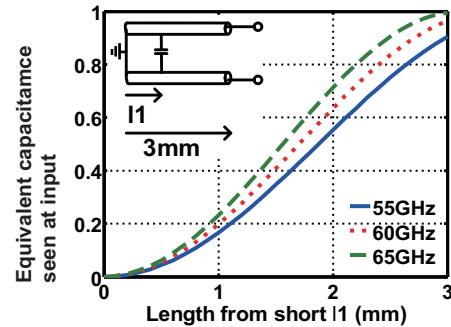


図 2 伝送線路上の容量感度差。

線路上の電流振幅である。図 1 からわかるように、発振状態の伝送線路上の電流振幅は短絡端に近づくほど大きくなる。そのため式 (2) から、注入用トランジスタから短絡点までの長さが小さくなるほど、同期に必要な注入電流が大きくなるというトレードオフが存在する。

3 まとめ

伝送線路上のインピーダンス差を利用することで、注入用トランジスタの寄生容量が周波数に与える影響を低減することができる回路を提案し、シミュレーション結果を示した。

4 謝辞

本研究の一部は、総務省委託研究『電波資源拡大のための研究開発』、半導体理工学研究所、並びに東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通じ、日本ケイデンス株式会社およびアジレント・テクノロジー株式会社の協力で行われたものである。

参考文献

- [1] B. Razavi, *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 41, pp. 17–22, Jan. 2006.
- [2] W. L. Chan and J. R. Long, *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 43, pp. 2739–2746, Dec. 2008.
- [3] W. Chaivipas et al., in *Proceedings of IEEE Asian Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers*, Nov. 2007, pp. 424–427.
- [4] B. Razavi, “A study of injection locking and pulling in oscillators,” *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 39, pp. 1415–1424, Sept. 2004.