

デバイスの小型化・ 汎用化・省エネを実現 する発振器

消費電流を極小に低減して、低周波数から高周波数までの帯域を大幅に広げた変動可能な電圧制御による小面積の発振回路を開発。

日本大学
理工学部
電子工学科

教授
佐伯 勝敏



- ・非線形電子回路の効率化を目指し、新たな発振回路を開発
- ・発振回路でスパイキングニューロンモデルを構築し、ネットワーク化することで、ニューロモルフィック回路を集積回路にて作製し、超低消費電力で動作する次世代型人工知能の開発を目指している

ポイント

- シュミットトリガインバータ回路と逆ダイオード特性を利用したMOSFET回路によって、帰還出力の電流を極小のコンデンサーにチャージとディスチャージを繰り返す回路を構築
 - ➔ 広周波数可変域、小面積、低消費電力性を兼ね備えた電圧制御発振器が実現

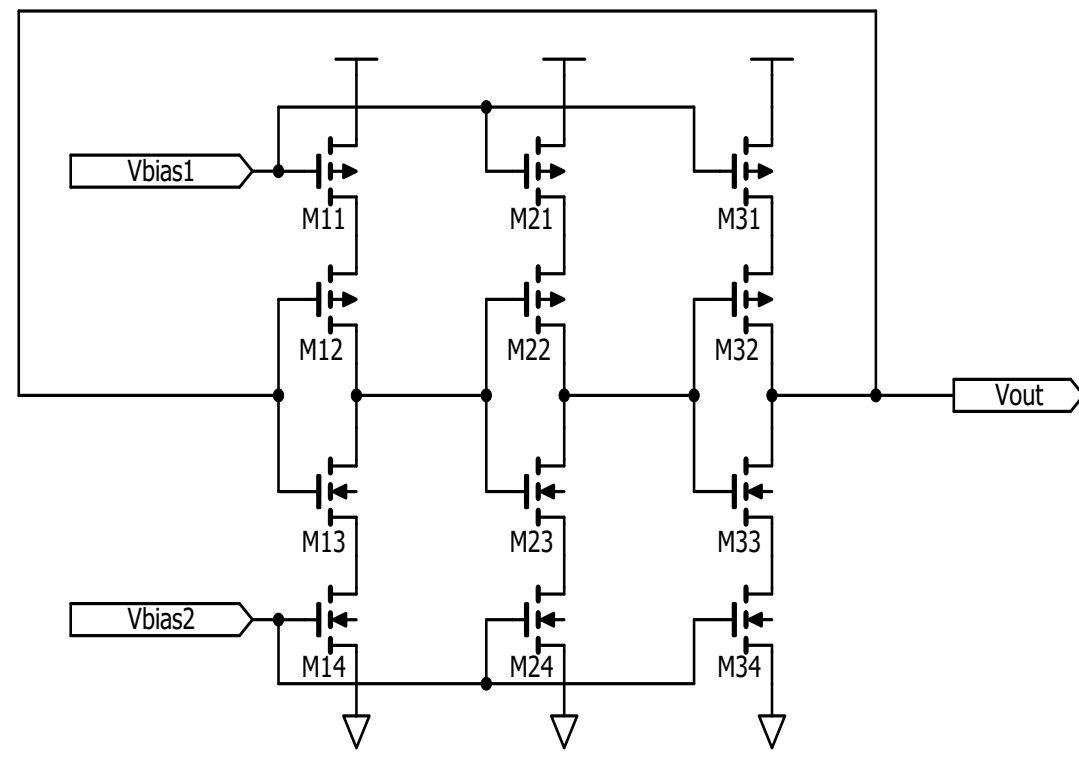
こんな研究や開発ニーズに

- バッテリ駆動時間延長や発熱の抑制したい
- デバイスの小型化を実現したい
- 様々な周波数帯の信号を扱えるようにしたい

小面積性に優れる広可変域電圧制御発振器

日本大学 理工学部 電子工学科 教授 佐伯 勝敏

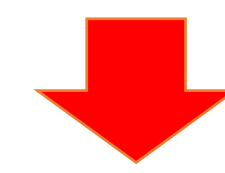
研究背景・目的



従来技術の電圧制御発振回路の一例

研究背景と従来の課題

- 広周波数可変域を持つ電圧制御発振器はパワーエレクトロニクスや通信で広く利用される。近年、デバイス小型化及び汎用化に応じて、更なる小面積性と広帯域性が求められている。
- 従来技術では、発振回路構成素子数が多く、回路面積及び消費電力の削減が困難であった。



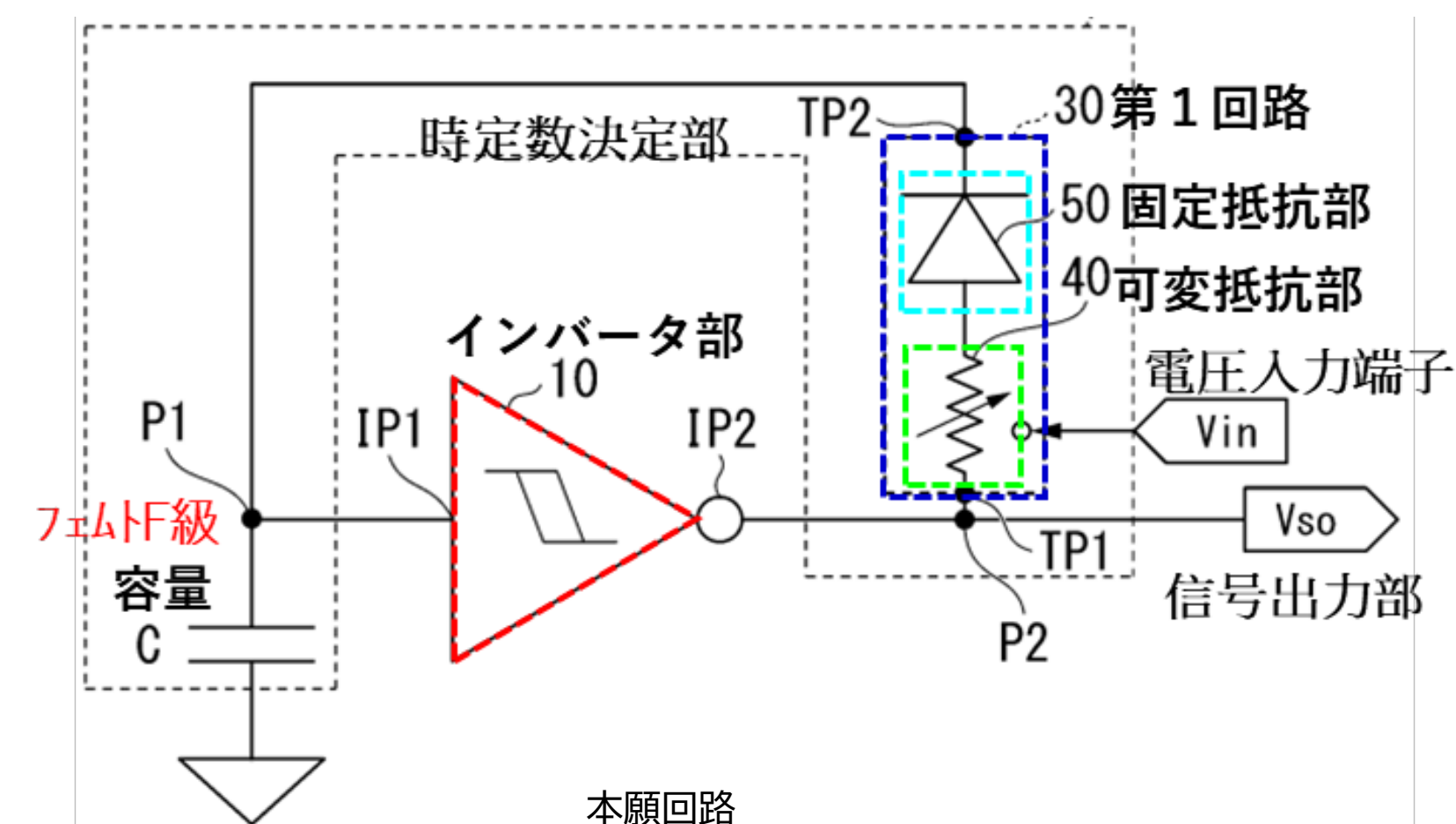
研究目的

従来技術と同程度の周波数可変域を保ちつつ、小面積かつ省電力な電圧制御発振器を作成する

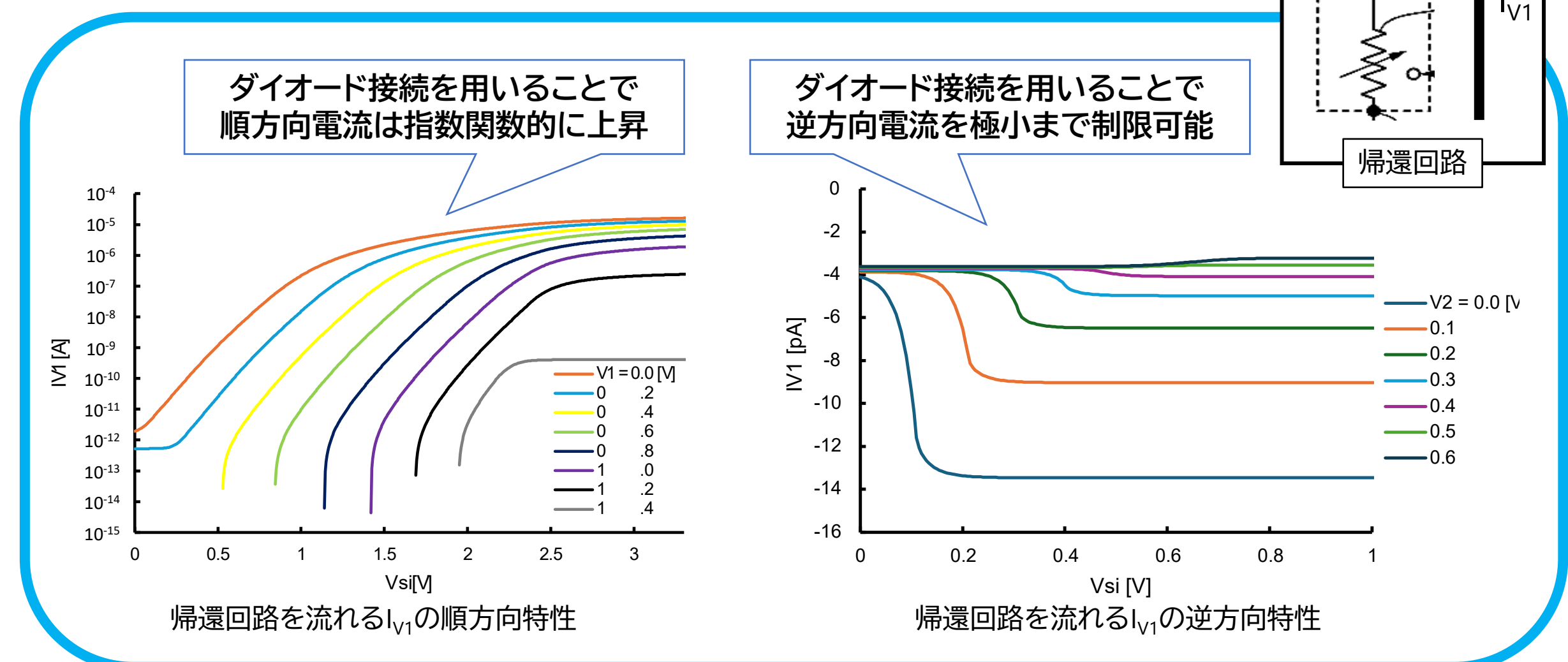
原理・方法

電圧制御発振器の帰還部に逆方向に接続したダイオードを利用し、流入電流を極小へと制限。

また発振器の構成素子数を減らすためシュミットトリガインバータを用いて弛張発振器を構成。



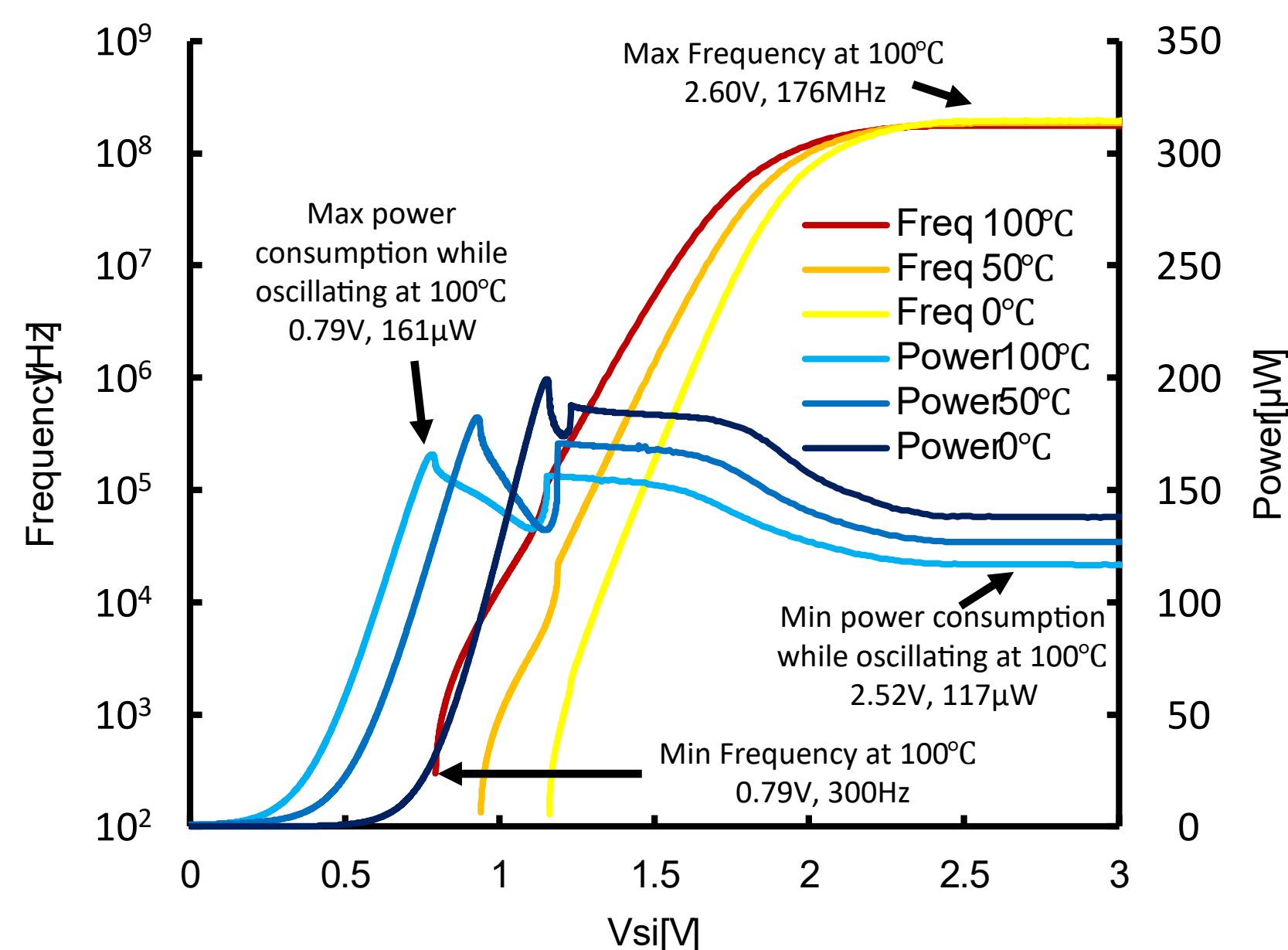
本願回路



結果

20℃での発振周波数可変域は130Hz～191MHz、消費電力は133μW～182μWであり、占有面積は111μm²。

先行技術と比較して、同程度の周波数可変域を持つ回路では回路面積を1/6に削減、また省電力性にも優れることを明らかにした。



本願回路の温度を様々に設定したときの発振周波数及び消費電力対入力電圧Vsi特性

先行研究との比較表

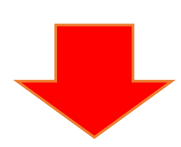
	This study (1.8 V)	This study (3.3 V)	Three-stage conventional [2]	Proposed circuit [2]	CERO [3]	hCERO [3]	VCO-2 [4]	VCO-4 [4]	VCO using HV transistor [5]
CMOS process [nm]	180	180	90	90	180	180	130	65	180
Supply voltage [V]	1.8	3.3	0.3–2	0.3–2	1.8	1.8	1.2	1.2	1.8
Oscillation range [Hz]	136–191 M	0.02G–1.5 G	2M–13.32 G	4 M–25.34 G	1.2–60 M	2.3–61 M	0.36G–11.9 G	0.25G–25 G	0.59G–1.27 G
Power [W]	133 μ–182 μ	2 m	220 μ	630 u	5.1p–44 μ	6.4p–23 μ	37.5 m	29.9 m	14.4 m
Circuit area [μm ²]	Approximately 111	Approximately 111	-	-	638	858	26400	8500	59128

[2] S.M. Ishraqul Huq, "Wide tuning multimode split-load ring oscillator for leakagetolerant stuck-on fault detection in submicronCMOS circuits," Department of Electrical and Electronic Engineering Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET) Dhaka 1000 Oct. 2021
 [3] I. Lee, D. Sylvester, and D. Blaauw, "A constant energy-per-cycle ring oscillator over a wide frequency range for wireless sensor nodes," IEEE J. Solid-state Circuits vol 51, no. 3, Mar. 2016.
 [4] K. Li, F. Meng, D.J. Thomson, P. Wilson, and G.T. Reed, "Analysis and implementation of an ultra-wide tuning range CMOS ring-VCO with inductor peaking," IEEE Microw. Wireless Compon. Lett. vol. 27, no. 1, Jan. 2017
 [5] N. Ghaderi, M. Zhang, D.Yu, and L. Lorenzelli, "A new low power ring voltage-controlled oscillator with a wide tuning range," 2021 9th International Electrical Engineering Congress (IEECON).

まとめ

小電力性、小面積性、広帯域性の3点のバランスに優れた発振器を提案する。

- ◆ 消費電力：133μW～182μW
- ◆ 回路面積：111μm²
- ◆ 周波数可変域：130Hz～191MHz



簡単な回路構成かつ小面積であるため、**広い用途に利用可能**

応用分野・用途・今後の展開

本回路の応用分野として、DC-DCコンバータや位相同期回路等がある

DC-DCコンバータ

- 幅広い要求電力に対応した動作を省電力且つ小面積に実現可能

位相同期回路

- 一つの発振器で幅広い周波数へ位相同期し、システム規模削減に貢献可能