

小型IoTデバイス向け光エネルギーハーベスティング型 間欠駆動電源回路

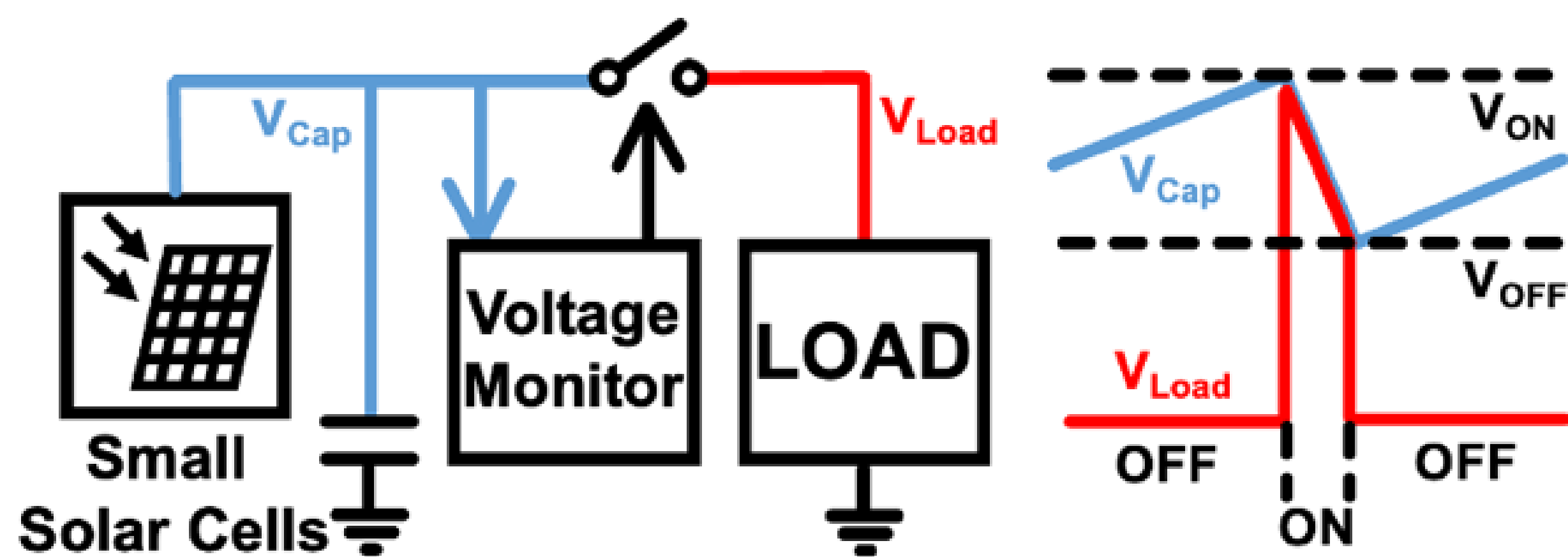
青山学院大学 CMOS回路応用デバイス研究室 佐藤 大樹,横式 康文

1. 研究背景

埋め込み型デバイスの小型化には、エネルギーハーベスティング (EH) 回路によるメンテナンスフリーな電源の実現が不可欠である。しかし、極端な小型化は回路の物理的制約を招き、利用可能なエネルギーが減少するという課題がある。そこで、IoTデバイスを間欠的に動作させ、平均的な電力消費を削減する。本研究では、間欠的に駆動させる電源回路の製作を行った。

2. 間欠駆動動作の仕組み

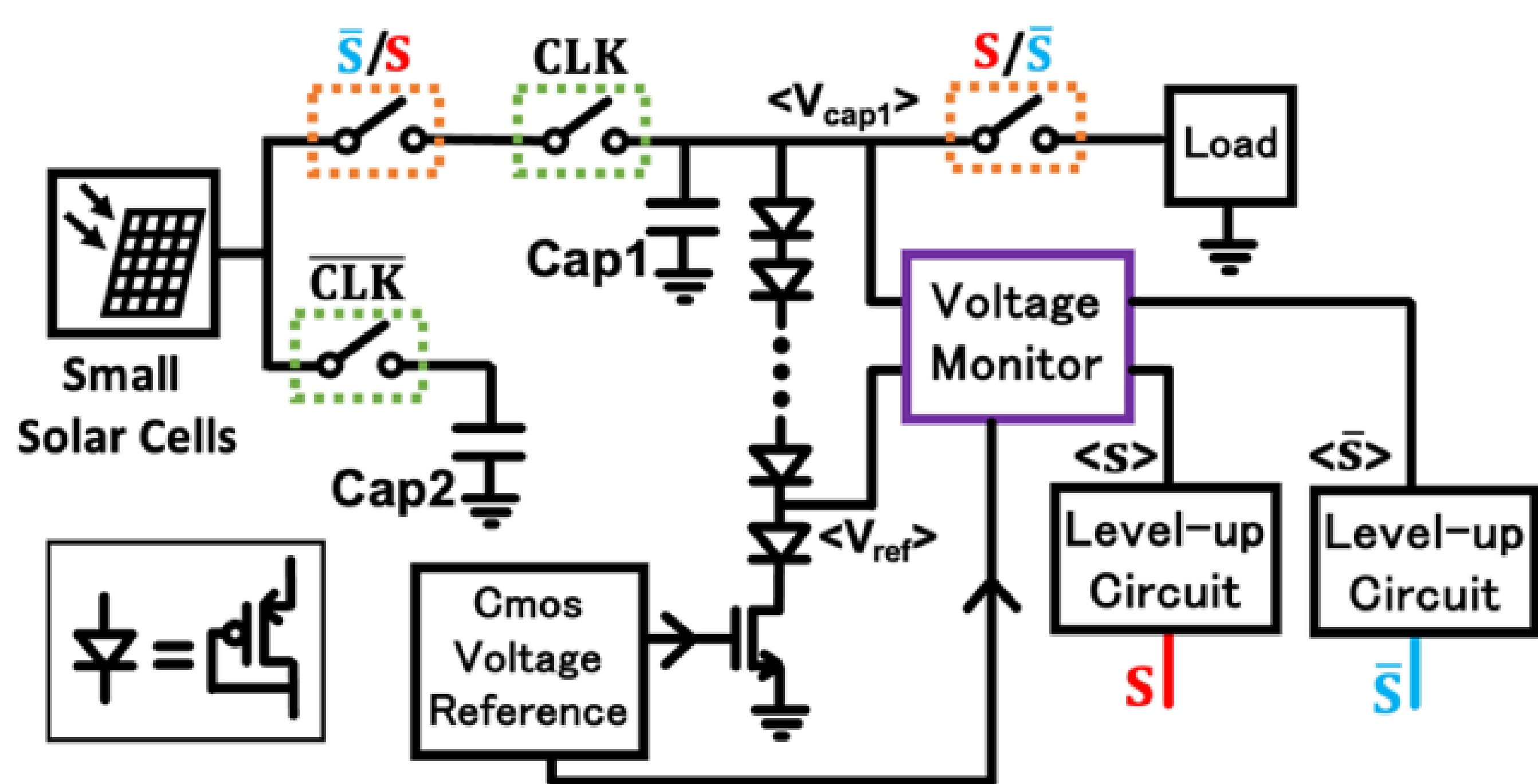
本研究ではEH回路として太陽電池を採用した。EHデバイスから電力を蓄積し、コンデンサの電圧が閾値 V_{ON} に達したときに放電する。また、放電中のコンデンサの電圧が閾値 V_{OFF} に達すると負荷への供給が遮断され、充電が再開される。この一連の動作を間欠駆動という。間欠駆動電源回路は、小型太陽電池、蓄電用キャパシタ、電圧判定回路、スイッチから構成される。



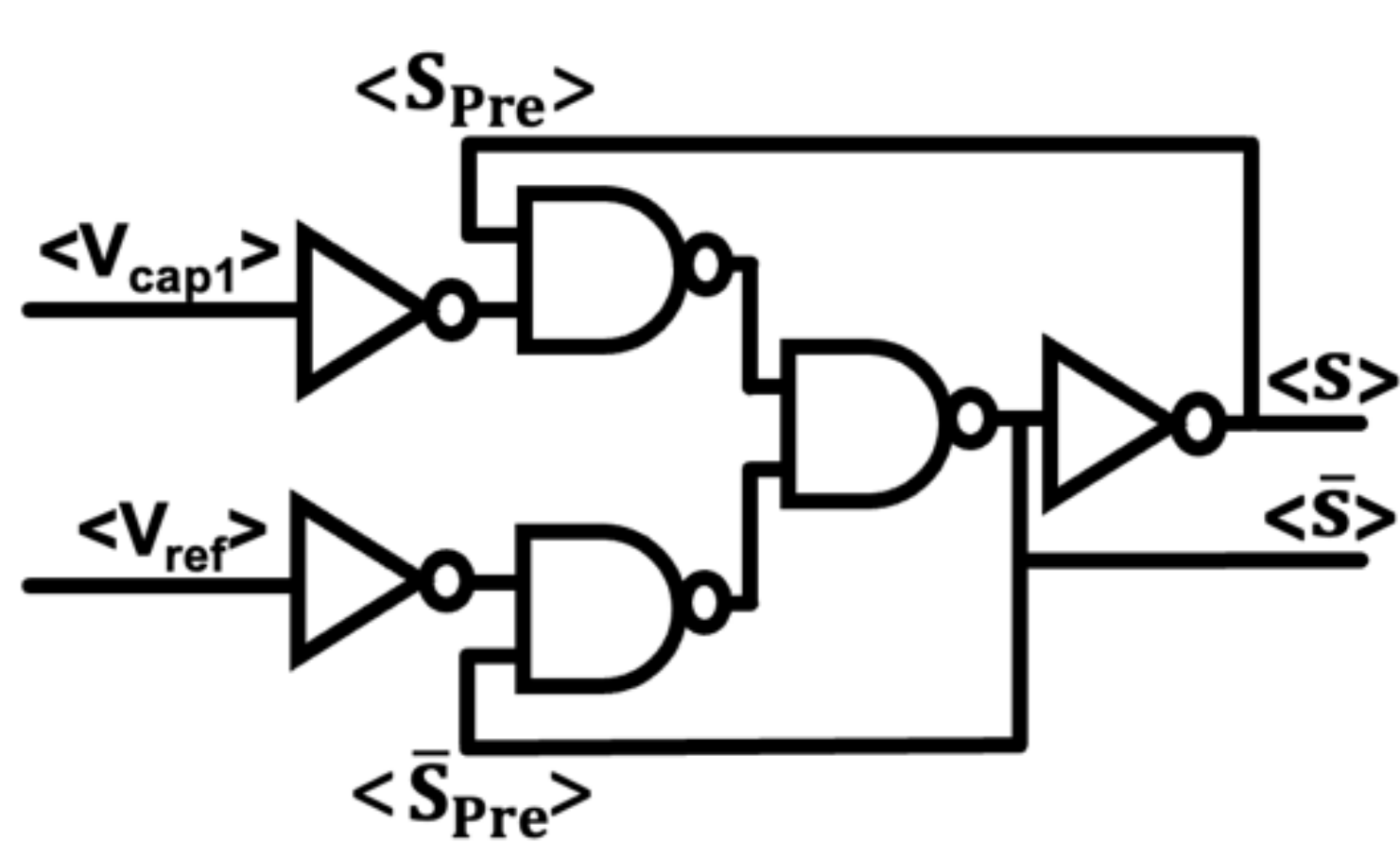
しかし、間欠動作を制御する電源回路自身の消費電力は、蓄積可能な最小エネルギーや負荷駆動効率に大きな影響を与える。この制約を克服するため、より低消費電力な工夫が求められる。

3. 提案回路

提案回路は、小型の直列接続された太陽電池、2つのコンデンサ、電圧モニタ、クロック制御スイッチ、および電源スイッチで構成されている。充電最小電力の拡大の為、クロック信号によって充電用キャパシタ、間欠駆動用電源キャパシタに交互に充電する、2キャパシタ方式を採用した。



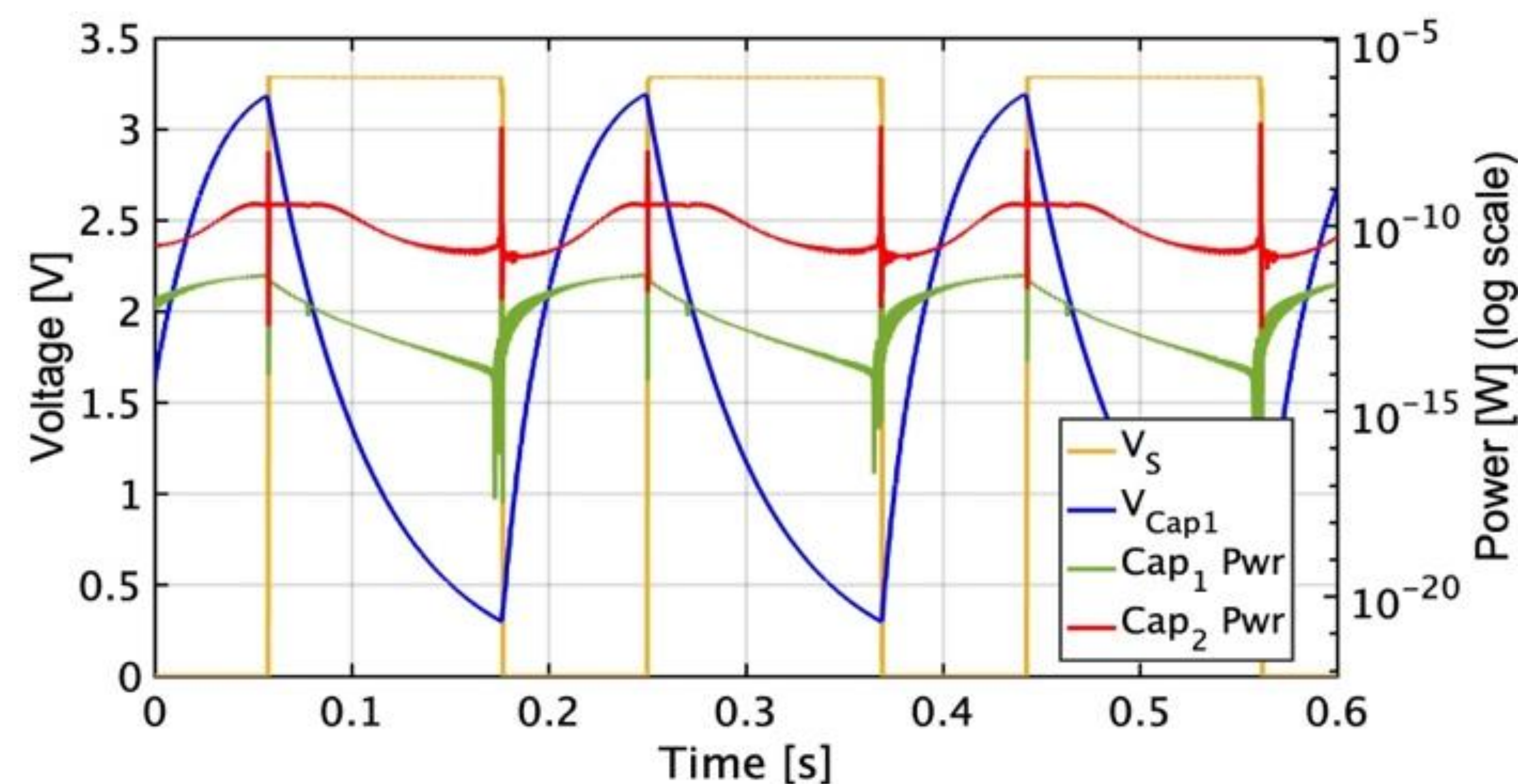
電圧判定回路はデジタル回路を採用した。これによりロジックの閾値を基準に電圧判定を行うことができる。さらに、Dynamic Leakage Suppression (DLS) 技術を採用し、電圧判定回路内の消費電力を大幅低減した。



4. 結果

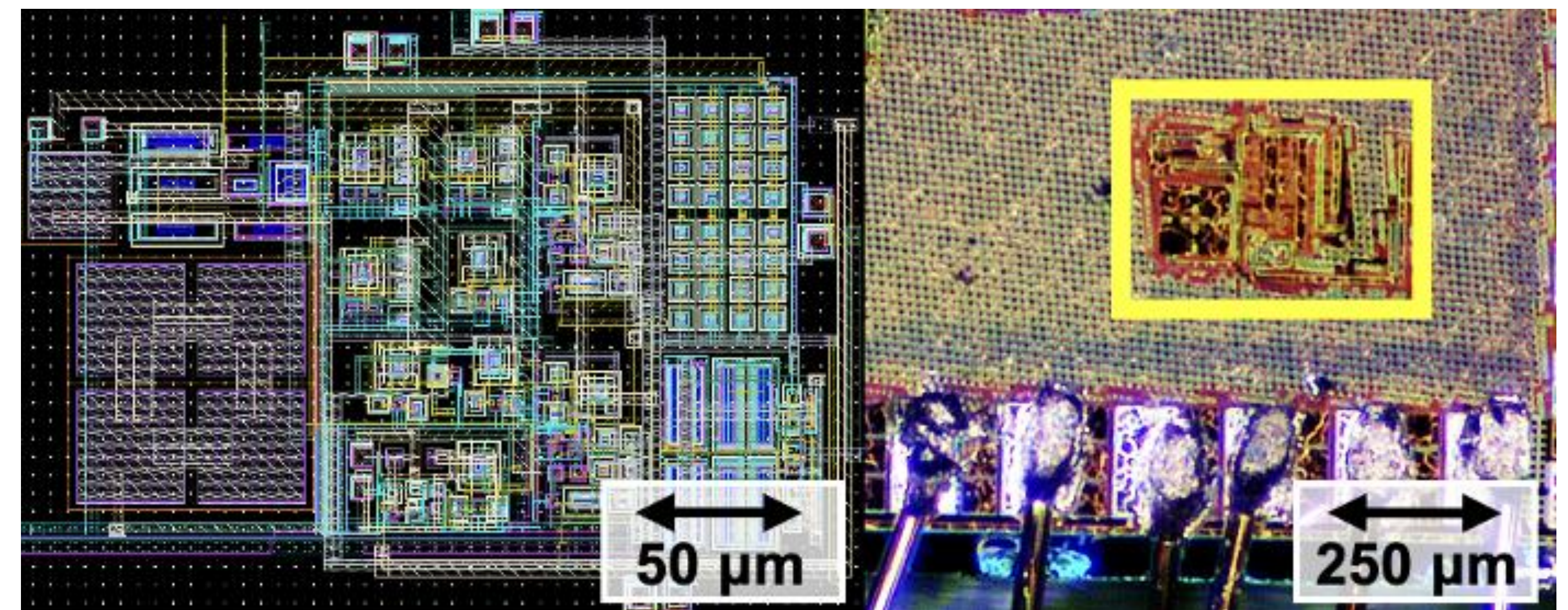
4.1. シミュレーション評価

間欠駆動の様子を確認できた。さらに、周辺回路を含めた電圧判定回路内の消費電力は平均140 pW程度、充電用キャパシタからの消費電力は平均1.22 pWであった。

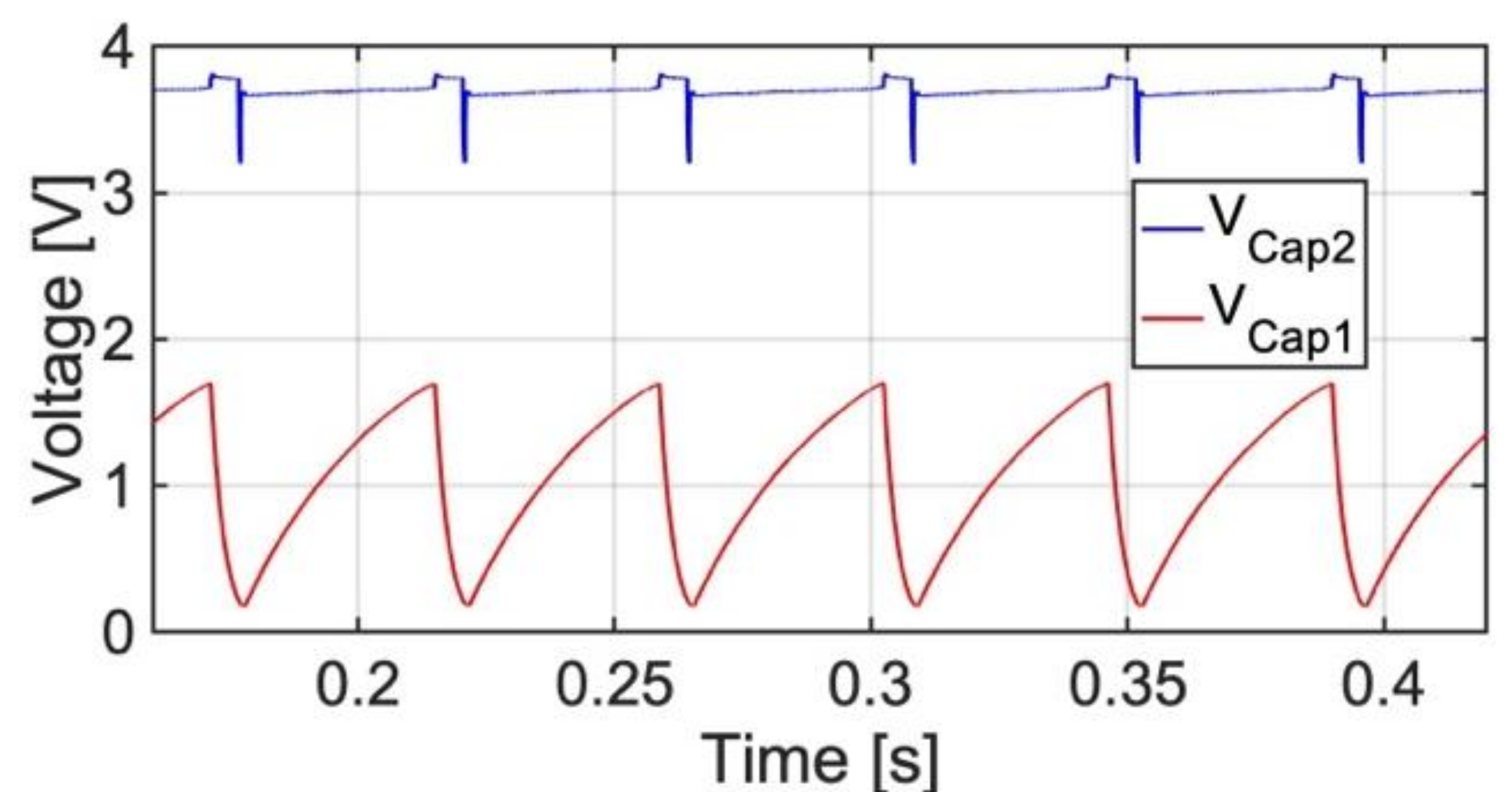


4.2. オンチップ評価

作製したチップをもとに性能評価を行った。



間欠駆動の様子は確認することができたが、放電閾値が低いことがわかった。



5. 課題・今後の展望

放電閾値が低い理由として、充電用キャパシタの減圧に対するラダーの即応性が足りないことに焦点を当て、減圧回路の改善に取り組む。また、周辺回路の作製にも臨む。

<参考文献>

- [1] T. Tokuda *et al.*, AIP Advances 8, no. 4, p. 045018, Apr. 2018.
- [2] Kaisei Yoshimoto, *et al.*, Appl. Phys. Express 17 114501.
- [3] D. Bol, *et al.*, ICECS, 2007, pp. 1404–1407.
- [4] W. Lim, *et al.*, ISSCC, 2015, pp. 1–3.