

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

青山学院大学大学院 AC5014054 佐藤 大樹

1. 研究背景・目的

◆ 背景

使用者の負担を軽減の観点

- デバイスの小型化
- メンテナンスフリーな電源

が求められている



◆ 課題

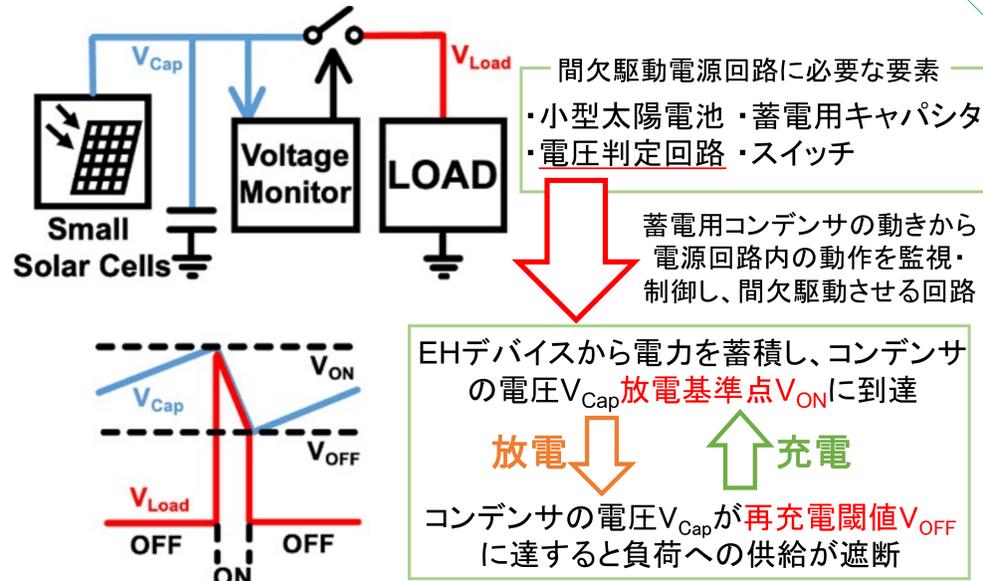
エネルギーハーベスティング (EH)回路を用いた電力供給法は、極端な小型化は回路の物理的制約を招き、**充電効率が減少**する

◆ 目標

IoTデバイスを限られた電力下(**3.3 nW以下**)でも動作可能な、**間欠的に駆動させるIoTデバイスを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

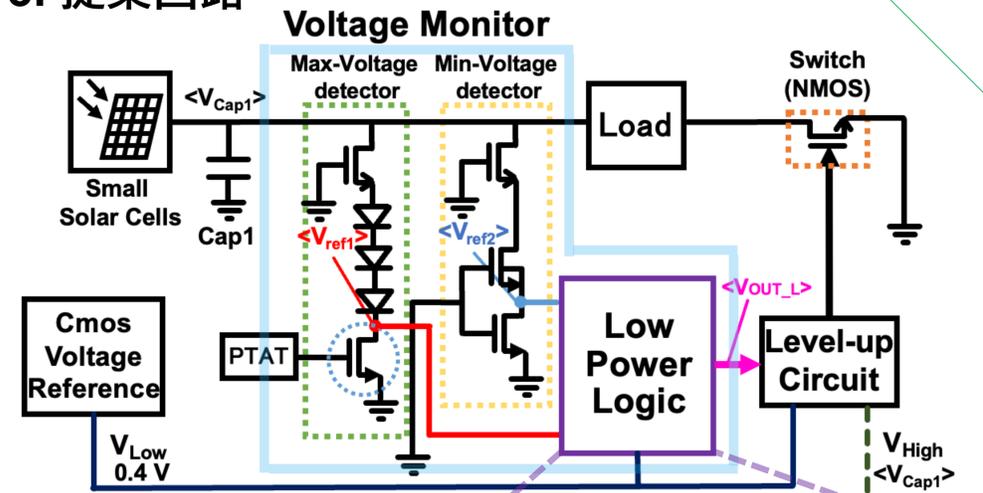
本研究ではEH回路として**太陽電池**を採用



- 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**を低下させる要因になる

⇒ **電圧判定回路を中心に低消費電力な構造にする必要がある**

3. 提案回路



◆ 特徴

I. Low-Power Logic

- **INVの閾値(300 mV)**を用いた電圧判定方式を採用
- **Dynamic Leakage Suppression (DLS)** 技術を採用

- ✓ 処理時の消費電力を大幅低減
- ✓ **Dual INV** 構造によるPTばらつきの軽減
- ✓ **シmittトリガー**によるノイズ耐性の向上

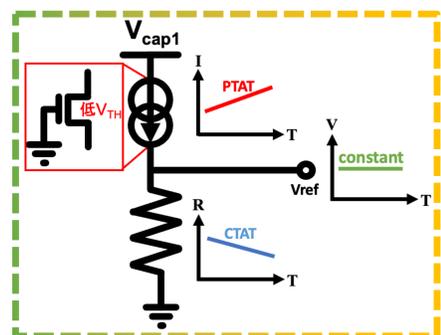
II. Voltage Detector

- V_{Cap1} 電圧を減圧して監視する回路

⇒ **Subthreshold電流 (I_{SUB})**を活用

PTAT特性のある I_{SUB} を分圧抵抗にCTAT特性を持たせ相殺

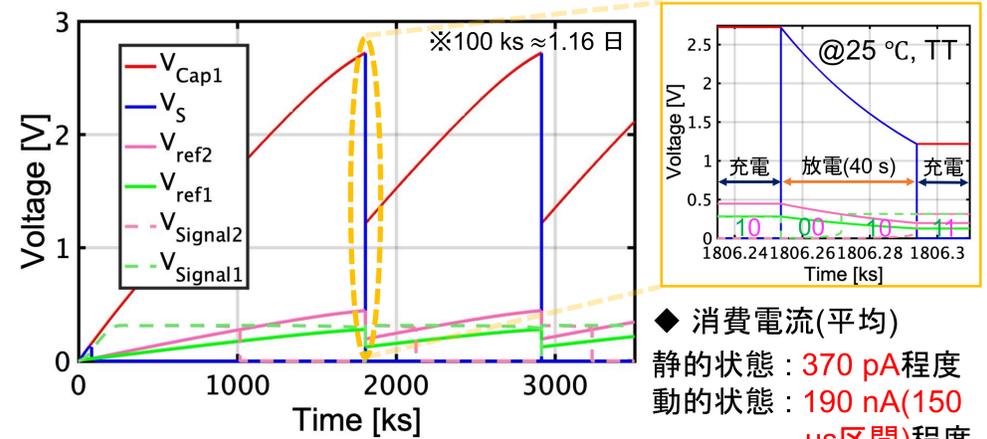
- ✓ 監視時の消費電力を大幅低減
- ✓ **温度依存への耐性向上**



4. シミュレーション結果

4.1. 動作評価

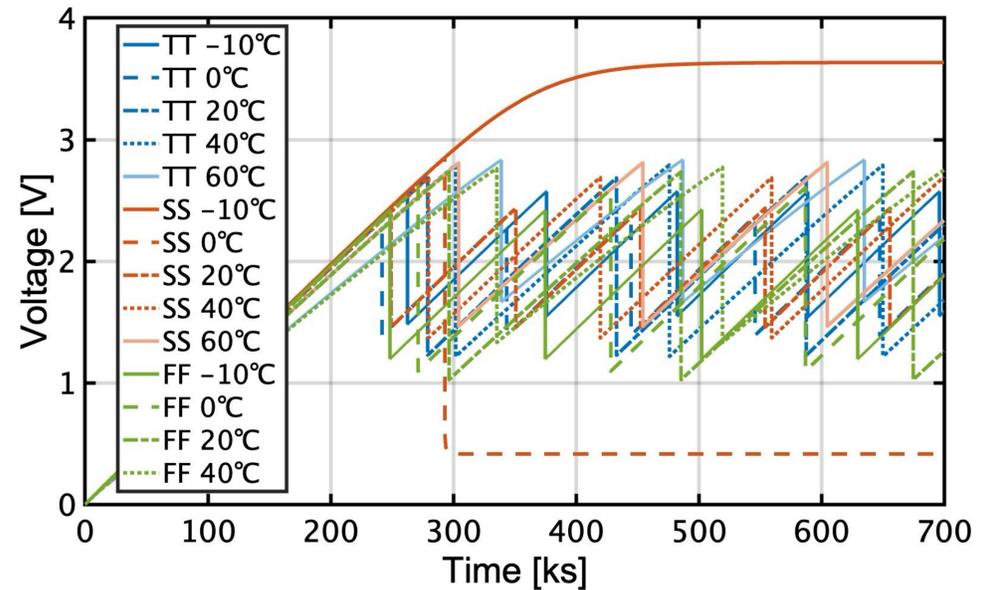
<動作条件> Cap : 500 uF, RLOAD : 7 kΩ, lin : 1 nA



- 区間**2.7 V ~ 1.2 V**で間欠駆動の様子を確認

4.2. PT評価

<動作条件> Cap : 500 uF, RLOAD : 7 kΩ, lin : 5 nA

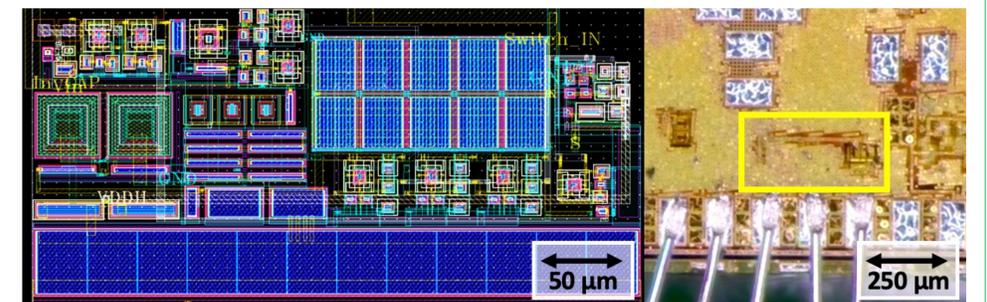


- **SS・低温化以外は、2.7 V~1.2 V**付近で充放電している様子を確認

⇒ MOS閾値増加による、**DLS INV特性の大幅劣化**が主な原因

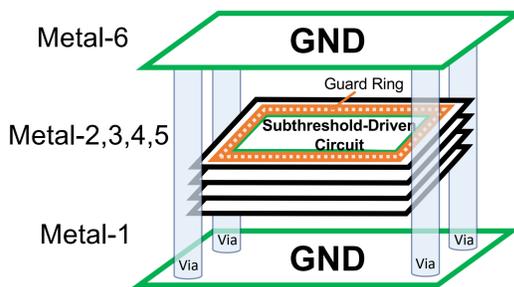
5. レイアウト

- TSMC 0.18 μm 1-poly, 6-metal 標準CMOSプロセスで製作



6. 課題・今後の展望

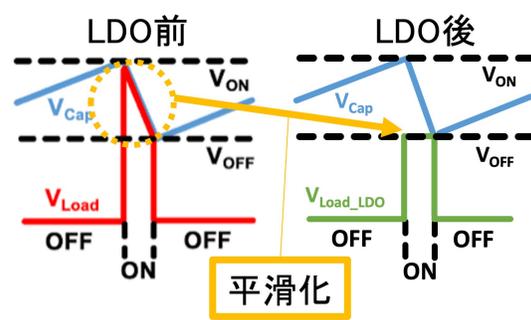
I. Noise対策のレイアウト



- Subthreshold領域で動作する回路はノイズ干渉に非常に敏感

- Guard Ringの設置
 - 上下GND層接続
 - VDDLラインに局所Capを設置
- xACT解析で最適化

II. Low Dropout Regulator (LDO)の作成



- 間欠駆動の放電直後の出力電圧は負荷回路の仕様を超える電源電圧

- LDOによって負荷回路の仕様を満たす電源電圧に平滑化