Universität Stuttgart
Institut für Elektrische Energiewandlung

7/2026

MA · FA · BA

STUDENTISCHE ARBEIT

Pyroelektrisches Energy Harvesting mit Switched-Capacitor-Schaltungen bis 1 kV

Bachelorarbeit · Masterarbeit · Forschungsarbeit | Smarte Converter & Leistungselektronik | Deutsch oder Englisch

Pyroelektrische Materialien können aus Temperaturänderungen elektrische Energie gewinnen. Da keramische Proben dabei hohe Spannungen bei kleinen Strömen liefern können, braucht es eine passende Leistungselektronik für effizientes Energy Harvesting. In dieser Arbeit werden Switched-Capacitor-Schaltungen bis 1 kV theoretisch untersucht, optimiert, simuliert und als Elektronik kleiner Leistung experimentell bewertet.

Ziel der Arbeit

Ziel ist die Auslegung und Bewertung einer Switched-Capacitor-Elektronik für pyroelektrisches Energy Harvesting bei kleinen Leistungen, Strömen unter 10 mA und Spannungen bis 1 kV. Dazu sollen die pyroelektrische Kapazität mit Temperatur- und Spannungsabhängigkeit modelliert, geeignete Schaltungen simulativ optimiert und ein einfacher Prüfplatz zur Quantifizierung von Energie, Leistung und Wirkungsgrad aufgebaut werden.

Mögliche Forschungsfragen

- Welche Switched-Capacitor-Schaltung eignet sich für pyroelektrisches Energy Harvesting bei kleinen Strömen und Spannungen bis 1 kV?
- Wie beeinflussen Temperatur- und Spannungsabhängigkeit der pyroelektrischen Kapazität die gewinnbare Energie und den Wirkungsgrad?
- Wie gut stimmen theoretische Berechnung, Simulation und Messung am Prüfplatz überein?

Erwartetes Ergebnis

Erwartet werden ein nachvollziehbares Modell der pyroelektrischen Quelle, ein optimiertes Schaltungskonzept, ein Simulationsmodell sowie eine aufgebaute und charakterisierte Switched-Capacitor-Elektronik für die experimentelle Bewertung des Harvesting-Potenzials.

Vorkenntnisse

Erforderlich

- Grundlagen der Elektrotechnik und Schaltungstechnik
- Sicherer Umgang mit technischen Berechnungen
- Grundverständnis elektrischer Energiewandlung

Hilfreich, aber nicht zwingend

- Grundlagen der Leistungselektronik
- Erfahrung mit Simulation elektrischer Schaltungen
- Interesse an Hochspannungstechnik und thermisch-elektrischen Energiewandlern

Was Sie lernen

- Sie lernen, kapazitive Hochspannungsquellen und Switched-Capacitor-Schaltungen zu modellieren und auszulegen.
- Sie verbinden Theorie, Simulation und experimentelle Charakterisierung in einem Energy-Harvesting-System.
- Sie sammeln Erfahrung im sicheren Umgang mit kleiner Leistung bei hoher Spannung.
- Sie bewerten gewonnene Energie, Leistung und Wirkungsgrad reproduzierbar anhand von Messdaten.

Vorgehen & Aufgaben

1. Stand der Technik zu pyroelektrischem Energy Harvesting und Switched-Capacitor-Schaltungen strukturieren.
2. Pyroelektrische Kapazitäten mit Temperatur- und Spannungsabhängigkeit modellieren und zentrale Energieflüsse berechnen.
3. Switched-Capacitor-Schaltungen bis 1 kV dimensionieren, optimieren und simulativ vergleichen.
4. Eine Elektronik kleiner Leistung entwerfen, aufbauen und für hohe Spannung charakterisieren.
5. Einen einfachen Prüfplatz mit wechselnden heißen und warmen Luftströmen aufbauen und Energie, Leistung sowie Wirkungsgrad quantifizieren.

Geeignet für

Elektrotechnik und Informationstechnik · Electrical Engineering

* Energietechnik, Nachhaltige Elektrische Energieversorgung, Erneuerbare Energien

* Bei fachlicher Passung und nach Prüfungsordnung.

Anpassbar: Technisch, Empirisch, Praxisorientiert

Methoden & Tools

- PLECS oder SPICE
- MATLAB oder Python
- Oszilloskop und Leistungsmessgerät

Literatur & Quellen

- ieeexplore.ieee.org/document/10238461
- www.nature.com/articles/s41586-022-05069-2

Relevanz

Pyroelektrisches Energy Harvesting kann dazu beitragen, bislang ungenutzte Temperaturwechsel für elektrische Energie nutzbar zu machen. Effiziente Switched-Capacitor-Elektronik ist dabei wichtig, um kleine Energiemengen bei hohen Spannungen kontrolliert zu übertragen und für energieautarke Sensorsysteme oder kompakte Energiewandler zu erschließen.

Betreuung & Bewerbung

Die fachliche Schwerpunktsetzung kann je nach Interesse und Vorkenntnissen stärker auf Theorie und Optimierung, Simulation, Hardwareentwurf oder experimentelle Charakterisierung gelegt werden. Unterstützung erfolgt insbesondere bei Modellbildung, Hochspannungsdimensionierung, Prüfplatzkonzept und Auswertung der Messergebnisse.
Weitere Hinweise: Geben Sie gerne an, ob Sie sich besonders für Modellierung, Schaltungsentwurf, Simulation oder experimentelle Arbeit interessieren.

Interesse? Bewerben Sie sich gerne mit vollständigen Unterlagen: aktuellem Leistungsnachweis, idealerweise einem Lebenslauf sowie kurzen Angaben zu relevanten Interessen und Vorkenntnissen, Wünschen zur Ausrichtung, möglichem Beginn und parallel geplanten Lehrveranstaltungen oder Tätigkeiten.

BETREUUNG
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Mönch (Prüfer)

E-MAIL
stefan.moench@iew.uni-stuttgart.de

START · ORT
Nach Absprache · Pfaffenwaldring 47 (ETI-II)