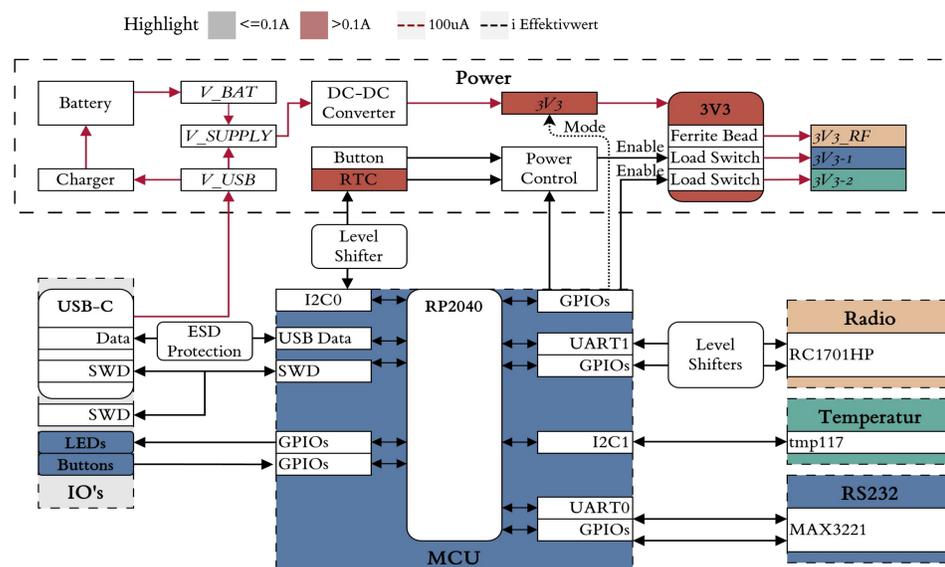
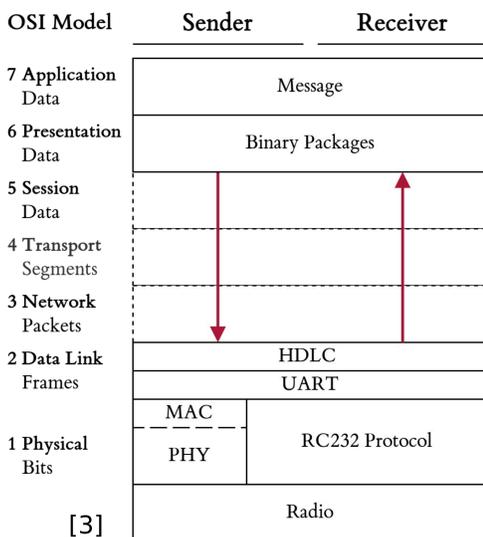
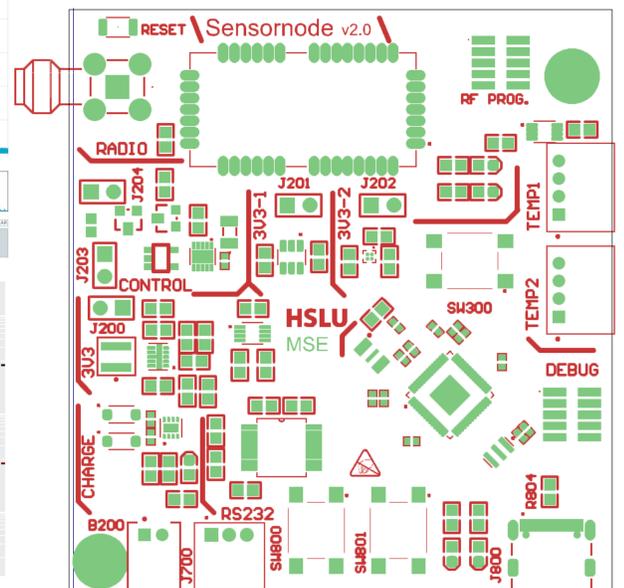
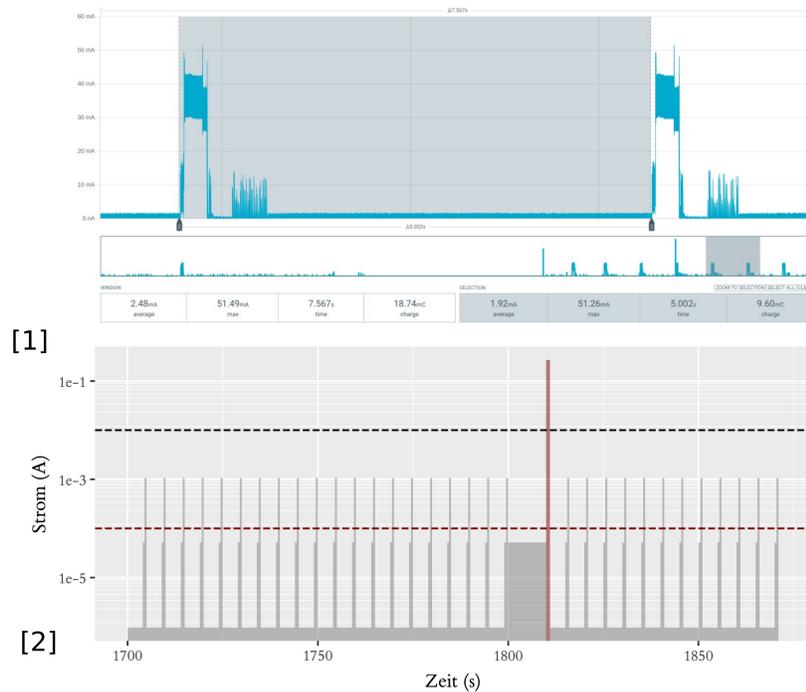
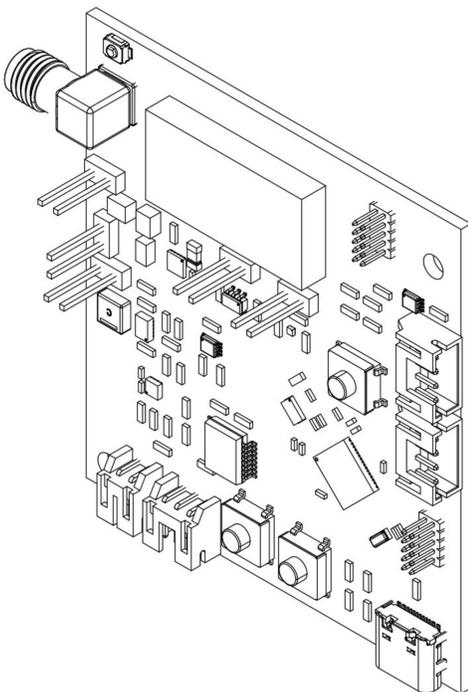


Master-Thesis

Energieeffizienter Sensorknoten für die drahtlose Kommunikation im 169-MHz-Frequenzband unter Verwendung des RP2040-Mikrocontrollers



- [1] Messresultate
- [2] Simulation
- [3] Kommunikationsprotokoll
- [4] Hardware Architektur

Ausgangslage und Problemstellung

Industrielle Prozesse und Anlagen können mit der Pinch-Analyse auf ihre Energieeffizienz untersucht werden, indem Messungen von Wärmequellen und -senken über mehrere Wochen durchgeführt werden. Mit einer drahtlosen Übertragung und einem autonomen Betrieb soll genügend Freiraum bei der Montage zur Verfügung stehen. Es kann keine Anbindung an eine bestehende Netzwerkinfrastruktur garantiert werden. Für die Übertragung innerhalb von Gebäuden wurde das 169 MHz Frequenzband über mehrere Stockwerke evaluiert.

Diese Thesis befasst sich mit der Entwicklung eines energieeffizienten Sensorknotens, um die batteriebetriebene Laufzeit zu erhöhen. Zusätzlich ist ein Sensornetzwerk zu entwerfen.

Konzeption und Simulation

Für mehrere Konzepte wurde der erwartete Energieverbrauch mit einem mathematischen Modell abgeschätzt und angepasst.

Um Verbraucher in den unterschiedlichen Betriebsmodi zu identifizieren, wurde der zeitliche Verlauf simuliert.

Steuerung der Spannungsversorgung

Der Sensorknoten verwendet mehrere Spannungsversorgungen, welche sich durch Lastschalter ein- und ausschalten lassen. Systembestandteile werden so vollständig für Energiereduktion ausgeschaltet. Zur Vermeidung von parasitären Speisungen zwischen den Spannungsversorgungen werden Pegelwandler eingesetzt. Die Echtzeituhr PCF85063ATL ist dauernd aktiv und führt in definierbaren Zeitabständen ein Steuersignal zum Einschalten vom Mikrocontroller aus.

Energiemanagement der Systembestandteile

Weitere Massnahmen zur Energiereduktion erfolgen über die Firmware. Das Funkmodul wird in den Schlafmodus versetzt, weil es einen hohen Einschaltstrom hat. Die Systeme müssen de- und initialisiert werden um ein deterministisches System zu bilden.

Mit dem Echtzeitbetriebssystem FreeRTOS werden die Aufgaben verwaltet und gesteuert. Beim Kommunikationsprotokoll wird eine binäre Kodierung verwendet, um die Datenmenge und somit die Sendedauer zu reduzieren. Für die Kodierung der Übertragungsdaten wird das High-Level Data Link Control (HDLC) Protokoll eingesetzt.

Messresultate

Der Stromverbrauch zwischen den 5 s Messzyklen beträgt 180 μA und der Verbrauch beträgt 6.6mW. Mit einem NiMH Akku von 700 mAh ist ein mehrwöchiger Betrieb möglich.

Optimierungen

Bei einem Messintervall von 5 s beträgt die Sendedauer pro Stunde zwei Sekunden. Mit einer Delta-Kodierung oder anderen Datenkomprimierungen kann die Dauer weiter reduziert werden. Desweiteren kann der Aktivitätsgrad von den Komponenten durch die Firmware gesteuert werden.