

Energy harvesting bicycle computer

Katrin Bächli, Manuel König

12. März 2016

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Ausgangslage	5
1.2	Aufgabenstellung	5
1.3	Übersicht der Arbeit oder Aufbau der Dokumentation	7
2	Theoretische Grundlagen	9
2.1	Energy Harvesting mit Bewegungsinduktion	9
2.2	Konzept des Energy Management der gewonnenen Energie	9
2.2.1	Regelung des optimalen Leistungsbezugs	9
2.3	Low Power Microcontroller	11
2.4	Bluetooth Low Energy	11
3	Vorgehen	13
3.1	Inbetriebnahme des Modells der Machbarkeitsstudie	13
3.2	Layout Print	16
3.2.1	Bauteiloptimierung	16
3.3	Kommunikation Bluetooth Low Energy	16
4	Firmwareentwicklung	17
4.0.1	VO: SimpleBroadcast	17
4.1	Kommunikation Bluetooth Low Energy	18
4.2	Energieoptimierung	18
4.3	Applikationsentwicklung	18
4.4	Option 1	18
5	Verzeichnisse	19
5.1	Glossar und Abkürzungen	19
5.2	Abbildungsverzeichnis	19
5.3	Tabellenverzeichnis	19
A	Ausschreibung Bachelorarbeit	I

Kapitel 1

Einleitung

In der heutigen Zeit gibt es viele interessante Gadgets, die unterschiedlichste Daten liefern. Seien das Pulsmesser, Heizungsregler oder das Multimedia-system zu Hause, diese Technologien lassen sich auch für den Fahrradfahrer nutzen. Es gibt bereits sogenannte Fahrradcomputer, welche die Geschwindigkeit messen und über ein separates Display ausgeben, jedoch werden die meisten mit einer Batterie betrieben, deren Laufzeit begrenzt ist. Mit der Möglichkeit des Energy Harvesting wird die Batterie und deren begrenzte Laufzeit gänzlich ersetzt. Bluetooth Low Energy kann Daten mit sehr wenig Energie übertragen, damit können die Daten, wie Geschwindigkeit oder Höhenmeter, an ein Android-Endgerät übermittelt werden.

1.1 Ausgangslage

Stand der Technik: Geschwindigkeitsanzeige für Velofahrer aktuelle Beispiele beschreiben.

Zwei Nachteile: Batteriewechsel und zusätzliches Display. Ein Handy hat jeder. Deshalb diese zur Anzeige benutzen.

Vorarbeiten auf diesem Gebiet: Roman Scheider und Daniel Studer verfassten 2015 eine Projektarbeit am InES, in der sie die Machbarkeit eines Bicycle computer and sensoric powerd with energy nachwiesen ?. Die Punkte, die sich zu unser Arbeit unterscheiden benennen.

Nennen, was in dieser Arbeit **neu** erarbeitet wird. ...

1.2 Aufgabenstellung

In der Ausschreibung der Arbeit ist der Inhalt der Bachelorarbeit zusammengefasst (siehe A). Das Ziel der Arbeit besteht darin, einen bestehenden

Prototypen eines batterielosen Fahrradcomputers zu verbessern und zu optimieren. Die bestehende Hardware soll optimiert und bestenfalls verkleinert werden. Weiter soll eine App für ein Android-Endgerät entwickelt werden, in der die Messwerte dargestellt werden.

Aus den Themen entstand eine Aufgabenstellung mit folgenden Punkten:

1. Inbetriebnahme des Prototypen, Einlesen in die vorangegangene Projektarbeit und Beschäftigung mit der Materie, sind die Hauptpunkte des ersten Schrittes.
2. Die bestehende Hardware muss verkleinert und überarbeitet werden. Dafür wird ein neues PCB entworfen, welches verschiedene vorhandene Platinen vereint.
3. Initialisierung der Bluetooth-Schnittstelle muss auf dem Android-Endgerät und der Hardware vorgenommen werden. Eine erste Bluetooth-Kommunikation zwischen der Hardware und der Applikationen ist implementiert.
4. Das bestehende Energiemanagement soll auf die Anwendung eines Fahrradcomputers optimiert werden.
5. Die Benutzeroberfläche der Android-Applikation soll benutzerfreundlich und optisch ansprechend gestaltet werden.
6. Die erfassten Messwerte der Geschwindigkeit und der aktuellen Höhe sollen über Bluetooth übermittelt werden.
7. Die erfassten Daten sollen gespeichert und nur dann übertragen werden, wenn die nötige Energie vorhanden ist.
8. Per GPS soll die aktuelle Position ermittelt, sowie die bereits abgefahrte Route erfasst werden. Alles soll auf einer Karte veranschaulicht werden.
9. Die Beschleunigung, Luftfeuchtigkeit und Temperatur sollen ebenfalls erfasst und über Bluetooth übermittelt werden.
10. Das Energiemanagement soll für verschiedene Geschwindigkeiten optimiert werden.

Für diese Bachelorarbeit sind die Punkte a) bis f) als Minimalanforderungen zu verstehen, während sich die Punkte f) bis j) dynamisch und in Abhängigkeit des Projektfortschritts gestalten lassen.

Aus diesen Anforderungen entstand der im Anhang B abgelegte Projektplan.

1.3 Übersicht der Arbeit oder Aufbau der Dokumentation

Graphisch (mit Kasten) darstellen ?

Am Anfang steht die Inbetriebnahme des Vorab-Exemplars. Dann: Energie-Verwendung optimieren. Daraus ergeben sich ... Dann der Print. Dann die Kommunikation ..

Kapitel 2

Theoretische Grundlagen

2.1 Energy Harvesting mit Bewegungsinduktion

HarvesterSchaltung ist durch Machbarkeitsstudie vorgegeben. Kurze Einführung der von uns optimierten Schaltung.

2.2 Konzept des Energy Management der gewonnenen Energie

In der Bachelorarbeit ist die Entwicklung des Energymanagements mit diesem Board vorgegeben. Links zu anderen PowerManagementSystemen: Booster TI, Analog Devices, E-Beas.

Energy Management bezeichnet das Regeln von Energiezuständen, damit ein Optimum an Leistung aus einer Quelle bezogen werden kann.

EM Microelectronics aus Marin (NE) entwickelt den Energymanagement-Chip EM8500 für Low Power-Anwendungen.

The EM8500 is an autonomous power management system able to manage power domains, power sources and storage elements ?, p. 11.

Zu diesem Chip ist das Evaluation-Board EMEVB8500 entwickelt, welches das Aufsetzen eines energieoptimierten Systems unterstützt.

2.2.1 Regelung des optimalen Leistungsbezugs

Wichtigster Punkt in der Energieoptimierung ist das Leistungsverhalten der Quelle. Zu jeder Quelle gehören MaximumPowerPoints (MPP), die Punkte, an denen am effizientesten Leistung bezogen werden kann.

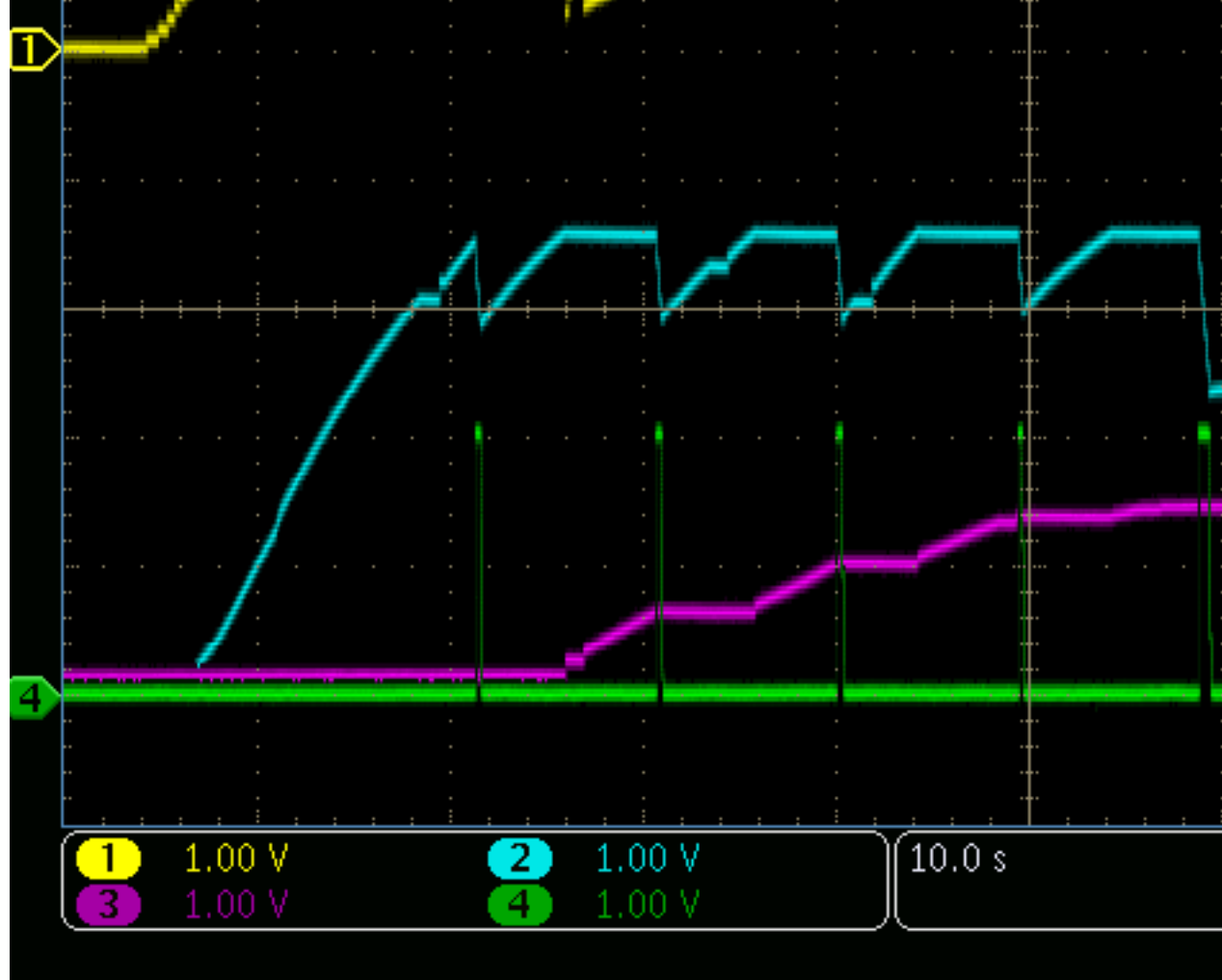


Abbildung 2.2: Spannungswerte Modell der Machbarkeitsstudie

Das Evaluations-Board von Microelectronics (im Text mit EVB abgekürzt) versucht die Quelle stets in der Nähe dieses Optimums zu betreiben. Dies macht das EVB so, in dem es zu jeder Eingangsspannung intern den Innenwiderstand auf dem EVB so regelt, dass über den geregelten EVB-Strom die Eingangsleistung möglichst dem MPP entspricht.

Neben der Optimalen Leistungsnutzung ist das Ziel der Regelung, konstante Eingangsspannungen zu erzwingen. Das System kontrolliert periodisch den aktuellen (unregulierten) Spannungswert der Harvestingquelle. Hat sich der Wert mehr als 37 mV gegenüber der zur Zeit aktuellen Regelspannung geändert, wird der neue Wert als Spannungsreferenz zum Regeln genommen. Die Abbildung 2.1 zeigt das Anpassen der Spannungslevel alle s. Die periodischen Kontrollmessungen alle 8 s verursachen kurze Spannungsspitzen. Diese entstehen bei der Kurzschlussmessung, für den akutellen Stromwert.

Entsprechen die Konfigurationen auf dem EVB nicht dem Verhalten der Eingangsquelle, so entstehen keine konstanten Spannungswerte an der Harvestingquelle, was Abbildung 2.2 zeigt.

Ausgelassen: Details zur Open Voltage und zur Kurzschluss-Messung.

Kommunikation mit anderem Bauteil

Sobald genügend Startenergie bereit steht, wacht der EM8500-Chips auf. Neben dem Setzen der Konfigurationen aus dem EPROM kontrolliert der Chip als erstes den aktuellen Speicherzustand der angeschlossenen Speicher.

Die Energiequelle wie auch die angeschlossenen Speicher haben eigene Pins, die ihren Zustand übermitteln?, p.11.

2.3 Low Power Microcontroller

Das TI Sensortag ist vorgegeben. Im Rahmen der Bachelorarbeit nicht möglich, Controller zu evaluieren. Dieser hat viele Sensoren. Grund ist die hohe Rechenleistung. Die mögliche Erweiterung auf Zigbee.

2.4 Bluetooth Low Energy

Kapitel 3

Vorgehen

Model der Machbarkeitsstudie ausmessen und Entwicklungspunkte definieren.

3.1 Inbetriebnahme des Modells der Machbarkeitsstudie

Mit der in der Projektarbeit entwickelten Harvesterschaltung kann per Bluetooth Smart auf dem Android-Endgerät die Geschwindigkeit ausgegeben werden. Bei der Inbetriebnahme zeigten sich folgende Grenzen im gegebenen Modell:

1. Zu hoher Kondensator vor Energiemanagementschaltung gefährdet deren Stabilität
2. Konfiguration auf Energiemanagementboard sind nicht auf Energieharvesterschaltung angepasst

Kapazität für Harvesting-Schaltung verbessern

In der Machbarkeitsstudie ist nach dem Gleichrichter ein Kondensator von 470 μF nachgeschaltet. Dieser glättet die Spannungspulse nach dem Gleichrichter zu einer DC-ähnlichen Spannung mit Rippeln.

Mit einem Kondensator von 470 μF wird die Ausgangsspannung der Harvesterspannung fast rippelfrei. Die Rippelspannung beträgt 3.2 mV (siehe Abbildung 3.1).

Gemäss Ives **XXXXXX** von EMMicroelectronics sollten Kondensatoren der Harvesterschaltung im Bereich von 47 μF liegen, sodass die Energiemanagementschaltung ordnungsgemäss funktioniert.

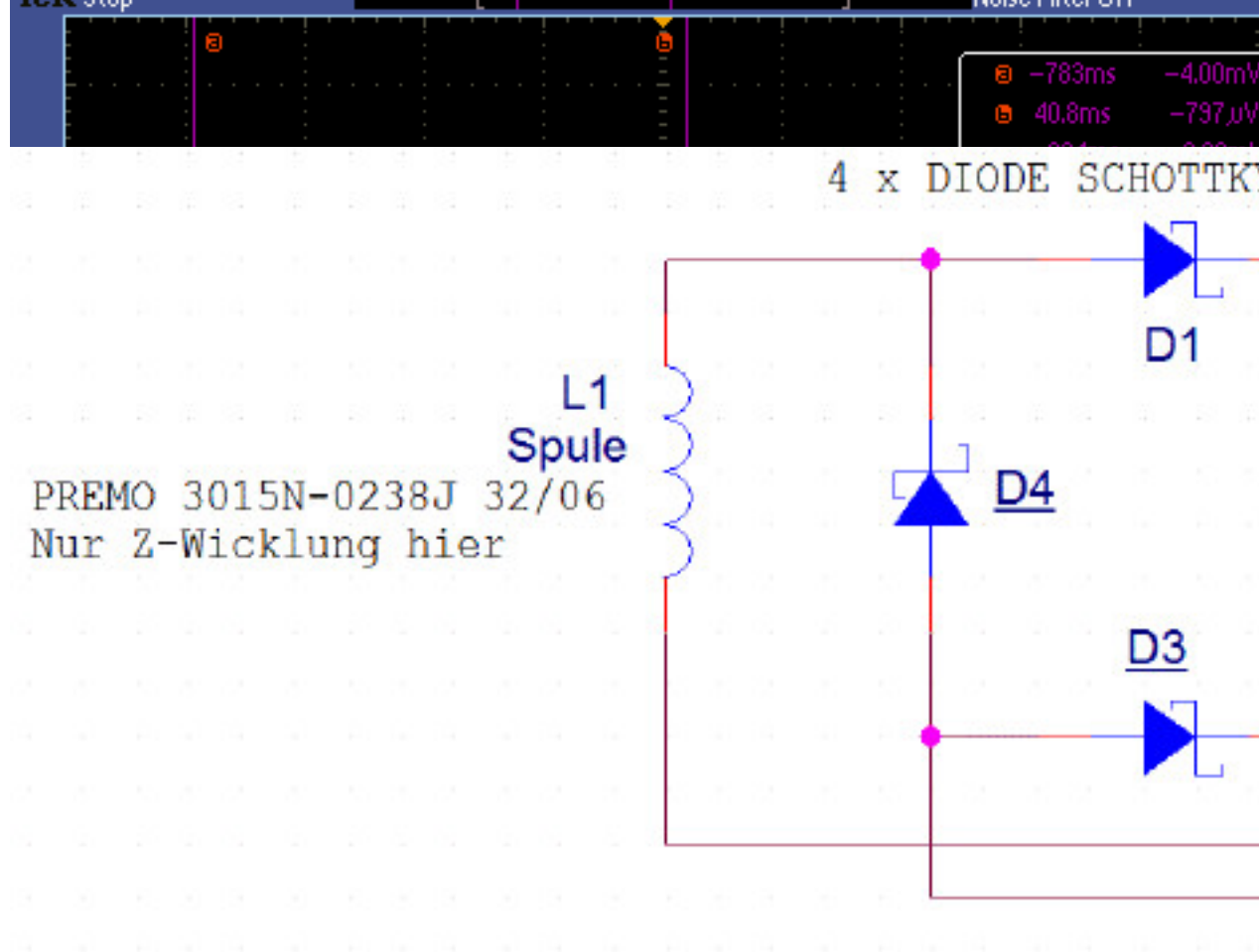


Abbildung 3.2: Messschaltung

Aus diesem Grund wird die Rippelspannung am Ausgangs der Harvester-schaltung mit kleineren Kondensatoren gemessen. Das Messprotokoll befindet sich im Anhang.

Messaufbau

In der gegebenen Harvesterschaltung wird am Kondensator die Spannung mit einem Kathodenstrahloszilloskop (KO) gemessen. Ausgehend vom bestehenden Kondensator (470 μF), werden danach Elektrolytkondensatoren (Elko) mit den Werten 100 μF , 47 μF und 10 μF gemessen.

Resultat

Die Rippelspannung erhöht sich wie erwartet. V_{pp} beträgt bei 100 μF **xx** mV, bei 47 μF 28.8 mV (siehe Abbildung 3.4) und bei 10 μF 320 mV (Abbildung 3.3).

Messungen Energy Management Board

In der Projektarbeit findet sich auf S. 36 folgende Abbildung 3.5 zu den Spannungswerten des Modells der Machbarkeitsstudie.

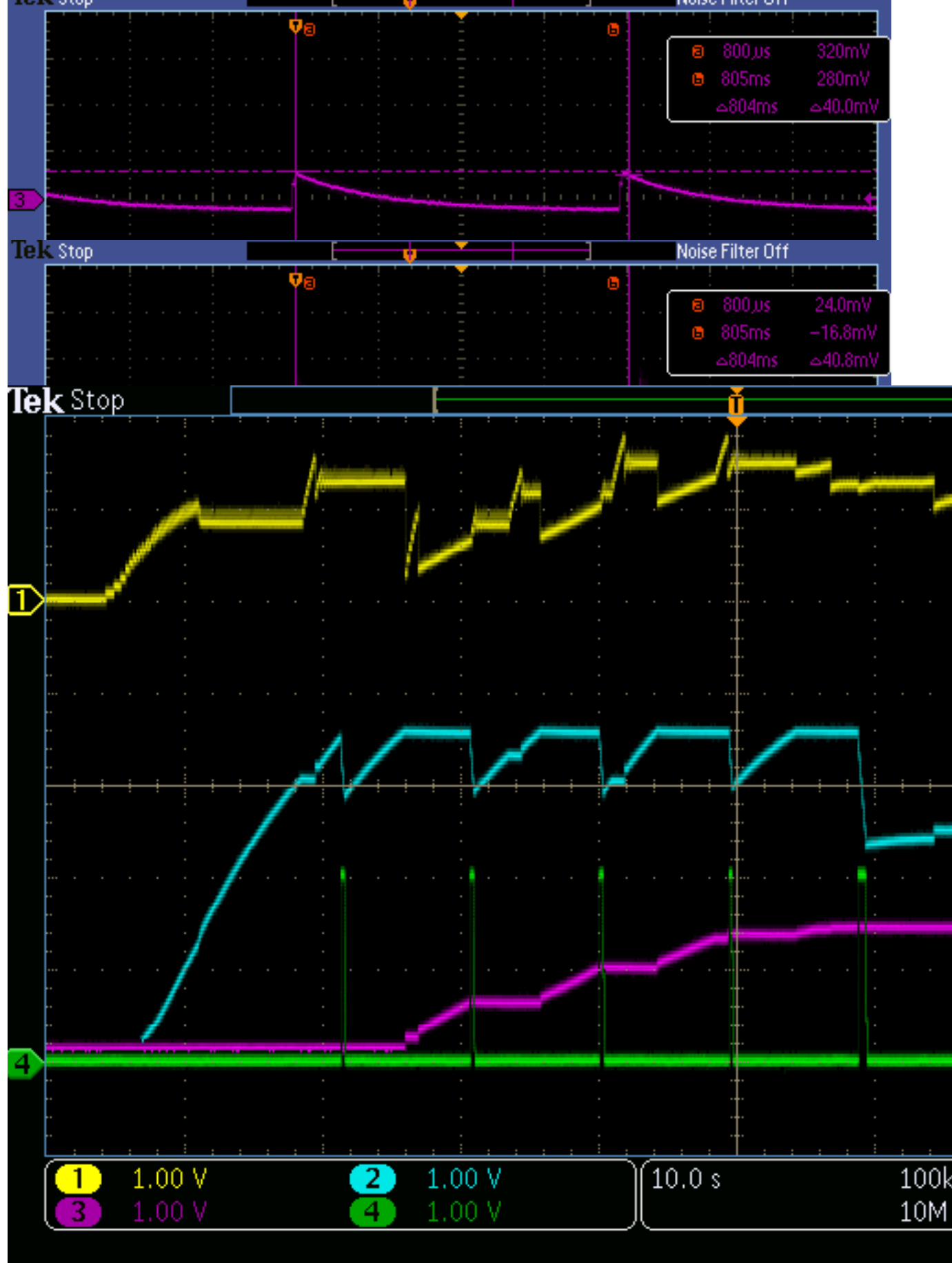


Abbildung 3.5: Spannungswerte Modell der Machbarkeitsstudie

Und es zeigt sich, dass das EM-Board nicht zu regulieren beginnt. Damit das Energiemanagement funktioniert, muss der Wert XXXX erreicht werden. Da dieser Wert nicht erreicht wird, passt die Energiemanagementschaltung den Innenwiderstand nicht auf.

Zum korrekten Einstellen des Energiemanagements braucht es eine MaximumPowerPointT Ratio.

3.2 Layout Print

Die Spule ist gegeben.

3.2.1 Bauteiloptimierung

Der Glättungskondensator wird auf 47 uF geändert. Daneben führten nachfolgende Messung zu nachfolgender Bauteiloptimierungen.

Limiter mit weniger Leckstrom

Der Limiter in der Machbarkeitsstudie besteht aus 3 Dioden. Die verwendete Dioden haben, wie alle Halbleiterelemente, einen Leckstrom.

Leckstrom Dioden als Limiter

Leckstrom bei LDO

Gleichrichter für LowPower

3.3 Kommunikation Bluetooth Low Energy

Kapitel 4

Firmwareentwicklung

Gearbeitet wird mit einem Cortex M3 von TI. Grundsätzlich basieren die Bsp. auf RTOS. Wenige für PowerManagement. Das Powermanagement bezieht sich auf RTOS Kernel.

4.0.1 VO: SimpleBroadcast

Gestartet mit simpleBLE-Projekt von TI mit Einstellungen von Assistenten vom Ines.

- Configure ccfg.c to use internal LF RCOSC
- Configure WAKE INTERVAL
- Configure recharge period to 400ms if WAKE INTERVAL is larger than 400ms(ish)
- Configure IO's and set up advertisement payload

Allgemeine Einstellungen in der Konfigurationsdatei ccfg.c: $V_{min} = 2.25$
 $V_{Imax} = 39 \text{ mA}$

```
Einstellungen in config.h // GPIO to be used # define IO_A IOID_0  
#define IO_B IOID_1 #define IO_C IOID_2 #define IO_D IOID_3 #define  
IO_E IOID_4
```

```
// RTC wakeup interval #define WAKE_INTERVAL_MS 1000 #define  
WAKE_INTERVAL_TICKS WAKE_INTERVAL_MS*65536 / 1000
```

```
// Advertisement payload length in bytes #define ADVLEN 10
```

4.1 Kommunikation Bluetooth Low Energy

4.2 Energieoptimierung

4.3 Applikationsentwicklung

4.4 Option 1

Kapitel 5

Verzeichnisse

5.1 Glossar und Abkürzungen

Clock Domain

Ein Bereich der Hardware, der mit demselben Takt läuft.

5.2 Abbildungsverzeichnis

5.3 Tabellenverzeichnis

Anhang A

Ausschreibung Bachelorarbeit

Anhang B

Projektplanung