

Zero-Power Klingeltrafo mit RFID realisiert mit dem Microcontroller EFM 32

Martin Glunz

13. Februar 2011

1 Motivation

Ziel des Prototypen soll es sein, eine Möglichkeit zu demonstrieren, wie der Energiebedarf eines typischen Klingeltrafos auf weniger als 1kWh pro Jahr reduziert werden kann, ohne daß der eigentliche Klingeltrafo und die Installation der Klingelanlage ersetzt werden muß. Als zusätzliche Funktion ist noch eine RFID-basierte Türöffnerfunktion vorgesehen.

2 Voraussetzungen

Voraussetzung für die Nachrüstung des Klingeltrafos mit der Zero-Power-Funktion ist es, daß ein "herkömmlicher" Klingeltrafo mit "herkömmlicher" Verdrahtung (d.h. ein Taster an der Tür pro Etage bzw. Klingel und ein Türöffner) verwendet wird. Moderne Zweidraht-Bussysteme sind für die Nachrüstung nicht geeignet. Eine evtl. vorhandene Türsprechanlage, die aus dem Klingeltrafo gespeist wird und eigene Adern in der Verkabelung verwendet kann bestehen bleiben.

3 Beschreibung des Prototypen

Der funktionsfähige Prototyp zur Demonstration des Projektes besteht aus mehreren Teilen:

- AC-Schalter: Der AC-Schalter ist in einem Zwischensteckergehäuse eingebaut, so daß eine Isolation gegen versehentliches Berühren des Netzspannungsführenden Schaltungsteile vorhanden ist sowie eine einfache Demonstration möglich ist. Die interne Ausführung des AC-Schalters entspricht nicht den Ansprüchen einer CE-Abnahme bezüglich der elektrischen Sicherheit, der Betrieb des AC-Schalters ist daher nur unter Laborbedingungen oder mit einer zusätzlichen Schutzisolation, z.B. in Form eines vorgeschalteten Trenntrafos, erlaubt.
- Klingeltrafo: Als Klingeltrafo wird für die Demonstration ein AC-Steckernetzteil mit 12V Ausgang verwendet. Dieses wird direkt in den Zwischenstecker mit dem AC-Schalter gesteckt.
- Demo-Aufbau: dieser besteht aus der Prototypenschaltung mit dem EFM32-Starterkit und dem kombinierten CapSense/RFID-Sensor, montiert auf einem Kunststoffbrett.
- RFID-Tags: 3 RFID-Tags in unterschiedlichen Farben zur Demonstration der RFID-Auswertung
- Taster/LED-Platine: diese Baugruppe dient zur Veranschaulichung der Klingelanlage, als Klingel- bzw. Türöffnertaster sind farbige Taster vorhanden, die Klingel und der Türöffner sind durch LEDs nachgebildet.

4 Inbetriebnahme des Prototypen

Verbinden Sie den AC-Schalter und das Steckernetzteil mit den entsprechenden Steckern am Demo-Aufbau. Verbinden Sie die Taste/LED-Platine mit dem Demo-Aufbau. Die dazu notwendige Verkabelung ist in den Bildern zu sehen.

Stecken Sie den AC-Schalter in eine 230V-Steckdose. Verwenden Sie zur Sicherstellung der Schutzisolation einen vorgeschalteten Trenntransformator. Stecken Sie das Steckernetzteil in den AC-Schalter.

Auf dem LCD des Starterkits sollte jetzt Öñßichtbar sein, die LED 2 blitzt ca. 10mal pro Sekunde kurz auf. Direkt nach dem Einschalten leuchtet die LED 3 kurz auf.

4.1 Stand-By Betrieb

In dem LCD ist das Gecko-Symbol zu sehen. Dies bedeutet, daß der Klingeltrafo durch den AC-Switch abgeschaltet ist und aus dem 230V-Netz nur noch der Ruhestrom des AC-Switch entnommen wird. Die Ruheleistungsaufnahme beträgt jetzt ca. 12mW. In mehr oder weniger regelmäßigen Abständen wird der Controller den Klingeltrafo kurz einschalten, um die Speicherkondensatoren (C2, C3, C4, C5) nachzuladen. Aus diesen Kondensatoren wird über einen Micropower-LDO (U3) der EFM32-Controller versorgt.

4.2 Klingeltaster

Der grüne Taster und die grünen LEDs auf der Taster-Platine sollen die Funktion des Klingelstromkreises veranschaulichen. Der Taster und die LEDs sind in Serie geschaltet an der Klemme 12V AC out des Demo-Aufbaus angeschlossen.

Drücken Sie die grüne Taste: es fließt ein Strom aus C6 über R1 und den Optokoppler. Über den Port PD2 wird ein Interrupt ausgelöst und der EFM32 schaltet sofort den Klingeltrafo und das Relais K1 ein, so daß im externen Klingelstromkreis die genügend Leistung zum Auslösen der Klingel vorhanden ist. Hier ist dies durch helles Aufleuchten der grünen LEDs zu sehen.

Nach einigen Sekunden schaltet der EFM32 den Trafo und das Relais wieder ab und geht in den Stand-By Betrieb

Die Funktion der gelben und der roten Taste ist identisch, diese können z.B. ein weiterer Klingelkreis oder der Türöffner sein.

Die LED 3 des Starterkits leuchtet, wenn der Trafo eingeschaltet ist. Das Gecko-Symbol im Display verschwindet solange die Schaltung aus dem Trafo mit Strom versorgt wird.

4.3 CapSense

Im Stand-By Betrieb wacht der EFM32 regelmäßig kurz auf (ca. alle 100ms) und führt eine CapSense Auswertung der Sensorfläche aus. Nähern Sie Ihre Hand der Sensorfläche (rechts neben der Elektronik). Bei genügender Annäherung wird dies erkannt, und der Controller schaltet den Trafo ein, im Display ist dann RFIDßu sehen. Nun schaltet der Controller auch das RFID-Modul ein und verbindet mit dem Relais K4 die Antenne mit dem Modul. Die aktive RFID-Antenne stört die CapSense-Auswertung, so daß diese eingestellt wird, während das RFID-Modul aktiv ist.

Nehmen Sie die Hand wieder von der Sensorfläche weg. Nach einigen Sekunden schaltet der Controller das RFID-Modul wieder ab und geht in den Stand-By Betrieb, es ist nun Readyim Display zu sehen.

Die LED 0 des Starterkits leuchtet während das RFID-Modul eingeschaltet ist.

4.4 RFID

Nehmen Sie eines der RFID-Tags in die Hand und nähern Sie diese Hand der Sensorfläche, bis wieder RFID im Display erscheint. Nach ca. 2 Sekunden liest das RFID-Modul die Kennung des Tags und sendet diese an den EFM32-Controller. Wenn die ID des Tags bekannt ist, zeigt der Controller im LCD die Farbe des Tags (rot, gelb oder blau) an. Bei dem gelben und roten Tag schaltet der Controller zusätzlich auch K2 bzw. K3 ein, so daß auf der Tasterplatine die roten oder die gelben LEDs leuchten. Dies können in einer realen Anlage z.B. der Türöffner und eine Sonderfunktion (z.B. Alarmanlage unscharf / scharf schalten) sein.

Die LED 1 des Starterkits leuchtet für ca. 2 Sekunden, wenn ein RFID-Tag ausgelesen wurde.

5 Hinweise

Während der Tests des Prototypen hat es sich als notwendig erwiesen, auf der Rückseite des Kunststoffbrettchens hinter der Sensorfläche eine Schirmung anzubringen. Ohne diese mit GND verbundene Schirmfläche kommt es recht häufig vor, daß die CapSense-Auswertung anspricht, obwohl sich nichts der Sensorfläche nähert. Die Schirmfläche reduziert allerdings auch die Empfindlichkeit des CapSense, so daß zum Auslösen jetzt eine Annäherung bis fast zum Berühren der Sensorfläche notwendig ist.

Zum Auslösen der kombinierten CapSense/RFID-Funktion halten Sie das RFID-Tag zwischen Daumen und Zeigefinger und Mittelfinger und nähern sich dann mit der Rückseite der Hand der Mitte der Sensorfläche. Auf diese Weise ist ein zuverlässiges Ansprechen der CapSense-Auswertung und des RFID-Moduls gegeben.

Nachdem Sie die Hand vom der Sensorfläche weggenommen haben und das Display wieder Ready anzeigt, warten Sie ca. 2..3 Sekunden, bevor Sie die nächste Annäherung starten.

Nähern Sie die Hand schnell der Sensorfläche. Die CapSense-Auswertung reagiert auf Änderungen der Kapazität.

6 Funktion des Systems

6.1 Start

Der bistabile AC-Schalter schaltet beim Anlegen der 230V-Versorgung ein. Somit wird die Schaltung mit Energie aus dem Klingeltrafo versorgt und der Energiespeicher (ein Kondensator) wird geladen. Sobald genügend Ladung in dem Kondensator ist, schaltet der EFM 32 Controller über den AC-Schalter den Trafo aus. Die Stromaufnahme aus dem 230V-Netz wird auf den Ruhestrombedarf des AC-Schalters (ca. 12mW) reduziert.

6.2 Stand-By

Die Firmware des Controllers schaltet über die Energy Management Unit den Controller in den Energy Mode EM2. Die Stromaufnahme des Controller liegt in diesem Zustand bei wenigen μA . Von der RTC gesteuert wacht der Controller regelmäßig (im 100ms-Raster) auf und führt eine CapSense-Messung aus. Da diese Messung nur sehr kurze Zeit dauert, kehrt der Controller schnell wieder in den stromsparenden EM2 zurück. Im Mittel ergibt sich daraus ein sehr geringer Strombedarf. Mit der Zeit wird der Energiespeicher entladen und die Versorgungsspannung des Controllers sinkt ab. Die Firmware überwacht mittels des Komparators VCMP, ob die kritische Schwelle unterschritten wird und schaltet dann den Klingeltrafo für kurze Zeit ein, um den Kondensator wieder aufzuladen.

6.3 RFID lesen

Falls von der CapSense-Auswertung eine Annäherung (z.B. von einer menschlichen Hand mit einem RFID-Tag darin gehalten) festgestellt wird, schaltet die Firmware die Versorgung und die Antenne des RFID-Lesemoduls ein und empfängt über den UART die vom RFID-Leser empfangene Seriennummer des RFID-Tags. Falls die Seriennr. des Tags mit einer der gespeicherten Nummern übereinstimmt, schaltet die Firmware über ein Relais den Türöffner für einige Sekunden ein. Während dieses gesamten Vorgangs ist der Klingeltrafo eingeschaltet, um die für den Betrieb des RFID-Lesers und ggf. des Türöffners notwendige Leistung bereitzustellen. Nach ca. 10 Sekunden schaltet die Firmware den RFID-Leser und den Klingeltrafo wieder ab.

6.4 Klingel und Türöffner

Falls jemand eine Klingel oder den Türöffner betätigt, so führt dies zum Ansprechen des Stromflußdetektors. Dieser löst einen Interrupt aus, woraufhin die Firmware sofort den Klingeltrafo einschaltet und über das Umschaltrelais den Ausgang des Klingeltrafos auf die Klingelanlage legt. Hier steht dann genügend Energie zur Verfügung, um die Klingel bzw. den Türöffner zu betätigen. Nach Ablauf einer kurzen Zeit schaltet die Firmware den Trafo und das Relais wieder ab und geht zurück in den Stand-By-Zustand.

7 Ergebnisse

Der Prototyp wurde unter Verwendung des EFM 32 Gecko Starterkits realisiert. Mit dem aufgebauten Prototyp wurde die Funktionsfähigkeit der Kombination von RFID und CapSense in einer gemeinsamen Sensorfläche und das Energiesparpotential durch die niedrigen Energiebedarf des EFM 32 im Energy Mode EM2 nachgewiesen. Für das notwendige Nachladen des Kondensators wird der Klingeltrafo in regelmäßigen Zeitabständen kurz eingeschaltet. Durch das geringe Tastverhältnis wird der Energiebedarf des Systems drastisch reduziert. Durch das externe RFID-Modul bestimmt, ist die Reaktionszeit von der Annäherung bis zum Auslösen des Türöffners gefühlt recht lange (ca. 1...2s).

8 Energieeinsparung

Aus einer 24h-Messung der Stromaufnahme des Demo-Aufbaus wurde ein Energiebedarf des Zero-Power-Klingeltrafos von ca. 0.3kWh pro Jahr hochgerechnet. Ein herkömmlicher Klingeltrafo hat eine Stand-By Leistung von ca. 2.5W, entsprechend einem Jahresbedarf von 21.9kWh. Mit Haushaltsstromtarif beträgt die Einsparung damit ca. 4.5 EUR pro Jahr.

Auf einen einzelnen Haushalt betrachtet ist dies nicht viel, wenn man aber eine Ortschaft mit 300 Haushalten betrachtet, die alle einen herkömmlichen Klingeltrafo durch einen Zero-Power-Klingeltrafo ersetzen, so entspricht dies einer Einsparung von ca. 6500kWh, dies entspricht einem typischen Jahresbedarf von 1-2 Drei-Personen-Haushalten.

9 Ausblick

In einer neuen, zukünftigen Realisierung kann der neu angekündigte EFM 32 Tiny Gecko mit der LE-SENSE-Einheit verwendet werden, um den Ruhestrombedarf des Controllers noch weiter zu reduzieren. Weiterhin kann die RFID-Auswertung mit in die Firmware des EFM 32 integriert werden. Dies ersetzt das externe RFID-Lesemodul und es ist eine deutlich kürzere Reaktionszeit von Annäherung an den Sensor bis zum Auslösen des Türöffners machbar.