
Mobiles Low-Power-Dokumentenprüfgerät

Dieter Lutzmayr, Sandra Slavinec, Manfred Pauritsch

CAMPUS 02 Fachhochschule der Wirtschaft GmbH, Körblergasse 126, 8010 Graz, AUSTRIA

KURZFASSUNG/ABSTRACT:

Mobile Geräte für den weltweiten Polizei- und Militäreinsatz müssen für den Einsatz auf der Straße ohne Netzversorgung oder Ladegeräte auskommen. Anhand eines mobilen Dokumentenprüfgeräts für Reisepässe, Geldscheine und andere Dokumente wird untersucht, wie ein solches Gerät trotz starker Beleuchtungsfunktionen inkl. UV-Licht sowie der Überprüfbarkeit von e-Pass-Transpondern mittels RFID eine lange Betriebszeit mit nur 2 AAA-Batterien erreichen kann.

1 EINLEITUNG

Fremdenpolizeiliche oder militärische Kontrollaufgaben beinhalten immer die Überprüfung von Ausweisen und sonstigen Dokumenten. Zu diesem Zweck gibt es neben stationären Großgeräten auch tragbare Geräte, die über eine Optik und Beleuchtungsfunktionen verfügen. Alle bisher am Markt verfügbaren Geräte nutzen mindestens drei Batterien oder Spezialbatterien, um vergleichsweise schwache Lichtquellen betreiben zu können. Der Trend geht dabei in Richtung aufladbarer Li-Ion-Zellen. Dies wird allerdings von den Anwendern sehr kritisch gesehen, da einerseits die nichtlineare Entladungskurve oftmals für Überraschungen sorgt (Akku leer) und andererseits beim mobilen Einsatz auf der Straße oder im Gelände nicht immer Ladegerät und Stromquelle verfügbar sind.



Abbildung 1. Polizeiliche Dokumentenprüfung mit dem entwickelten Gerät „Doculus Lumus“

Untersuchungsinteresse ist daher, wie man die Leistungsfähigkeit eines solchen mobilen Dokumentenprüfgeräts steigern kann, dabei aber mit zwei weltweit verfügbaren AAA-

Standardzellen auskommt. Mit den beiden Projektpartnern, einem Dokumentenspezialisten des Bundesministeriums für Inneres sowie dem Unternehmen charismaTec OG für die Serienüberleitung, wurden dafür die gewünschten Beleuchtungsfunktionalitäten festgelegt: Dimmbares starkes Auflicht, rotierendes Streiflicht und starkes ultraviolettes Licht mit einer Wellenlänge von 365 nm. Zusätzlich sollte als Alleinstellungsmerkmal ein RFID-Reader für die Prüfung der Reispass-Transponder integriert werden. Das Ergebnis dieser Prüfung, d.h. ob es sich um einen gültigen Dokumententransponder gemäß den ICAO-Standards (International Civil Aviation Organization) handelt, sollte mittels roter und grüner Signal-LED einfach ablesbar sein.

Relevant sind hierbei zwei Bereiche des Stromsparens: Einerseits der Verbrauch in Betrieb, zweitens aber auch der Verbrauch im Ruhezustand. Den Verbrauch in diesem Zustand der Nichtverwendung könnte man mittels zentralem Ein-/Ausschalter sehr schnell auf Null reduzieren, dies ist aber für mobile Einsatzkräfte unakzeptabel, da das Gerät sehr schnell einsatzfähig sein soll, die kontrollierten Personen müssen während des Prüfvorgangs weiterhin im Auge behalten werden. Fehlbedienungen sollen möglichst ausgeschlossen werden, zudem ist ein mechanischer Schalter immer eine Versagensquelle oder bei ausreichender Robustheit sehr groß und teuer.

2 EVALUIERUNG DER LICHTERZEUGUNG

In einem ersten Schritt wird untersucht, welche Lichtquellen eingesetzt werden können. Im Bereich des sichtbaren Weißlichts fällt die Wahl sofort auf Leuchtdioden. Entscheidend sind dabei jedenfalls die Farbtemperatur sowie die Lichtverteilung, um eine möglichst neutrale und gleichmäßige Ausleuchtung zu erzielen [1]. Für diesen Zweck wird ein Testsystem aufgebaut, mit dem mit den verschiedenen LED-Typen einsatzgerecht experimentiert werden kann. Dieser Testaufbau zeigt, dass für eine homogene Ausleuchtung anstatt nur einer mehrere Auflicht-LEDs eingesetzt werden sollten, die wiederum auf gleiche Helligkeit angesteuert werden müssen. Erschwerend kommt noch der vergleichsweise hohe Spannungsabfall der LEDs hinzu, die mit typischen 3,4 V bereits über den 3 V der beiden in Serie geschalteten Primärzellen mit je 1,5 V liegt. Für die Erzeugung des UV-Lichts wird im dokumentenforensischen Bereich noch sehr stark auf UV-Röhren gesetzt, technisch verfügbar sind aber auch lichtstarke Leuchtdioden, die Licht der gewünschten Wellenlänge ausreichend schmalbandig abgeben. Auch hier zeigen Untersuchungen, dass eine homogene lichtstarke UV-Ausleuchtung nur mit mehreren Dioden möglich ist. UV-LEDs haben zudem eine noch höhere Durchlassspannung von 4,2 V.

3 ERZEUGUNG DER SPANNUNG FÜR DIE LICHTFUNKTIONEN

Für einen Betrieb der ausgewählten LEDs muss eine Spannungsquelle mit mindestens 4,5 V zur Verfügung stehen. Die bisher am Markt erhältlichen Geräte nutzen aus diesem Grund entweder drei Primärzellen, oder gleich einen Stack aus mehreren Knopfzellen, der mit einer Außenhülle getarnt als Hochvolt-Spezialbatterie (Typ A23 oder ähnlich) vertrieben wird. Soll aber nur mit zwei Primärzellen oder gar zwei Akkumulator-Zellen mit je 1,2 V Spannung gearbeitet werden, bedingt das zwangsläufig einen Spannungswandler. Ausgewählt wird ein Buck-Boost-Konverter, der den notwendigen Maximalstrom liefern kann. Eine erste Messung zeigt, dass dieser eine relativ hohe Ruhestromaufnahme hat und sich der Strom auf der Eingangsseite entsprechend der Anhebung von 3 auf 5 V und den zusätzlichen Verlusten gegenüber der Ausgangsseite ziemlich genau verdoppelt. Der Teil muss daher durch den Mikrocontroller des Geräts im Ruhezustand vollständig abschaltbar sein.

Weiteres Optimierungspotenzial kann durch Ermittlung des optimalen Verhältnisses von Lichtstärke zu Stromverbrauch gehoben werden: Die Leuchtstärke einer Leuchtdiode steigt nicht proportional zum Verbrauch, sondern nimmt mit steigender Stromstärke nur mehr langsam zu. Eine Erhöhung der Lichtausbeute durch mehrere Leuchtdioden ist daher vorzuziehen und verbessert auch die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung.[2]

4 ANSTEUERUNG DER LICHTFUNKTIONEN

Der bei LEDs typischerweise angewandte Ansatz der Strombegrenzung mit einem einfachen Vorwiderstand ist aufgrund des zusätzlichen Verbrauchs sowie der Serienstreuung und der Temperaturabhängigkeit der Leuchtdioden abzulehnen. Es müssen daher Konstantstromquellen auf ihre Eignung untersucht werden. Gegen einen diskreten Aufbau spricht der verfügbare Platz auf der Platine und zudem die Ansteuerbarkeit. Bei der Suche nach Analogien stößt man auf das LED-Backlight von LCD-Flachbildfernsehern, wo die Homogenität der Leuchtdichte über den ganzen Schirm ein wesentliches Qualitätskriterium ist. Da ein entsprechender Treiberchip von einem der Autoren bereits für den Einsatz in Consumerprodukten entwickelt und patentiert wurde, kann dieser auch hier eingesetzt werden [3]. Damit steht nahezu die volle Leistung für UV- und Durchlicht ohne Verbrauch in Widerständen zur Verfügung. Die Leuchtdioden werden mit den typischen Strömen gemäß den Datenblättern betrieben, was als Nebeneffekt ein einfaches Ablesen der Lichtstärken ermöglicht. Für die Einstellung der Helligkeit des Auflichts kann die mittlere Leistung mittels PWM gedrosselt werden, ohne die Homogenität zu beeinträchtigen. In Summe ergibt sich für 4 Leuchtdioden und den Treiberchip bei voller Helligkeit ein Strom von ca. 100 mA auf der Ausgangsseite des Konverters, somit 200 mA auf der Eingangsseite, gemessen bei 3 V. Wenn die Spannung der Quelle durch fortschreitende Entladung sinkt, steigt der Strom entsprechend an.

5 RFID-FUNKTIONEN

Reisepässe enthalten auf ihrem ePass-Transponder die Personendaten in verschlüsselter Form, die Kommunikation bzw. Datenübertragung zwischen Lesegerät und Chip erfolgt gemäß ISO 14443. Der Schlüssel zu den digital gespeicherten Daten sind die Angaben auf der Lichtbildseite bzw. in der MRZ (Machine Readable Zone). Da Modifikationen der Daten aufgrund der Verschlüsselung technisch sehr aufwendig sind, zerstören Fälscher meist nur den Chip – der schnelle Vergleich des gedruckten mit dem digital gespeicherten Lichtbild ist dann nicht mehr möglich. Somit reicht für eine schnelle Überprüfung ein Test auf die korrekte Funktion des Transponders aus. Dazu wird bei Typ-A-Transpondern zunächst eine Antikollisionsprüfung bis zum SAK (Select Acknowledge) durchgeführt, durch den dann der genaue Typ zurückgegeben wird [4]. Typ-B-Transponder werden fast ausschließlich für sicherheitsrelevante Anwendungen eingesetzt, hier ist eine weitergehende Identifikation des Typs nicht notwendig. Danach wird noch auf das Vorhandensein der entsprechenden ICAO-Datensätze geprüft.

Hilfreich in Bezug auf die Stromaufnahme ist dabei, dass das HF-Feld (13,56 MHz) nur für eine sehr kurze Zeit aufrechterhalten werden muss, typischerweise im Bereich von 5 bis 10 Sekunden. Ein komplettes Auslesen inkl. Lichtbilddaten würde hingegen bis zu einer Minute dauern. Während der RFID-Prüfung steigt der Strom kurzzeitig auf durchschnittlich 70 mA, um für die Anzeige mittels Signal-LEDs auf 30 mA herunterzugehen.

Auch hier bleibt die Frage nach dem Ruhezustand. Ein komplettes Abschalten wie beim Spannungsregler wäre prinzipiell denkbar, allerdings ist zur Erzeugung des RFID-Magnetfelds ein vergleichsweise hoher Strom notwendig, auch wenn hier eine Spannung von minimal 2,5 V (Datenblatt-Wert) für den Betrieb ausreicht. Der notwendige Schalttransistor wäre sehr groß und würde zudem Verluste generieren. Deshalb wird ein RFID-Readerchip ausgewählt, der über eine interne Logik zum Abschalten verfügt und deshalb vom steuernden Mikrocontroller aktiviert und deaktiviert werden kann.

6 HOUSEKEEPING

Entscheidend für Energieeffizienz ist das Housekeeping, also das intelligente Ansteuern aller Funktionen. Da sowohl der LED-Treiber als auch der RFID-Chip über ein SPI-Interface verfügen, kann dies nur mittels eines Mikrocontrollers erreicht werden, der neben dem effizienten Ansteuern und dem automatischen Abschalten der externen Komponenten auch noch die Bat-

teriespannung misst und bei niedrigem Batteriestand warnen kann. Der Einsatz eines solchen Controllers ermöglicht zahlreiche Zusatzfunktionen wie rotierendes Streiflicht, die Mehrfachbelegung von Tasten und die Signalisierung von Betriebszuständen und der RFID-Erkennung mit entsprechenden Blinksignalen.

Am Markt sind zahlreiche Controller-Familien verfügbar, mit denen die gewünschten Funktionen umgesetzt werden können, Tests haben gezeigt, dass hier neben der PIC-Familie von Microchip die MSP430-Serie von Texas Instruments den geringsten Stromverbrauch in Betrieb hat. Dabei sind aber entweder die Beleuchtungs-LEDs oder der RFID-Chip aktiv, somit spielt hier der Hauptprozessor eine untergeordnete Rolle. Anders hingegen im Standby-Modus, der durch das Weglassen eines Ein-/Ausschalters notwendig ist und in dem die externen Komponenten abgeschaltet sind. Wichtig ist, dass hier die Stromaufnahme minimal ist, darum kann auf einen Controller der STM32-Familie mit ARM-Core zurückgegriffen werden. Ein Vorteil dieser Familie ist die Skalierbarkeit in Bezug auf Speichergröße und Performance (ohne den Code modifizieren zu müssen), zudem eine sehr gute Dokumentation und eine weite Verbreitung. Eine Messung an mehreren Exemplaren ergibt einen mittleren Ruhestrom von 2 μA bei Raumtemperatur, was weit unter der Selbstentladung einer Primärzelle mit ca. 10 μA liegt. In Betrieb zieht der Controller alleine mit der konkreten Außenbeschaltung ca. 8,5 mA, was von den Leuchtdioden mit ca. 200 mA weit übertroffen wird.

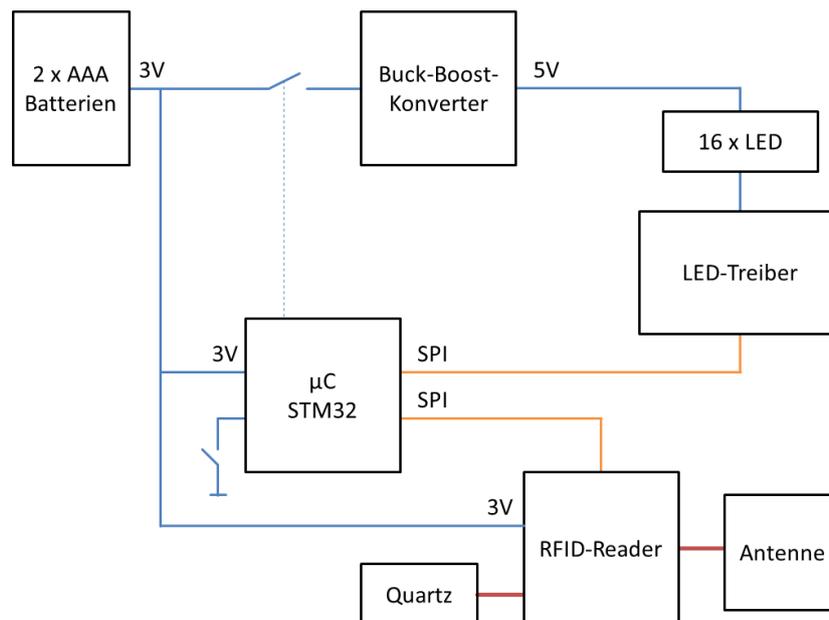


Abbildung 2. Blockschaltbild des Systems

7 UMSETZUNG

Bei der Umsetzung müssen zusätzliche Probleme gelöst werden, die bei einem reinen „Proof of Concept“ nicht zum Tragen kommen. Beispielsweise ist eine Anforderung bei der CE-Zertifizierung, dass ein ESD-Impuls nicht zu einem Totalabsturz des Geräts führen darf. Als Gegenmaßnahme kann ein Watchdog aktiviert werden, der den Mikrocontroller nach einer definierten Zeit zurücksetzt. Dies passiert allerdings auch im Standby, da hier die notwendigen Software-Befehle zum Zurücksetzen des Watchdog-Zählers nicht durchgeführt werden können. Auf herkömmlichem Weg kann man den Watchdog aber nicht deaktivieren, sonst könnte dies ja auch durch einen ESD-Puls passieren. Die Lösung dieser und ähnlicher Probleme führt zu einem deutlich erhöhten Entwicklungsaufwand, zumal ja auch die EMV-Themen behandelt wer-

den müssen, insbesondere bei einem RFID-Lesegerät, das der R&TTE-Richtlinie (Radio and Telecommunications Terminal Equipment Directive) unterliegt.[5]

8 ERGEBNISSE UND AUSBLICK

Zum Nachweis, dass die Überlegungen bzgl. Energieeffizienz zielführend sind, muss die Umsetzung in einen Prototyp erfolgen, der die Funktionalitäten mit einer Qualitätsoptik und einem ansprechenden Gehäuse verbindet. Dies ist bereits erfolgt, wobei das Gehäuse zunächst für den 3D-Druck im FDM-Verfahren entwickelt wurde.

Mehrere Geräte sind bereits im Dauertest im harten Außendiensteneinsatz, wobei die Geräte mit einem Batteriesatz eine typische Laufzeit von mindestens 3 Monaten erreichen. Die Rückmeldungen sind äußerst vielversprechend, so konnten zahlreiche sehr gut gefälschte Dokumente und Visa identifiziert werden. Deshalb wurde bereits die Serienüberleitung des Geräts mit dem Markennamen „Doculus Lumus“ gestartet. Als erster Meilenstein kann die erfolgreiche CE-Zertifizierung sowie die Zulassung für die USA, Kanada und Australien gewertet werden.



Abbildung 3. Der Prototyp im Einsatz

LITERATURVERWEISE

- [1] Frank, Friedrich; Petz, Johannes (2013): Dokumententraining Specialist Level, Teil 2 (Licht- und Körperfarben). Republik Österreich, Bundesministerium für Inneres.
- [2] Leute, Ulrich (2011): Optik für Medientechniker. Hanser Verlag
- [3] Pauritsch, Manfred (2010): Circuit configuration and method for controlling particularly segmented LED background illumination. US-Patent 2010/0315442 A1
- [4] NXP (2014): AN10833 - MIFARE Type Identification Procedure. Application Note [http://www.nxp.com/documents/application_note/AN10833.pdf]
- [5] Europäische Kommission (2015): Referenzdokumente R&TTE [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/rtte/documents/index_de.htm]