

Sortiermaschine mit dem MSP430.

Gruppe **Gruppenmitglieder (Namen)**
(Bez. aus RELAX)

ESR_PP_Gruppe_2 Raach, Qunaku, Wehrberger

Inhalt

| | |
|---|----|
| Teil A (Analysephase): Projektbeschreibung..... | 4 |
| Beschreibung des Kontextes der Entwicklung / Motivation | 4 |
| Kontextszenarien..... | 4 |
| Festgestellte Mängel (Pain Points)..... | 4 |
| Festlegung der Zweckbestimmung des zu entwickelnden Systems..... | 5 |
| Festlegung des bestimmungsgemäßen Gebrauchs (Produktvision / Nutzungsszenarien)..... | 5 |
| NS01: Sortierung von Pillen..... | 5 |
| NS02: Auslesen des aktuellen Füllzustands der Sortiermaschinen-Behälter | 5 |
| Stakeholder..... | 6 |
| Festlegung der Nutzungsanforderungen (funktionale Anforderungen)..... | 6 |
| Nutzungsanforderungen zu NS01: Sortierung von Pillen | 6 |
| Nutzungsanforderungen zu NS02: Auslesen des aktuellen Füllzustands der Sortiermaschinen-Behälter | 8 |
| Festlegung der Systemanforderungen..... | 8 |
| Funktionale Anforderungen | 8 |
| Nicht funktionale Anforderungen | 11 |
| Zugesicherte Leistungsmerkmale | 12 |
| Teil B: Designphase..... | 13 |
| Blackbox Betrachtung: Blockdiagramm..... | 13 |

| | |
|---|----|
| Systemarchitektur | 13 |
| Systemdesign: UML Einsatzdiagramm..... | 13 |
| Hardware-Design | 14 |
| Erforderliche Sensoren (Input) | 14 |
| Erforderliche Aktoren (Output)..... | 14 |
| Erforderliche Schnittstellen (Kommunikation) | 14 |
| Festlegung der verwendeten Peripheral Blocks..... | 15 |
| Pinbelegung | 16 |
| Blockschaltbild / Verdrahtungsplan..... | 18 |
| Aufwandsschätzung | 18 |
| Teil C – Implementierung / Umsetzung..... | 19 |
| Software-Design | 19 |
| Softwarearchitektur: Use Case Diagramm(e)..... | 19 |
| Softwarearchitektur: Strukturdiagramm..... | 19 |
| Aktivitätsdiagramm(e) /state Diagramme | 20 |
| Softwareanforderungen | 20 |
| Softwareentwicklungsplan..... | 21 |
| Konfigurationsmanagementplan | 21 |
| Projektstrukturplan | 22 |
| Diagramm | 22 |
| Arbeitspaketbeschreibung..... | 22 |
| Projektablaufplan (Gantt) | 22 |
| Teil D - Produktvalidierung..... | 23 |
| Abbildung des aufgebauten Gesamtsystems..... | 23 |
| Nachweis der Umsetzung der Nutzungsszenarien | 23 |
| NS01: Kalibrierung der Kuckucksuhr | 23 |
| NS02: Ausrichtung der Kuckucksuhr..... | 23 |
| NS03: Wechsel zwischen unterschiedlichen Messmodi | 23 |
| Nachweis der Umsetzung der Nichtfunktionalen Anforderungen..... | 23 |
| NFA-01 | 23 |
| NFA-02 | 23 |
| NFA-03 | 23 |
| NFA-04 | 23 |
| NFA-100 | 23 |
| NFA-101 | 23 |
| NFA-102 | 23 |

| | |
|--|----|
| NFA-103 | 23 |
| NFA-104 | 23 |
| NFA-105 | 23 |
| Nachweis der Erfüllung der Zugesicherten Leistungsmerkmale | 24 |
| ZGL-01..... | 24 |
| ZGL-02..... | 24 |
| ZGL-03..... | 24 |
| ZGL-04..... | 24 |
| Links | 25 |
| Link zum Code Repository | 25 |
| Literatur..... | 25 |
| Bezugsquellen | 25 |
| Hardware / Sensoren / Aktoren | 25 |
| Software Tools | 26 |
| Review des Projektes | 26 |
| Aufgetretene Probleme | 26 |
| Verbesserungsvorschläge für kommende Projekte | 26 |
| Entwicklungsprotokolle | 26 |
| Version 01..... | 26 |
| Iteration 1: | 27 |
| Vorbereitung Hardware: | 27 |
| Software | 28 |

Aufbau eines Medikamentensortierers

Teil A (Analysephase): Projektbeschreibung

„Kein Projekt ohne Angabe eines Ziels!“

Beschreibung des Kontextes der Entwicklung / Motivation

Kontextszenarien

KS01: Sortierung von Medikamenten (Pillen) für Menschen mit Farbblindheit.

Medikamente werden heutzutage immer noch anhand ihrer Farbe unterschieden, insbesondere bei Pillen und Tabletten. Dies erleichtert Patienten sowie Pflegepersonal die schnelle Identifikation und Unterscheidung verschiedener Präparate. Farben dienen oft als visuelle Orientierungshilfe, um Verwechslungen zu vermeiden und die korrekte Einnahme sicherzustellen.

KS02: Sortierung und Zählung von Medikamenten (Pillen) in Apotheken und Pflege

In Pflegeeinrichtungen und Apotheken spielt die manuelle Sortierung und Zählung von Medikamenten eine zentrale Rolle im täglichen Ablauf. Medikamentenbestände müssen regelmäßig überprüft, korrekt zugeordnet und für Patienten oder Kunden bereitgestellt werden. Dabei wird großer Wert auf eine strukturierte Organisation gelegt, um sicherzustellen, dass die richtigen Medikamente zur richtigen Zeit verfügbar sind.

KS02: Verwaltung von Medikamenten

Senioren nehmen oft täglich mehrere Medikamente ein und müssen dabei auf eine strikte Medikamentenverwaltung achten, um eine kontinuierliche Versorgung sicherzustellen. Oft sind Angehörige, Pflegekräfte oder Apotheken unterstützend tätig, um den Überblick über Vorräte und Einnahmezeiten zu erleichtern.

Festgestellte Mängel (Pain Points)

PP01: *Zu bemängeln ist, dass* Medikamente oft über ihre Farbe unterschieden werden, was für Menschen mit Farbblindheit ein Risiko von Einnahmefehlern sein kann und oft die Selbstständigkeit einschränkt.

PP02: *Zu bemängeln ist, dass* Senioren sich oft schwertun, selbst einen Überblick über die Anzahl ihrer übrigen Medikamente zu bewahren.

PP03: *Zu bemängeln ist, dass* das manuelle Sortieren von Medikamenten in Apotheken und Pflegeeinrichtungen sehr Zeit aufwändig ist.

Festlegung der Zweckbestimmung des zu entwickelnden Systems

ZB01: *Die Entwicklung soll dazu dienen*, Medikamente/Pillen automatisch anhand der Farbe zu sortieren. (PP01)

ZB02: *Die Entwicklung soll dazu dienen*, die Anzahl an unterschiedlichen Pillen zu zählen und wiederzugeben. (PP02)

ZB03: *Die Entwicklung soll dazu dienen*, Apotheken- und Pflegepersonal das Sortieren und Zählen von Pillen zu vereinfachen. (PP03)

Festlegung des bestimmungsgemäßen Gebrauchs (Produktvision / Nutzungsszenarien)

NS01: Sortierung von Pillen

Umgesetzte Zweckbestimmungen

ZB01, ZB02, ZB03

Vorbedingungen

1. Das Sortiersystem liegt auf einer stabilen Ebene
2. Die Pillen unterscheiden sich in den Farben Rot, Grün und Blau

Nutzungsvorgang

1. Der Anwender bzw. das Bedienpersonal startet das Sortiersystem und wirft in langsamen Abständen die Pillen einzeln in den Eingang des Sortiersystems.
2. Das Sortiersystem sortiert die Pille innerhalb des Systems und erhöht die auf dem Display angezeigte Menge je Farbe.
3. Der Anwender bzw. das Bedienpersonal führt diesen Vorgang durch, bis alle Pillen sortiert sind

Nachbedingungen

- Die Pillen können aus dem System entnommen werden

NS02: Erfassung der Gesamtanzahl der bislang sortierten Pillen, inklusive farblicher Aufschlüsselung der Stückzahlen.

Umgesetzte Zweckbestimmungen

ZB02

Vorbedingungen

- System ist deaktiviert, und nicht am Sortieren.

Nutzungsvorgang

1. Das Bedienpersonal aktiviert das Füllzustands-Display.
2. Das Display zeigt wie viele Pillen bisher sortiert wurden. Zusätzlich zeigt es jeweils die Anzahl pro Farbe an.
3. Der Anwendende liest den aktuellen Füllzustand der Sortiermaschinen-Behälter aus.

Nachbedingungen

- Display geht in den vorherigen Zustand also, deaktiviert oder in die Anzeige des Displays des Bereitschaftsmodus.

Stakeholder

| Stakeholder | Benutzerrolle |
|--|--|
| Patienten mit Farbsehstörungen | Person, welche selbständig ihre Medikamente identifizieren und unterscheiden will. |
| Senioren mit regelmäßiger Medikamenteneinnahme | Person, die ihren Medikamentenbestand leicht kontrollieren will. |
| Pflegepersonal in Einrichtungen | Person, die schnell Medikamente Sortieren und eine Übersicht über Vorräte will |
| Bedienpersonal | Patienten, Senioren und Pflegepersonal |

Festlegung der Nutzungsanforderungen (funktionale Anforderungen)

Nutzungsanforderungen zu NS01: Sortierung von Pillen

| # | Nutzungsanforderung | Definition of Done |
|-------|--|--|
| NA001 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine möchte ich die Sortierung einer Pille starten können, damit ich nicht aus Versehen eine Pille sortieren lasse oder etwas Falsches darin sortiere. | Es ist eine Eingabefunktion vorhanden, die den Sortierprozess der Sortiermaschine initialisiert. |
| NA002 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine möchte ich die Möglichkeit haben farbige Pillen (rot, grün oder blau) einzeln hinzuzufügen, damit sie sortiert werden können. | Es ist eine Form von Oberfläche vorhanden, worauf die zu sortierende farbige Pille (rot, blau oder grün) liegen kann, sodass sie sortiert werden kann. |

| | | |
|--------|--|--|
| NA003 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine möchte ich sehen können, welche Zuordnung passiert ist, um sicherzustellen, dass die Zuordnung korrekt ist. | Es ist eine visuelle Anzeige vorhanden, die dem Bedienpersonal aufzeigt, welche Zuordnung für die Pille erfolgt ist. |
| NA004 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine möchte ich eine eindeutige Stelle erkennen können, an der die Pille zum Sortierprozess eingegeben werden kann, um sie an die richtige Stelle zu legen. | Es besteht eine Eingabefläche für die Pillen an der Sortiermaschine. |
| NA005 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine möchte ich erkennen können, ob die Sortierung gestartet wurde, um zu wissen, wie der Zustand der Sortiermaschine ist. | Es gibt ein visuelles Feedback an das Bedienpersonal bei Beginn des Sortierprozesses. |
| NA006 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine möchte ich die Möglichkeit haben zu sehen, ob ich eine Pille sortieren lassen kann, um zu wissen, wann ich die nächste Pille nachlegen kann. | Es ist eine visuelle Anzeige vorhanden, die dem Bedienpersonal aufzeigt, dass die Sortiermaschine sortierbereit ist. |
| NA007 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine möchte ich die Möglichkeit zu sehen, ob der Prozess der Sortierung beendet ist, um den Sortierungszustand zu kennen. | Es ist eine visuelle Anzeige vorhanden, die dem Bedienpersonal aufzeigt, dass der Sortierprozess beendet wurde. |
| NA008 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine möchte ich, dass für jede Pillenfarbe (rot, grün, blau) ein separater, zugeordneter Behälter vorhanden ist, damit die Pillen nach der Sortierung eindeutig und sauber getrennt gesammelt werden können. | Es sind Behälter am System vorhanden, die das System erreichen kann, um Pillen zu sammeln. |
| NA009 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine möchte ich, dass die erkannte Pille dem farblich passenden Behälter zugeführt wird, damit sie sortiert bleibt. | Es ist ein Mechanismus vorhanden, der, die auf der Oberfläche liegende, Pille in den korrekten Behälter zuführt. |
| NA0010 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine möchte ich, dass das System die Farbe (rot, grün | Es ist ein Mechanismus mit einer Sensorik vorhanden, der rote, blaue |

oder blau) jeder eingeführten Pille erkennt und zuweist, damit die Pillen unterschieden und sortiert werden können.

und grüne Pillen voneinander unterscheiden und zuweisen kann.

- | | | |
|--------|---|---|
| NA0011 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine, möchte ich die Sortiermaschine aktivieren können, damit sie nur bei Bedarf läuft. | Es ist eine Eingabefunktion vorhanden, die die Sortiermaschine aktiviert. |
|--------|---|---|

Nutzungsanforderungen zu NS02: Erfassung der Gesamtanzahl der bislang sortierten Pillen, inklusive farblicher Aufschlüsselung der Stückzahlen.

- | | | |
|-------|---|--|
| NA011 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine, möchte ich sehen können wie viele Pillen bereits sortiert worden (inklusive der Anzahl pro Farbe) sind, um zu wissen, wie die Verteilung der Pillen ist und wie viele Pillen bisher sortiert worden sind. | Es ist eine visuelle Anzeige vorhanden, die dem Anwender die Gesamtanzahl der bislang sortierten Pillen, inklusive farblicher Aufschlüsselung der Stückzahlen anzeigt. |
| NA012 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine möchte ich die Möglichkeit haben die Zähler, der sortierten Pillen, anzuzeigen, um den Zustand bei Bedarf zu sehen. | Es gibt ein Eingabegerät, dass dem Anwender ermöglicht eine Anzeige des Füllstands zu aktivieren. |
| NA013 | Als Bedienpersonal der Sortiermaschine möchte ich die Möglichkeit haben, den Counter der bisher sortierten Pillen zurückzusetzen. | Es gibt ein Eingabegerät, dass dem Anwender ermöglicht den Counter der Pillen zurückzusetzen. |

Festlegung der Systemanforderungen

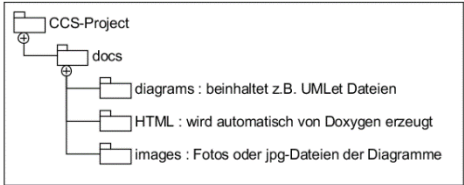
Funktionale Anforderungen

| # | Systemanforderung funktional (SAF) | Bestimmungs- größe | Testverfahren |
|---|---------------------------------------|-----------------------|---------------|
|---|---------------------------------------|-----------------------|---------------|

| | | | |
|-------------------|---|---------------------------------|--|
| SAF-01 / NA001 | Das System muss ein mechanisches Bedienelement besitzen, um einen Sortierprozess initialisieren zu können. | Betätigung des Bedienelements | Der Sortierprozess lässt sich über eine Taste starten. Pass: Der Sortierprozess wird geeignet gestartet. |
| SAF-02 / NA002 | Das System muss eine Oberfläche besitzen, auf der eine farbige Pille liegen kann, damit sie sortiert werden kann. | Vorhandensein der Oberfläche | Auf die Oberfläche wird eine farbige Pille gelegt und ein Sortierprozess wird initialisiert und durchgeführt. Pass: Sortierprozess der Pille läuft vollständig und ohne Beeinträchtigung, durch die Oberfläche ab und Pille liegt vor der Beförderung zum Behälter auf der Oberfläche. |
| SAF-03 / NA003 | Das System muss eine visuelle Ausgabe/ Display besitzen, um die Zuordnung einer erkannten Pille darzustellen. | Erkannte Farbe | Der Sortierprozess des Systems wird einzeln mit einer roten, blauen und grünen Pille ausgeführt. Pass: Bei jeder Pille wird die jeweils richtige Farbe zu einem geeigneten Zeitpunkt dargestellt. |
| SAF-04/ NA004 | Das System muss eine Eingabefläche für eine farbige Pille besitzen, damit die Sortierung überhaupt stattfinden kann. | Vorhandensein der Eingabefläche | Es wird eine Pille auf die Oberfläche gelegt. Pass: Nach der Auflage der Pille auf die Oberfläche ist ein Sortierprozess startbar. |
| SAF-05 / NA005 | Das System muss eine visuelle Anzeige besitzen, um darstellen zu können, dass der Sortierungsprozess begonnen hat. | Systemstatus | Es wird ein Sortierprozess nach Auflage einer Pille initialisiert. Pass: Das Display zeigt zu einem geeigneten Zeitpunkt den Beginn der Sortierung an. |
| SAF-06 / NA006 | Das System muss eine visuelle Anzeige besitzen, um darstellen zu können, dass der Sortierungsprozess bereit ist. | Systemstatus | . Die Sortiermaschine wird in den Bereitschaftsmodus gesetzt. Pass: a) Nach Aktivierung der Sortiermaschine per Tastendruck zeigt Display geeignet an, dass sie bereit ist. b) Nach erfolgreich beendetem Sortierungsprozess der Sortiermaschine zeigt Display geeignet an, dass sie bereit ist. |
| SAF-07 / NA007 | Das System muss eine visuelle Anzeige besitzen, um darzustellen zu können, ob der Prozess der Sortierung beendet ist. | Systemstatus | Es wird ein Sortierprozess nach Auflage einer Pille initialisiert. Pass: Das Display zeigt zu einem geeigneten Zeitpunkt das Ende der Sortierung an. |
| SAF-08/ NA008 | Das System muss für jede mögliche Zuordnungsfarbe einen für das System erreichbaren Behälter besitzen, in denen Pillen aufbewahrt werden können, damit nach der Sortierung die Pillen getrennt gesammelt werden können. | Farben | . Der Sortierprozess des Systems wird einzeln mit einer roten, blauen und grünen Pille ausgeführt. Pass: Für jede Pille gibt es einen eigenen Behälter und nach jedem Sortierungsprozess ist Pille in entsprechendem Behälter. |

| | | | |
|--------------------|---|-------------------------------|---|
| SAF-09/ NA009 | Das System muss einen Mechanismus besitzen, der eine erkannte Pille automatisch in den zugeordneten Behälter befördert, um die Sortierung zu persistieren. | Farbzuordnung | Der Sortierprozess des Systems wird einzeln mit einer roten, blauen und grünen Pille ausgeführt. Pass: Jede Pille landet in ihrem geeigneten Behälter, sobald die Erkennung und Zuweisung der Pille erfolgt ist. |
| SAF-010/ NA0010 | Das System muss einen Mechanismus besitzen, die Farben ... a) Rot, b) Blau oder c) Grün einer Pille zu unterscheiden und sie entsprechend zuzuweisen, um die Sortierungsfähigkeit zu gewährleisten. | Farbdaten des Sensors | Der Sortierprozess des Systems wird einzeln mit einer roten, blauen und grünen Pille ausgeführt. Pass: Für jede Pille wird die geeignete Farbe erkannt und zugewiesen und Display zeigt geeignete Farbe an und Pille landet in richtigem Behälter. |
| SAF-011/ NA0011 | Das System muss ein mechanisches Bedienelement besitzen, um die Sortiermaschine zu aktivieren. | Betätigung des Bedienelements | Der Sortiermaschine lässt sich über eine Taste starten. Pass: Die Sortiermaschine startet und geht in einen geeigneten Bereitschaftsmodus. |
| SAF-012/ NA0011 | Das System muss ein Display besitzen, dass die aktuellen Zähler der Sortiermaschine darstellt, um dem Bedienpersonal die Anzahl der bisher sortierten Pillen anzuzeigen. | Anzahl der Pillen | Das Display der Sortiermaschine wird per Tastendruck aktiviert. Pass: Das Display zeigt die korrekten Zähler der sortierten Pillen der Sortiermaschine an. |
| SAF-013/ NA0012 | Das System muss ein mechanisches Bedienelement besitzen, um das Füllstand-Display aktivieren zu können. | Betätigung des Bedienelements | Das Display lässt sich über eine Taste starten. Pass: Das Display geht an und zeigt Informationen an. |
| SAF-014/ NA0011 | Das System muss in der Lage sein, die bisher sortierten Pillen zu zählen, um die Anzahl der bisher sortierten Pillen zu erfassen (Gesamtzahl und Anzahl pro Farbe). | Pille | Der Sortierprozess des Systems wird einzeln mit einer roten, blauen und grünen Pille ausgeführt. Pass: Für jede Pillenfarbe wurde eine Pille gezählt und angezeigt. Und nach jedem Sortierungsprozess ist die Gesamtzahl der Pillen, um eins inkrementiert. |
| SAF-015/ NA0011 | Das System muss ein mechanisches Bedienelement besitzen, um die Zähler der bisher sortierten Pillen zurückzusetzen, um die Anzahl von Neuem erfassen zu können. | Betätigung des Bedienelements | Der Sortierprozess des Systems wird einzeln mit einer roten, blauen und grünen Pille ausgeführt. Pass: Nach dem Betätigen des mechanischen Bedienelements zeigen die Zähler bei der Gesamtzahl und Zahl pro Farbe jeweils null an, nachdem die Anzeige dafür aktiviert wurde. |

Nicht funktionale Anforderungen

| # | Systemanforderung nicht funktional (NFA) | Testverfahren (Definition of Done) |
|---------|--|--|
| NFA-01 | Das System muss mit dem Launchpad MSP430FR2355 umgesetzt werden | Sichtkontrolle: Prüfung der Produktbezeichnung auf der Systemplatine |
| NFA-02 | Das System muss mit dem CCS, Version 12.0 oder höher erstellt werden | Kontrolle der Version des Entwicklungssystems auf dem Entwicklungsrechner: a) Version muss der Anforderung entsprechen b) Programm muss sich fehlerfrei übersetzen und auf das Zielsystem übertragen lassen |
| NFA-03 | Das System muss ein Hauptprogramm besitzen, welches ein state machine design implementiert (Mealy Automat): Beispiel wird in der Vorlesung gezeigt. | Code review |
| NFA-04 | Das System darf, von kleinen Ausnahmen abgesehen, kein busy waiting betreiben, d.h. es müssen die Low Power Modes des Prozessors genutzt werden. Diese Anforderung hat oberste Priorität! | Review der main loop des Programmes |
| NFA-100 | Das System muss mit Hilfe von Doxygen dokumentiert werden | Aufruf des zum Projekt gehörenden Doxygen Scripts zur Erzeugung der vollständigen Dokumentation im HTML Format --> Es muss ein vollständig über Doxygen generiertes manual erzeugt werden. |
| NFA-101 | Die Software und die Dokumentation müssen unter Versionskontrolle stehen. Hierfür ist GIT einzusetzen. | Kontrolle der Struktur des zugehörigen Repository über den TortoiseGIT Repository Explorer oder über ein vergleichbares Tool zur Inspektion des Repository |
| NFA-102 | Alle Dokumente zur Dokumentation der Software sollen zusammen mit dem Source Code im Stammverzeichnis des CCS Projekts im Ordner Docs abgelegt werden. Es wird eine Projektvorlage zur Verfügung gestellt, die diese Struktur bereits besitzt. | Kontrolle der Struktur des Docs-Verzeichnisses im Projektverzeichnis:  |
| NFA-103 | Das System muss in einer 3 Minuten Demo vollständig präsentierbar sein | Es wird ein Video erstellt, welches den Inhalt der Präsentation wiedergibt und das nachweislich nicht länger als 3 Minuten dauert. |
| NFA-104 | Das System muss über eine 3V Batterie im stand-alone Modus betrieben werden können (, getrennt von den Servomotoren). | System wird mit 3V Lithium Knopfzelle verbunden. ICD-Bereich wird über Jumper als Verbraucher vom MC-Bereich des Launchpads getrennt, damit der Verbrauch des Systems möglichst gering ist. System muss sich starten lassen. |
| NFA-105 | Die Sortiermaschine muss nach der Aktivierung oder einer Sortierung nach 30 Sekunden automatisch beendet werden, so dass die Messsensorik und das Display möglichst wenig Strom verbrauchen. | Die Versorgungsspannung an der Sensorik und am Display muss nach Ablauf der Messdauer abgeschaltet sein. |
| NFA-106 | Der Sortierprozess muss nach spätestens fünf Sekunden terminiert sein, so dass das Bedienpersonal möglichst schnell Pillen sortieren lassen kann. | Sortierungsprozess der Sortiermaschine muss nach Ablauf der Messdauer fertiggestellt sein und Sortiermaschine muss im Bereitschaftsmodus sein. |
| NFA-106 | Das Display der Sortiermaschine muss nach der Aktivierung (per Aktivierung der Sortiermaschine oder per Aktivierung des Displays) oder einer Sortierung nach 30 Sekunden automatisch beendet werden, so dass das Display möglichst wenig Strom verbraucht. | Die Versorgungsspannung am Display muss nach Ablauf der Messdauer abgeschaltet sein. |

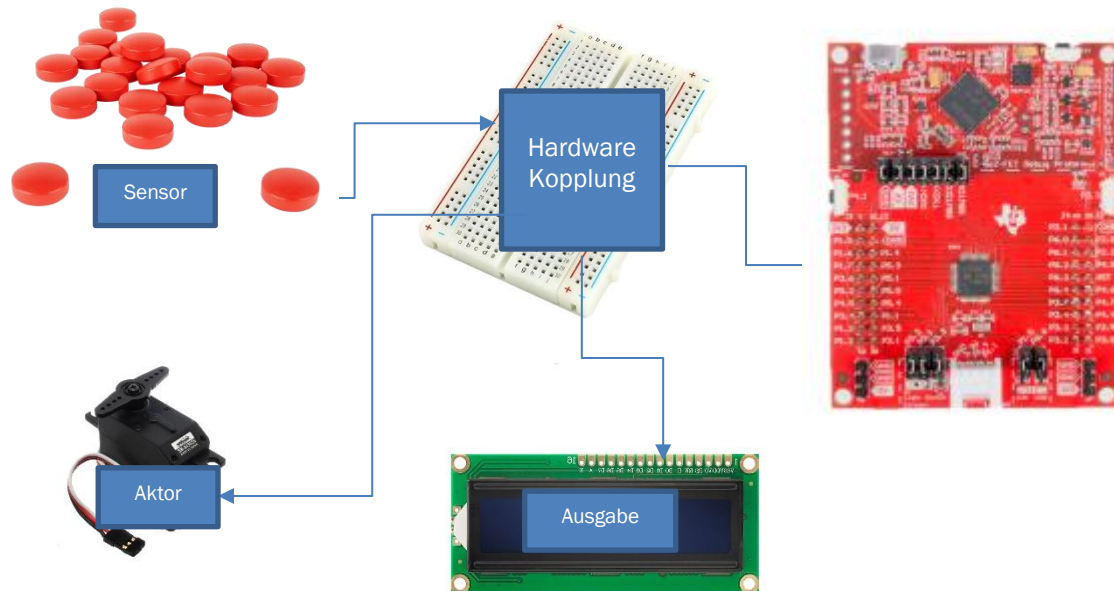
| | | |
|---------|--|--|
| NFA-107 | Das Display der Sortiermaschine muss fünf Sekunden nach der Aktivierung ausgehen, falls es nur aktiviert wurde, um die Gesamtanzahl der bislang sortierten Pillen, inklusive farblicher Aufschlüsselung der Stückzahlen anzuzeigen. Das soll getan werden, so dass das Display möglichst wenig Strom verbraucht. | Die Versorgungsspannung am Display muss nach Ablauf der Messdauer abgeschaltet sein. |
|---------|--|--|

Zugesicherte Leistungsmerkmale

| # | Zugesichertes Leistungsmerkmal (ZLM) | Bestimmungsgröße | Testverfahren (Definition of Done) |
|--------|---|---|---|
| ZGL-01 | Rutschfeste Auflageoberfläche für eine Pillen. | Material | Die auf der Auflageoberfläche aufliegende Pille muss bei einer waagrechten Fläche auf der Stelle liegen bleiben. |
| ZGL-02 | Energieversorgung: Batteriebetriebenes System | Versorgungsspannung: Betrieb muss bei 2,6V ... 3V Versorgungsspannung möglich sein | Das System muss bei 2,6 V und bei 3V Versorgungsspannung funktionstüchtig sein. |
| ZGL-03 | Batterielebensdauer: Bisher unklar | Durchschnittliche Stromaufnahme des Systems während der Sortierung: Bisher unklar | Bisher unklar |
| ZGL-04 | Betrieb bei normalen Raumumgebungsbedingungen möglich: Temperatur: 20 °C +/- 10 °C Feuchte: 60% +/- 20% | Temperatur und Feuchte | System muss bei normalen Raumbedingungen (20 °C / 60% Feuchte) funktionstüchtig sein. Auf eine Prüfung der Grenzwerte wird verzichtet, da bei den angegebenen Werten keine Probleme zu erwarten sind. |
| ZGL-05 | Sortierung ist mit einer >= 95% Wahrscheinlichkeit erfolgreich. (unklar) | Farbe der eingelegten Pille | Farbsensor-Funktionalität mit Unit-Test gewährleisten. System muss bei 100 eingegebenen in möglichst zufälliger Reihenfolge mindestens 95 Pillen richtig sortieren. |
| ZGL-06 | Sortierungsprozess erfolgt in <= 5 Sekunden (unklar) | Pille | System muss bei z.B. 100 eingegebenen Pillen unter 5 Sekunden bei allen Sortierungen sein. |

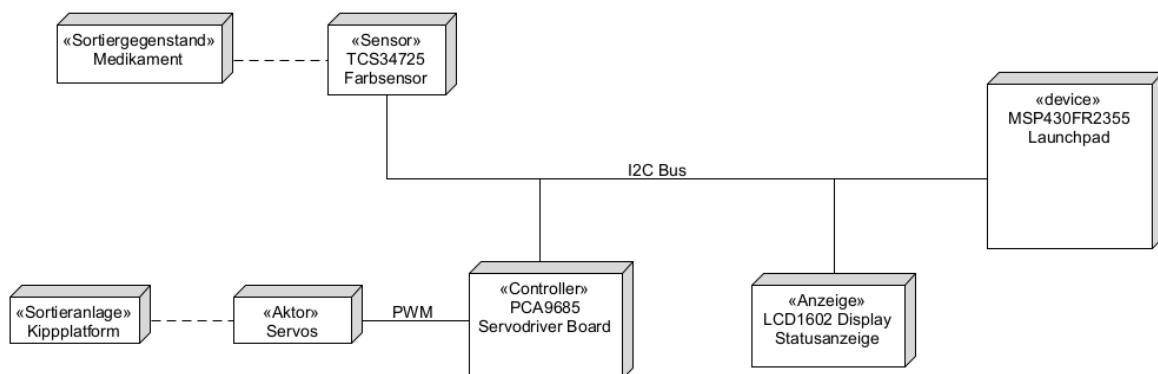
Teil B: Designphase

Blackbox Betrachtung: Blockdiagramm




Systemarchitektur

Systemdesign: UML Einsatzdiagramm



Hardware-Design

Erforderliche Sensoren (Input)

| # | Sensorbezeichnung | zu erfassende Parameter | Funktion |
|---|---|-------------------------|---|
| 1 | TCS34725 RGB Farb Sensor  | RGB-Werte | Der Sensor misst die Farbkomponenten des einfallenden Lichts mit Hilfe integrierter Farbfilter und eines ADCs. Die digitalisierten R, G, B und Clear-Werte werden über den I ² C-Bus bereitgestellt. Eine interne LED ermöglicht gleichmäßige Ausleuchtung des Objekts (z. B. Pille) |
| 2 | Taster Launchpad Taster S2: P2.3 | | Display mit Füllstand einschalten |
| 3 | Taster Launchpad Taster S1: P4.1 | | System einschalten |
| 4 | Taster Reset: fest verdrahtet | - | Reset des Systems |

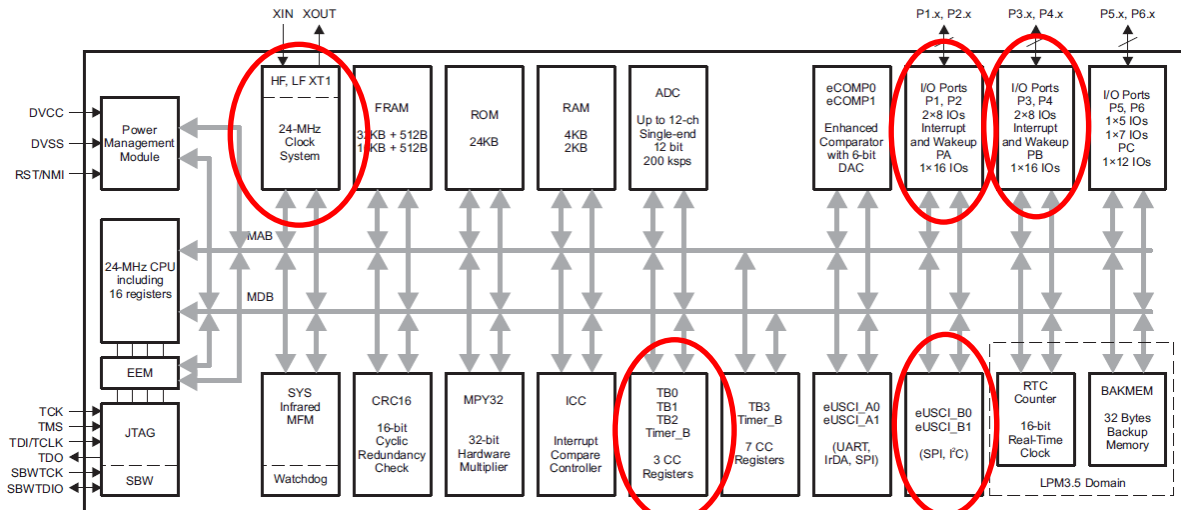
Erforderliche Aktoren (Output)

| # | Sensorbezeichnung | Ausgabegröße | Zweck |
|---|--|--------------|---|
| 1 | PCA9685/ 2x Servos   | PWM | Ansteuerung der Sortiermechanik (Plattformpositionen) |
| 2 | LCD1602 Display mit dem PCF8574A Modul  | Textausgabe | Anzeige von Farbwerten, Zuordnung, Counter o. ä. |
| 3 | LED1 (rot) MSP430 Launchpad | On / Off | Zustandsanzeige |

Erforderliche Schnittstellen (Kommunikation)

| # | Schnittstelle | Betriebsparameter | Zweck |
|---|------------------|---|--|
| 1 | I ² C | Anschluss LCD1602, TCS34725 Farbsensor, PCA9685 Servodriver Board | Übermittlung der Steuerbefehle und der Daten die für das Display, Farbsensor und Servodriverboard benötigt werden. |

Festlegung der verwendeten Peripheral Blocks



MSP430FR2355, MSP430FR2353, MSP430FR2155, MSP430FR2153
SLASEC4C – MAY 2018 – REVISED MARCH 2019

Block

Einsatzzweck

24 MHz Clock System

Bereitstellung MCik und SMClk (ca. 1 MHz) und ACik, synchronisiert mit 32768 Hz Uhrenquarz

P1

P1.0: LED1, P1.2: SDA, P1.3: SCL, P1.4: INT (Farbsensor), P1.1: LED (Farbsensor)

P2

P2.3: Taster S2

P4

P4.1: Taster S1

Timer0_B3

Zeitsteuerung der state machine

eUSCI_B0

I²C-Kommunikation mit Display, Farbsensor und Servodriverboard

Pinbelegung

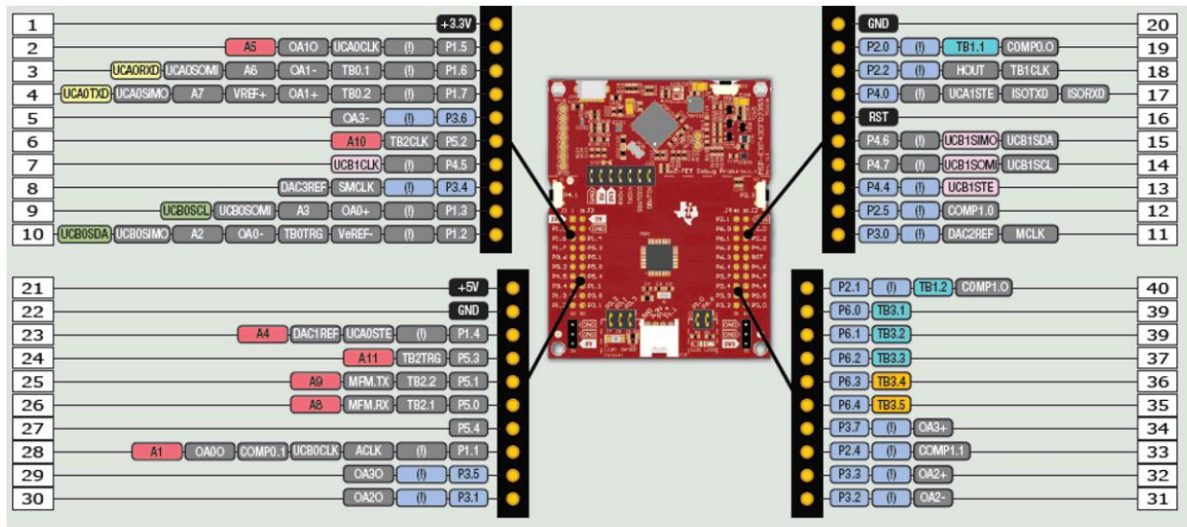
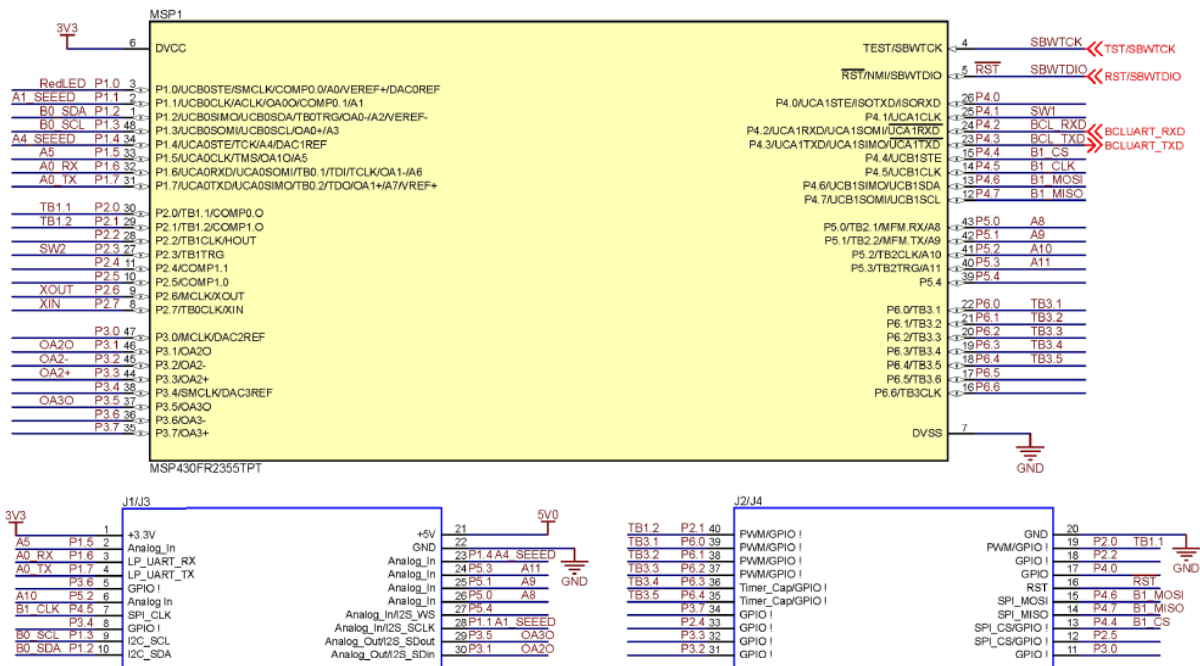
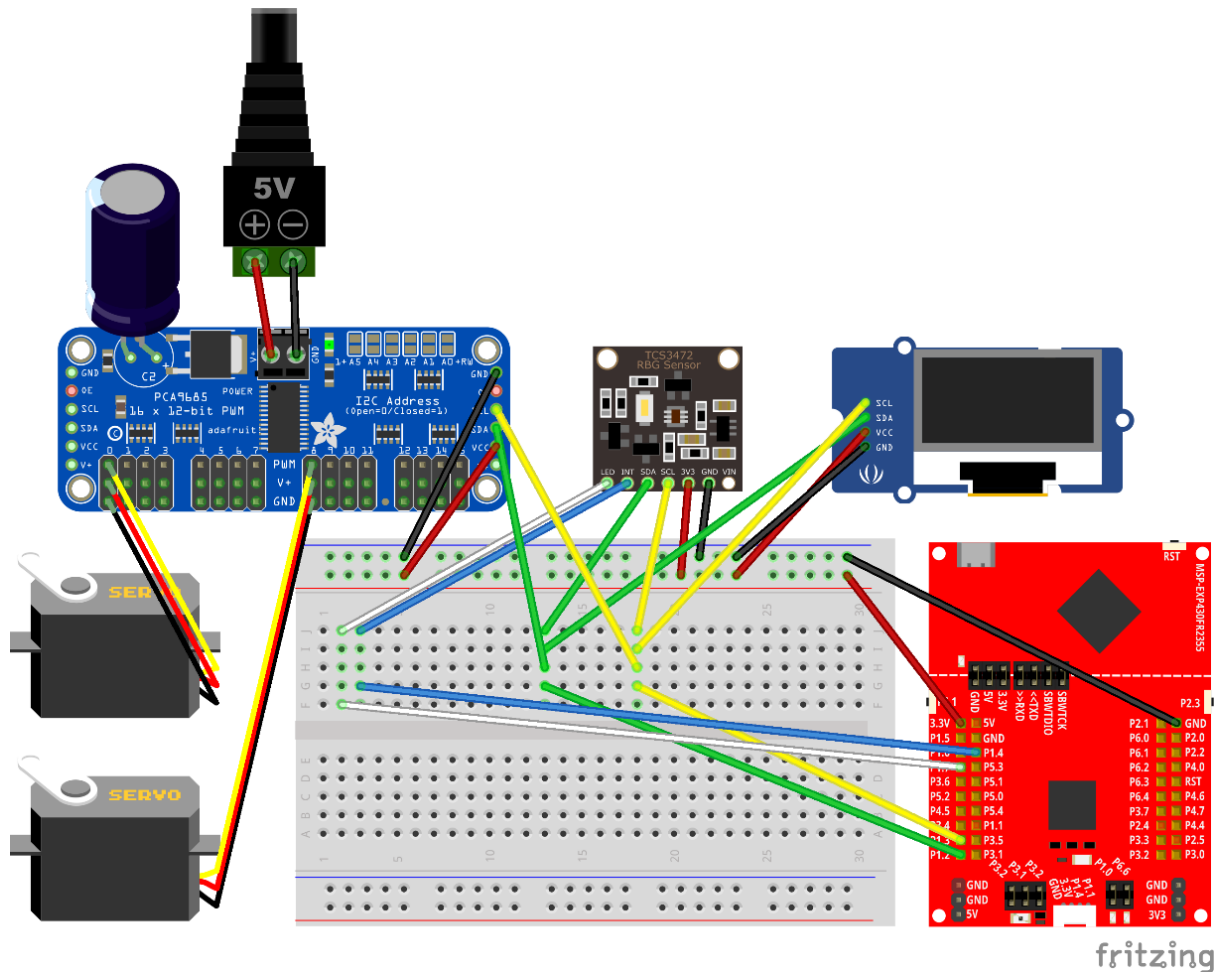


Figure 10. LaunchPad Development Kit to BoosterPack Plug-in Module Connector Pinout



| Pin | Peripherie- block | Pin Name | IC-Pin | LP-Pin | Signal | Zweck |
|-----|--------------------------|-------------|--------|--------|--------|---|
| 1 | Spannungsver- sorgung | DVCC | | | 3,3V | I ² C Anschluss Versorgungsspannung |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | eUSCI_B0 | P1.3 | 48 | 9 | SCL | I ² C-Clockleitung |
| 10 | eUSCI_B0 | P1.2 | 1 | 10 | SDA | I ² C-Datenleitung |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | | | | | | |
| 20 | Masse | GND | | 20 | - | I ² C Anschluss Masseverbindung |
| 21 | | | | | | |
| 22 | | | | | | |
| 23 | PORT 1 | P1.4 | 34 | 23 | LED | Ansteuerung LED TCS3472 |
| 24 | | | | | | |
| 25 | | | | | | |
| 26 | | | | | | |
| 27 | | | | | | |
| 28 | PORT 1 | P1.1 | 2 | 28 | INT | Interruptleitung TCS3472 |
| 29 | | | | | | |
| 30 | | | | | | |
| 31 | | | | | | |
| 32 | | | | | | |
| 33 | | | | | | |
| 34 | | | | | | |
| 35 | | | | | | |
| 36 | | | | | | |
| 37 | | | | | | |
| 38 | | | | | | |
| 39 | | | | | | |
| 40 | | | | | | |

Blockschaltbild / Verdrahtungsplan



Aufwandsschätzung

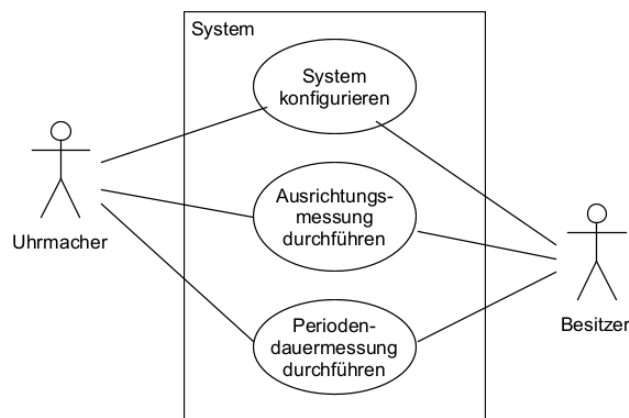
| Peripheral | Function-points | Einsatzzweck |
|----------------------|-----------------|---|
| TCS34725 | 4 | Erfassung der Farbe / Lichtschranke |
| PCA9685/ 2 Servos | 3 | Steuerung der Servos / Kippplattform |
| LCD1602/ PCF8574A | 4 | Textanzeige, Zähler der sortierten Pillen, |
| S1/S2 | 2 | System aufwecken, Modus wählen, Start der Messung |
| LED1 rot/ LED grün | 2 | Statusanzeige |
| Summe FPs | 15 | |

Teil C – Implementierung / Umsetzung

Software-Design

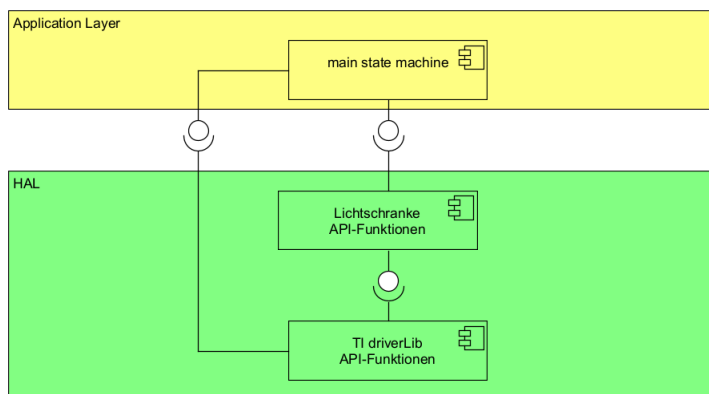
Softwarearchitektur: Use Case Diagramm(e)

[Bla: Umsetzung der Nutzungsszenarien aus Sicht des Systems: welche Funktionen bietet das System an, um die beschriebenen user stories umsetzen zu können? Zu einem Übersichtsdiagramm zugehörig können noch <<includes>> und <<extends>> Beziehungen definiert werden.]



Softwarearchitektur: Strukturdiagramm

[Bla: Das Softwarestrukturdiagramm zeigt die Dekomposition der Software Komponenten. Hierbei ist darauf zu achten, dass der HAL so ausgelegt wird, dass das API (Festlegung der nach außen sichtbaren Daten und Funktionen) keine Abhängigkeiten zur Applikationsebene besitzt und daher die Treiberfunktionen in jeder beliebigen Applikation verwendbar sind.]



Aktivitätsdiagramm(e) /state Diagramme

[Bla: Darstellung des Aufbaus der mainloop und der wichtigen ISRs]

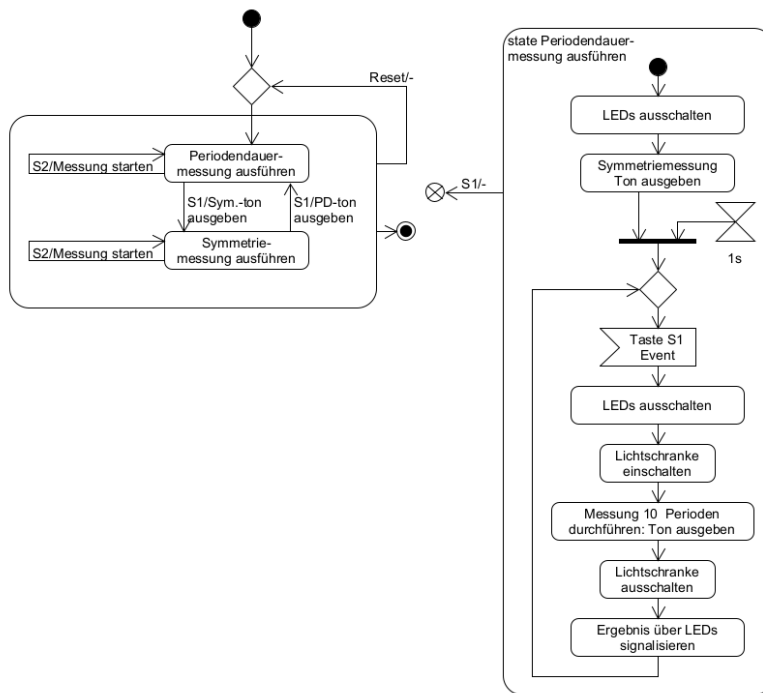


Abbildung 1 : links - state diagram; rechts: activity diagram

Activity Diagramm für state Symmetriemessung ausführen wie bei state Periodendauermessung ausführen; die beiden States unterscheiden sich nur bzgl. des Algorithmus zur Ergebnisberechnung.

Softwareanforderungen

[Bla: Jede Systemanforderung muss in mindestens einer Softwareanforderung berücksichtigt werden]

Entfällt im Rahmen des embedded Projekts ... ☺

Softwareentwicklungsplan

| Release | Beschreibung der Funktionalität / des Ziels | geplanter Zeitpunkt der Fertigstellung |
|---------|--|--|
| 0.1 | Implementierung der API für die RGB-Farberkennung <ul style="list-style-type: none">- Unterscheidung von Farben rot, grün und blau Implementierung der API zur Servoansteuerung <ul style="list-style-type: none">- Rotation der Servos von 0 bis 180 Grad Implementierung der Textanzeige auf LCD Display <ul style="list-style-type: none">- | 16.06 |
| 0.2 | Implementierung der on/off Steuerung der Lichtschranke <ul style="list-style-type: none">- Zeitliches An-/Ausschalten des Sensors | [bla] |
| 0.3 | Implementierung Programmlogik <ul style="list-style-type: none">- Definition des Programmablaufs- Implementierung der main state machine | |
| 1.0 | Optimierung und Reifmachung für Deployment | [bla] |

Konfigurationsmanagementplan

- Die Versionsverwaltung erfolgt mittels EGIT über das CCS
- Es gibt einen master branch, der mit einem zentralen Repository abgeglichen wird
- Lokale Entwicklungen werden auf branches im lokalen Repository durchgeführt. Die geprüften Module werden auf den master-Branch überspielt. Dieser wird mit dem zentralen Repository abgeglichen.
- Jedes Teammitglied soll vor der Ausführung einer Push-Operation die durchgeführten Änderungen mit den anderen Teammitgliedern besprechen, so dass eine gemeinsame Freigabe erfolgen kann.

Projektstrukturplan

Diagramm

Entfällt im Rahmen des embedded Projekts ... ☺

Arbeitspaketbeschreibung

Entfällt im Rahmen des embedded Projekts ... ☺

Projektablaufplan (Gantt)

[ca. 10 Arbeitspakete; Meilensteine und Anordnungsbeziehungen nicht vergessen. Erstellung z.B. mit Visio]

Entfällt im Rahmen des embedded Projekts ... ☺

Über Projektbeschreibung bereits vorgegeben

[Bitte beachten: Die Implementierungsphase wird sinnvollerweise mit parallelen Vorgängen durchlaufen, d.h. dass z.B. die sample-Programme zur Anbindung der Sensoren zeitgleich von unterschiedlichen Teammitgliedern erstellt werden, bevor dann die Integration durchgeführt wird. Hierbei ist allerdings darauf zu achten, dass das Projekt so aufgebaut wird, dass das Fehlen eines einzelnen Moduls nicht das gesamte Projekt zu Fall bringt.]

Teil D - Produktvalidierung

Abbildung des aufgebauten Gesamtsystems

[Foto(s) des Gesamtsystems hier einfügen]

Nachweis der Umsetzung der Nutzungsszenarien

Nachweis, dass die für die user stories vereinbarten Abnahmekriterien erfüllt sind

NS01: Kalibrierung der Kuckucksuhr

NS02: Ausrichtung der Kuckucksuhr

NS03: Wechsel zwischen unterschiedlichen Messmodi

Nachweis der Umsetzung der Nichtfunktionalen Anforderungen

NFA-01

NFA-02

NFA-03

NFA-04

NFA-100

NFA-101

NFA-102

NFA-103

NFA-104

NFA-105

Nachweis der Erfüllung der Zugesicherten Leistungsmerkmale

ZGL-01

ZGL-02

ZGL-03

ZGL-04

Anhang

Links

Link zum Code Repository

[bitte hier den Vollständigen Link auf das Gitlab Repo angeben]

Literatur

[Application notes, Zeitschriftenartikel, Buchartikel, Internetquellen]

- [1] Datenblatt zu Lichtschranke TCRT5000 (Zugriff: 2019-05-26)
 <https://www.vishay.com/docs/83760/tcrt5000.pdf>
- [2] Datenblatt zu Arduino Sensorboard (TCRT5000 IR Barrier Line Track sensor
 Infrared Reflective Photoelectric Switch)
- [4] MSP430FR2x55 family user's manual
- [5] MSP430FR235 datasheet

Bezugsquellen

Hardware / Sensoren / Aktoren

| Komponente | Bezugsquelle |
|----------------------------|---|
| TCRT5000 IR Sensorboard | https://eckstein-shop.de/TCRT5000-IR-Barrier-Line-Track-sensor-Infrared-Reflective-Photoelectric-Switch Preis: 2,95€ (Zugriff: 2019-05-25) |

...

...

Software Tools

| Komponente | Bezugsquelle |
|----------------------|--|
| UMLet Ver. 14.3.0 | https://www.umlet.com/ (Zugriff: 2019-06-01) |

Review des Projektes

Aufgetretene Probleme

[Bla: Liste]

Verbesserungsvorschläge für kommende Projekte

[Bla: Liste]

Entwicklungsprotokolle

[Hier können Notizen zu den einzelnen Zwischenabschnitten hinterlegt werden, z.B. Messergebnisse, Screenshots, Berechnungen, Fotos – alles, was später ggf. für die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse verwendet werden kann.]

Version 01

Vorbetrachtung;

Aus dem Datenblatt der Lichtschranke lässt sich entnehmen, dass das Signal am Ausgang DD von H auf L geht, sobald ein reflektierender Gegenstand in den Strahlengang kommt. Dies wird mit Hilfe eines Multimeters oder eines Oszilloskops validiert.

Es ergeben sich folgende Softwareanforderungen:

- ➔ Das System soll auf die fallende Flanke reagieren
- ➔ Das System soll bei jedem zweiten Interrupt den Zähler auslesen
- ➔ Der Zähler soll über den SMClk getaktet werden
- ➔ Der SMClk soll über den genauen Uhrenquarz synchronisiert werden
- ➔ Der Zähler soll im Continuous Mode betrieben werden und 16 Bit breit sein

Suche nach einem Beispielprojekt für die DriverLib: Nicht verfügbar

Suche nach Beispiel auf Registerebene: msp430fr235x_tb0_capture.c

Somit: Erstes Testprogramm soll auf der Basis von msp430fr235x_tb0_capture.c erstellt werden.

Konfigurationsmanagement:

Die Schrittweise zu erstellenden Projekte werden in das lokale GIT Repository eingestellt.

Die letzte Iteration des Programmes wird in das zentrale Repository übertragen.

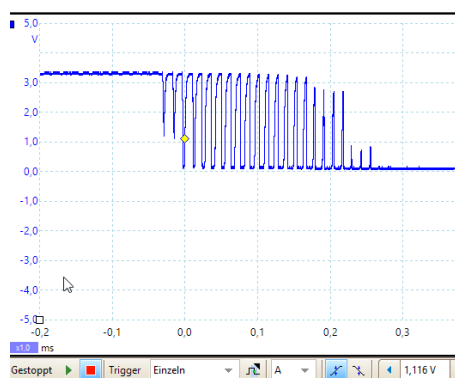
Iteration 1:

Verwendung des Beispielprogramms in Originalfassung

Vorbereitung Hardware:

Der Sensor muss ca. in der Mitte des Pendelweges der Uhr installiert werden.

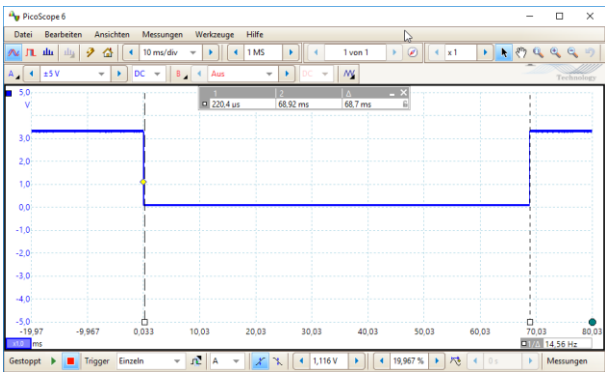
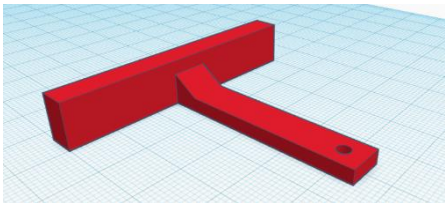
Die Empfindlichkeitsschwelle des Sensors muss so eingestellt werden, dass der Pegelwechsel auf L nur dann stattfindet, wenn das Pendel tatsächlich am Sensor vorbeiläuft. Die Untersuchung des Schaltsignals ergibt, dass beim Schalten zumeist keine steile Flanke auftritt, sondern ein Prellen zu beobachten ist. Die Periode des Prellens liegt bei ca. $13\mu\text{s}$, die Gesamtdauer des Prellvorgangs dauert, wie oben gezeigt, ca. $250\mu\text{s}$. Dies ist jedoch von einer Reihe von Faktoren abhängig. Das Prellen wird reduziert, wenn sich auf dem Pendel eine gut reflektierende und ebene Marke befindet. Dieses Prellen muss per Software kompensiert werden, um einen eindeutigen Zeitpunkt für den Durchlauf des Pendels bestimmen zu können.



Insgesamt ergibt sich beim Durchlauf des Pendels ein Schaltimpuls mit einer Dauer, die von der Pendelgeschwindigkeit abhängt und entweder rechnerisch abgeschätzt oder empirisch bestimmt werden kann. Die nachfolgende Abbildung liefert ein Beispiel:

Auf der Rückseite des Pendels kann ein reflektierendes Material angebracht werden, um die Güte des Signals zu optimieren.

Um die Messung durchführen zu können, muss der Sensor am Uhrengehäuse angebracht werden. Hierzu wird mit einem 3-D Drucker eine kleine Halterung erstellt. Die Halterung kann jedoch auch auf andere Weise hergestellt werden.



Software

Im Beispielprogramm wird Timer B0 und CCIB als Triggereingang verwendet, dieser Input wird aber nicht nach außen geführt. Also muss ein Pin gesucht werden, der über eine der Pfostenleisten zugänglich ist und möglichst keine weitere „secondary function“ besitzt, die ebenfalls eingesetzt werden müsste.

Anschluss des Sensorsignals an Pin 26:



| | | | | | | |
|-------|----|----|----|---|-----|--|
| TB2.1 | 43 | 34 | 37 | – | I/O | Timer TB2 CCR1 capture: CCI1A input compare: Out1 output |
|-------|----|----|----|---|-----|--|

Begründung:

Keine Doppelbelegung z.B. mit UART, d.h. bei Verwendung dieses Pins sollten keine Konflikte auftreten.



Damit das GPIO Pin P5.0 die Funktion des CCI1A Capture Input Pin übernimmt, muss über die Selection Bits die sogenannte secondary function für das Pin aktiviert werden. Welche beiden Bits hier gesetzt werden müssen lässt sich dem Processor datasheet entnehmen:

Table 6-67. Port P5 Pin Functions

| PIN NAME (P5.x) | x | FUNCTION | CONTROL BITS AND SIGNALS ⁽¹⁾ | |
|----------------------|---|------------|---|--------|
| | | | P5DIR.x | P5SELx |
| P5.0/TB2.1/MFM.RX/A8 | 0 | P5.0 (I/O) | I: 0; O: 1 | 00 |
| | | TB2.CCI1A | I | 01 |
| | | TB2.1 | O | |
| | | MFM.RX | X | 10 |
| | | A8 | X | 11 |

Die Richtung P5DIR ist dementsprechend auf Input (I) zu schalten (Bit = 0) und die Bits P5SEL1 = 0 und P5SEL0 = 1 zu setzen.

Wenn CCR1 verwendet wird, statt CCRO (nicht zugänglich), dann muss Interruptvektor xy verwendet werden.

