

LVAs 384.996 & 384.174  
'Mikrocomputer LU'  
'Mikrocomputer für Informatiker\_innen'

Bonnie  
v2.2

2025

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Allgemeines</b>	<b>2</b>
1.1 Laboraufbau . . . . .	2
1.2 Inbetriebnahme . . . . .	3
1.3 Logic Analyzer . . . . .	4
<b>2 Hardware</b>	<b>4</b>
2.1 Lichtschranken und LED-Anzeige . . . . .	4
2.2 Aktuatoren . . . . .	6
2.3 Balance Board . . . . .	6
2.4 SPI Konfiguration . . . . .	7
<b>3 Empfohlener Übungsablauf</b>	<b>8</b>
3.1 Aufbau des Programms . . . . .	8
3.2 Benotung . . . . .	9

**Hinweis zur Laborübung:** Bitte machen Sie sich *vor der Übung* mit folgenden Dokumenten vertraut:

- Diese Angabe (**Bonnie.pdf**).
- Die entsprechenden Abschnitte der im TISS hochgeladenen Unterlagen zum verwendeten NUCLEO-Board, konkret:
  - RCC
  - GPIO (inkl. der 'Alternate Functions')
  - SPI\*
  - USART\*
  - TIMER\*
  - Interrupts (von Peripherieeinheiten)
  - ADC

\*) Überlegen Sie, welche der gekennzeichneten Peripherieeinheiten (z.B. welcher Timer, welche USART) für die Anwendung in Frage kommen (das ergibt sich auch aus der Pinbelegung, siehe Tabelle 1).

Bei auftretenden Fragen während Ihrer Vorbereitungen wenden Sie sich *vor* Ihrem Übungstermin an die Tutoren.

## 1 Allgemeines

Ziel dieser Aufgabe ist es, den Umgang mit externer Peripherie zu erlernen. Es gibt einen Aufbau, wie in Abbildung 1 dargestellt, der aus einer beweglichen Plattform, die mittels Servomotoren angetrieben wird und aus Lichtschranken, die von einer Kugel auf der Plattform unterbrochen werden besteht. Außerdem liegt am Boden ein Balance Board, mit Hilfe dessen Gewichtsverlagerungen gemessen werden sollen, um die Plattform zu steuern.

### 1.1 Laboraufbau

Der Übungsaufbau - auch Bonnie genannt - setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen

- STM32F334R8-Mikrocontrollerboard auf einer Adapterplatine

- bewegliche Plattform mit Lichtschranken und LEDs
- Grundplatte mit Servomotoren und Steuerung
- Balance Board

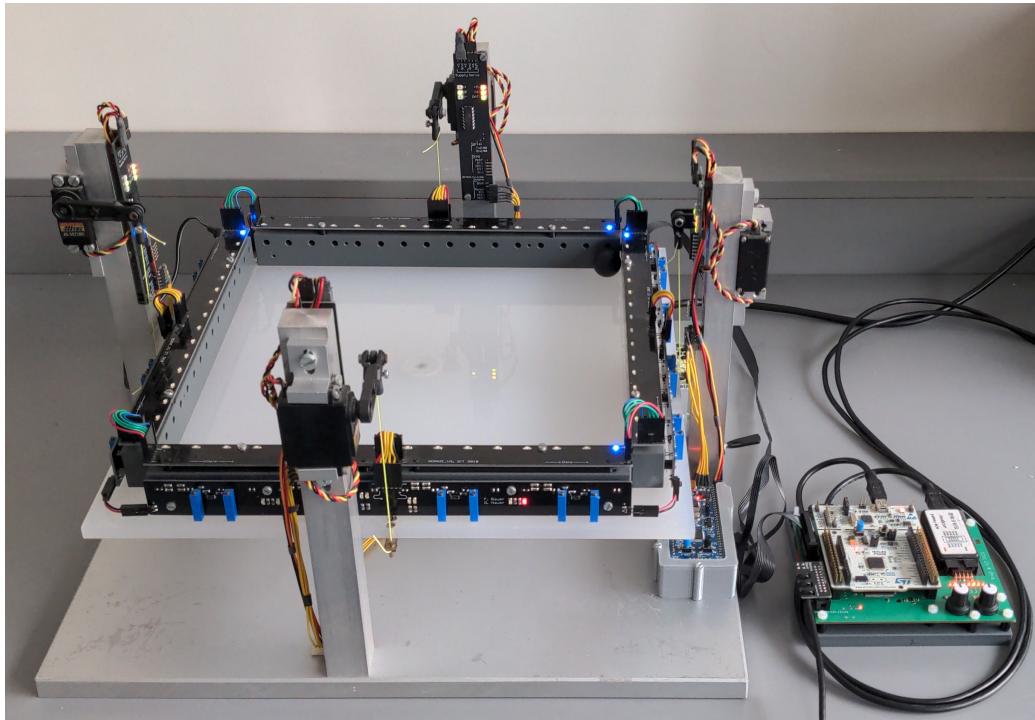


Abbildung 1: Versuchsaufbau Bonnie

## 1.2 Inbetriebnahme

Schalten Sie zuerst Bonnie durch den Schalter an der rechten Seite ein und stecken Sie erst danach den Mikrocontroller mittels USB Kabel an. Achten Sie darauf, dass während der Inbetriebnahme das Balance Board unbelastet ist. Andernfalls könnte es bei bereits aktivem Mikrocontroller zu einer Störung des Startvorgangs der Sensoren und Aktuatoren kommen. Treten während der Übung "unerklärbare" Fehler auf, schalten Sie beide Komponenten aus und in der korrekten Reihenfolge wieder ein.

### 1.3 Logic Analyzer

Einige relevante digitale Pins sind an einem fix verbauten 8-Kanal Logic Analyzer angeschlossen. Mit dessen Hilfe kann das zeitliche Ein-/Ausgangsverhalten der Pins überprüft und zur Fehlerbehebung genutzt werden. Eine kurze Anleitung zum Umgang mit dem Logic Analyzer wird es zu Beginn des Labors geben, außerdem finden Sie eine ausführliche Dokumentation in den hochgeladenen Unterlagen. Die Zuteilung der angeschlossenen Pins zu den acht Kanälen (LA CH0 .. CH7) ist in den Folgekapiteln ersichtlich.

## 2 Hardware

Der Versuchsaufbau besteht aus einer beweglichen Plattform (auch Bonnie genannt) und einer Grundplatte mit Gerüst, auf welchem die Motoren angebracht sind um die Plattform bewegen zu können. Am Rand der Plattform befinden sich Infrarot-Lichtschranken zur Positionserfassung und blaue LEDs, mit denen eine Anzeige implementiert werden soll. Die Daten werden mittels seriell geschalteten Schieberegistern eingelesen und ausgegeben.

Auf dem Gerüst befinden sich zusätzlich zu den Motoren auch die Elektronik zum Ansteuern der Motoren. Diese Elektronik besteht aus dem sogenannten Servohost und vier Servomotoren. Der STM32F334R8 kann nur mit dem Servohost kommunizieren und hat auf die Servomotoren keinen direkten Zugriff. Die an den Servohost übertragenen Befehle werden von diesem verarbeitet und an die Servomotoren weitergeleitet um die Auslenkung festzulegen.

In Abbildung 2 ist eine schematische Darstellung der Elektronik zu sehen.

### 2.1 Lichtschranken und LED-Anzeige

Die Scankette wird mittels SPI-Schnittstelle angesprochen und besteht auf jeder Seite aus drei 8-Bit-Registern. Um die SPI des STM32 mit der LED-Anzeige und den Lichtschranken zu verbinden, muss der Pin PA15 logisch '0' sein. Die vier Seiten sind alle folgendermaßen aufgebaut: Das erste Register steuert die ersten acht LEDs der Leuchtdiodenanzeige. Das zweite Register ist für die acht Empfangsdioden das Eingangsregister zuständig. Das dritte Register steuert die nächsten acht LEDs der Leuchtdiodenanzeige.

Die Empfangsregister auf zwei gegenüberliegenden Seiten ergeben kombiniert ein virtuelles 16-Bit-Register, wobei die Bits abwechselnd den zwei

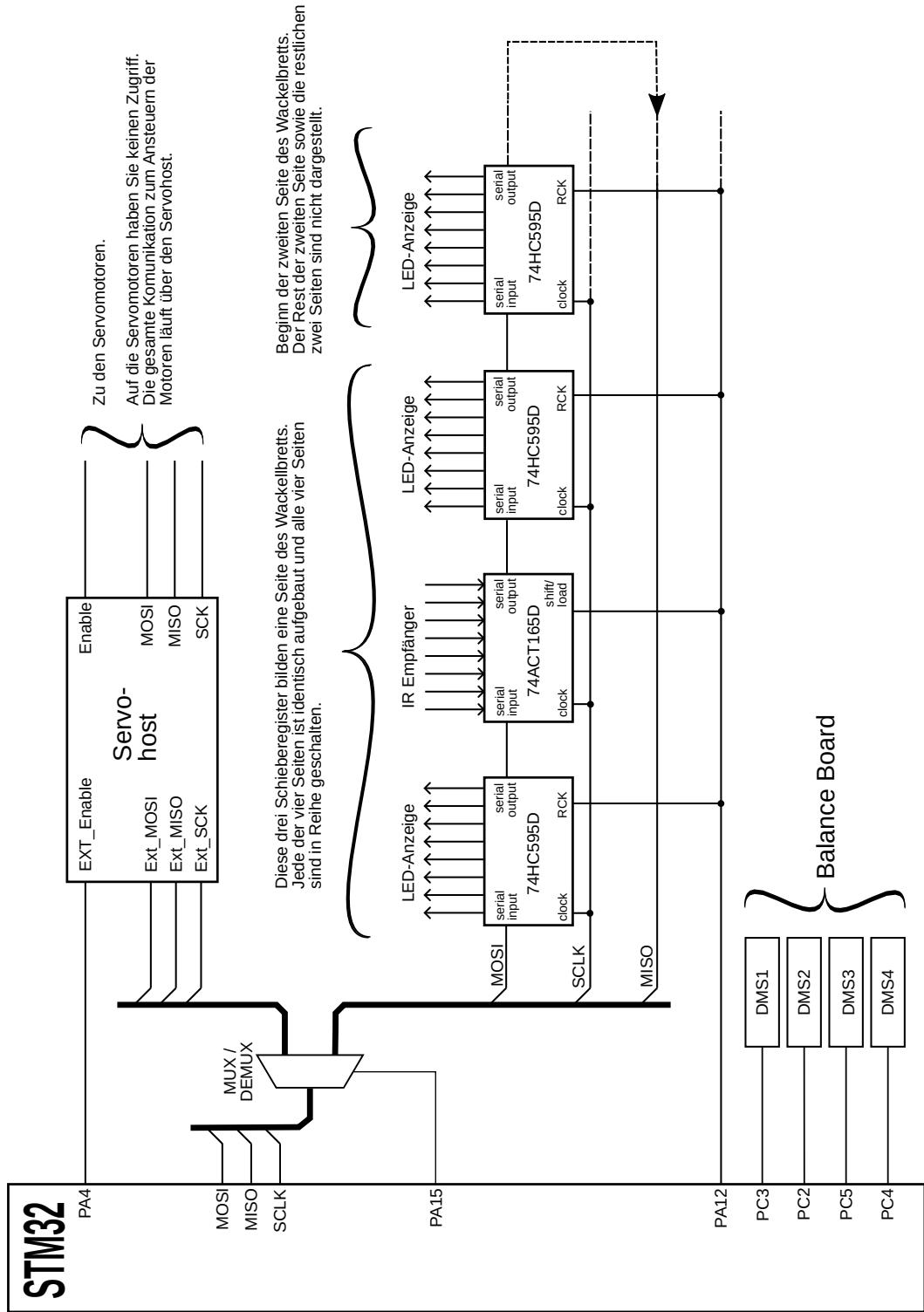


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Hardware

8-Bit Registern zugeordnet sind. Auf diese Weise bilden die Lichtschranken ein 16x16 Gitter.

Durch eine positive Flanke an Pin PA12 übernehmen die LED-Controller (74HC595D in Abbildung 2) die Werte der jeweiligen Register in ihre Ausgangslatches. Wenn an Pin PA12 des Mikrocontrollers logisch '1' anliegt, können die Daten durch die Register durchgeschoben werden, bei logisch '0' werden die Zustände der Infrarotempfangsdioden in die Register übernommen. Der Pin PA12 muss also während bzw. vor und nach den Sendevorgängen entsprechend angesteuert werden. Ihre Aufgabe ist es die Eingangsdaten der Scankette auszuwerten und die Ausgangsregister so zu beschalten, dass die zwei Linien, die durch auf gegenüber liegenden Seiten leuchtende LEDs definiert sind ihren Schnittpunkt bei der Kugel haben.

## 2.2 Aktuatoren

Zur Steuerung der Servos wird ebenfalls die SPI-Schnittstelle verwendet. Um die SPI des STM32 mit dem Servohost zu verbinden, muss der Pin PA15 logisch '1' sein. Als Daten werden 2x 16 Bit im Zweierkomplement übertragen. 16 Bit sind dabei jeweils für eine Achse der Auslenkung verantwortlich und geben die Auslenkung aus der Ruhelage in einem Wertebereich von -200 bis +200 an. Die Daten werden mit dem MSB zuerst im Zweierkomplement übertragen. Vor einem Sendevorgang muss der Pin PA4 auf Low gezogen werden. Nach jeweils 2x 16 Bit muss am Pin PA4 eine positive Flanke erzeugt werden, damit der Servohost die Daten auch tatsächlich übernimmt.

## 2.3 Balance Board

Ein weiterer Teil des Aufbaus ist das Balance Board, über welches Bonnie gesteuert werden soll. In diesem Balance Board sind vier Dehnmessstreifen (DMS) verbaut (siehe Abbildung 3), mit welchen die Belastung der vier Quadranten des Boards gemessen werden kann. Entsprechend der Belastung der Quadranten, wird an den jeweiligen Analog-Pins (siehe Tabelle 1) eine Spannung ausgegeben. Die Werte der DMS sollen über den ADC des STM32 gemessen werden und sinnvoll in nutzbare Daten für die Steuerung der Servomotoren übersetzt werden. Die Kennlinienkonstante der DMS beträgt *ungefähr*  $5.7mV/kg$ . Da die DMS unterschiedliche Spannungsoffsets aufweisen, müssen zu Beginn des Programms die Spannungen bei **unbelastetem** Balance Board ausgemessen werden um sie für eine Kalibrierung der Messwerte

nutzen zu können.

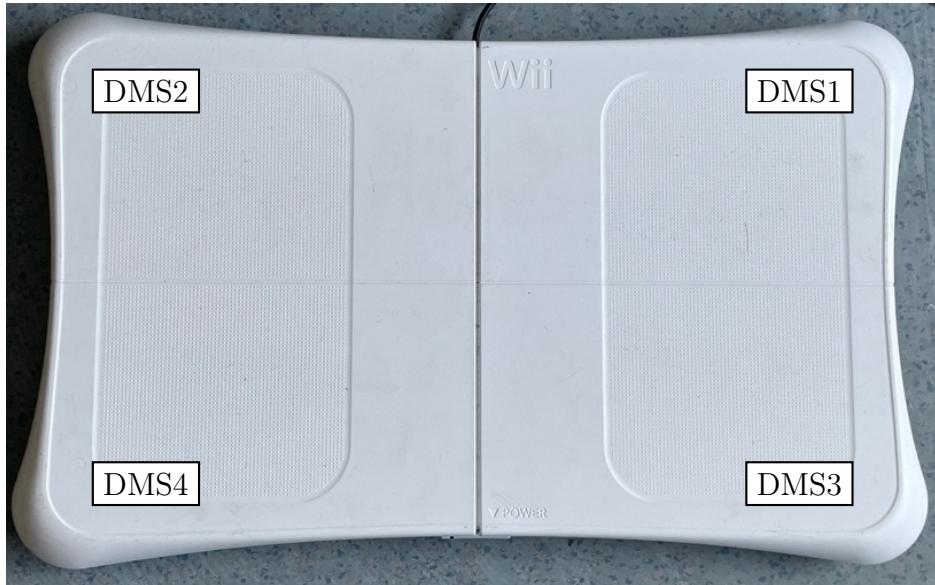


Abbildung 3: Balance-Board

## 2.4 SPI Konfiguration

Die Hardware ist über eine SPI-Schnittstelle mit dem Mikrocontroller verbunden. Die genaue Pinbelegung finden Sie in Tabelle 1. Die genannten Pins müssen ihrer Verwendung entsprechend in den dafür vorgesehenen GPIO- und SPI-Registern konfiguriert werden. Zusätzlich sollen die Pins PA4 und PA12 als logischer Ausgang (Push/Pull) konfiguriert werden. Sie dienen als (low-aktive) Enable Signale für die in Abschnitt 2.1 und Abschnitt 2.2 erwähnten Befehlssignale.

Der Pin A15 soll ebenfalls als logischer Ausgang (Push/Pull) konfiguriert werden. Wie in Abbildung 2 ersichtlich und in Abschnitt 2.1 erklärt, kann er die Taktleitung für alle Register der LED-Anzeigen bzw. Lichtschranken beeinflussen. Nutzen Sie diese *Schalterfunktion*, um in Kombination mit Pin PA12 und PA4 die Lichtschranken und LED-Anzeigen auch nach dem zusätzlichen Einbinden der Aktuator-Ansteuerung noch richtig verarbeiten zu können.

*HINWEIS:* Je nach Implementierung Ihrer SPI Sende- und Empfangslogik

kann es mehrere korrekte Möglichkeiten geben, wie die Pins PA4, PA12 und PA15 angesteuert werden müssen.

STM32-Pin	Beschreibung	Funktionseinheit	LA	CHx
PA12	GPIO	Enable LEDs/IR-Sensoren		CH3
PA15	GPIO	Schalter MUX/DEMUX		CH4
PA4	GPIO	Enable Servos		CH7
			<i>LEDs/IR</i>	<i>Servos</i>
PB3	SCLK	SPI-	CH0	CH5
PB5	MOSI	Kommunikation	CH1	CH6
PB4	MISO		CH2	-
PC3	DMS1			
PC2	DMS2	Balance		
PC5	DMS3	Board		
PC4	DMS4			
PA2	TX	USART-		
PA3	RX	Kommunikation		

Tabelle 1: Pinbelegung

Die SPI Schnittstelle soll folgendermaßen konfiguriert werden:

- Master Mode
- Idle clock line ist Low
- Stabile Daten sollen bei steigender Flanke der clock line anliegen
- MSB first
- Motoren: 16 Bit Wortbreite; LEDs: 8 Bit Wortbreite
- 125 kBit/s Übertragungsrate

### 3 Empfohlener Übungsablauf

#### 3.1 Aufbau des Programms

Bauen Sie Ihr Programm modular auf! Implementieren und testen Sie die Teilaufgaben so weit wie möglich separat und führen Sie diese erst dann

zur Gesamtlösung zusammen. Ein *Vorschlag* für die Herangehensweise und Separierung der Teilaufgaben:

- Auslesen der IR-Sensoren
- Auswerten der Informationen
- Visualisierung mittels der LEDs
- Ansteuerung der Aktuatoren
- Auslesen der Sensoren des Balance Boards
- Positionierung der Kugel

*HINWEIS:* Wenn Sie noch keine Erfahrung im Umgang mit der SPI haben, empfiehlt es sich ganz zu Beginn die Ansteuerung der LEDs mit beliebigen Daten zu testen. Setzen Sie dafür PA15 und PA4 dauerhaft auf Low, verwerfen Sie die empfangenen Daten und versuchen Sie die Schieberegister mit Testdaten zu befüllen und diese auf den LEDs darzustellen. Erst danach versuchen Sie auch die IR-Sensoren korrekt auszulesen.

### 3.2 Benotung

Die Note für das Labor setzt sich aus dem Abgabegespräch sowie den Funktionalitäten, die Sie implementiert haben, zusammen. Im Folgenden befindet sich ein Richtwert, welche Funktionalitäten zum Erreichen einer bestimmten Note erfolgreich implementiert werden müssen. Dabei ist die Erfüllung aller Minimalanforderungen für die 'schlechteren' Noten die Voraussetzung für eine 'bessere' Note. Die Gesamtnote hängt jedoch zusätzlich von dem Abgabegespräch ab, d.h. wie gut Sie den Code erklären können und ob Sie in der Lage sind, kleine Änderungen vorzunehmen.

Die gesamte Steuerung soll über Interrupts erfolgen, wenn Sie glauben, an irgendeiner Stelle eine Warteschleife zu benötigen, fragen Sie bei den Tuto ren nach, ob Sie das dürfen. Unnötige Warteschleifen führen zu Punkteabzügen.

- Genügend: Es wird ein Fadenkreuz angezeigt, welches die Position der Kugel kennzeichnet.
- Befriedigend: Alle Motoren werden angesteuert um die Plattform in unterschiedlichen Neigungen in beliebige Ausrichtung zu bringen. Neigung und Ausrichtung können auf geeignete Art vom PC über USART eingegeben werden.
- Gut: Die einzelnen Spannungswerte der DMS des Balance Boards werden gemessen und über USART an den PC ausgegeben. Außerdem wird die Gesamtbelastung des Balance Boards in kg berechnet und ebenfalls über USART ausgegeben.
- Sehr gut: Die Motoren können mit dem Balance Board so empfindlich und genau angesteuert werden, dass eine darauf stehende Person die Kugel dadurch in die Mitte der Plattform befördern und dort halten kann.