

LVA 'Mikrocomputer LU' 384.996

Maya
(v1)

2023

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	2
1.1	Laboraufbau	2
1.2	Inbetriebnahme	3
1.3	Debug-LEDs und Logic Analyzer	3
2	Hardware	4
2.1	Rotierende Scheibe und Lichtschranken	4
2.2	Laser	5
2.3	Laser-Ablenkeinheit	5
2.4	Fotodioden	6
2.5	Pinbelegung	8
3	<i>Empfohlener</i> Übungsablauf	10
3.1	Aufbau des Programms	10
3.2	Benotung	10

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

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

*) Überlegen Sie, welche der gekennzeichneten Peripherieeinheiten (zB welcher Timer, welche USART) für die Anwendung in Frage kommen (das ergibt sich auch aus der Pinbelegung, siehe Tabelle 2).

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. Der Aufbau besteht aus einem Laser und einer Ablenkeinheit (bestehend aus zwei Spiegeln) sowie einer rotierenden Scheibe. Auf dieser Scheibe befinden sich an einer Position vier nebeneinander angeordnete Fotodioden, siehe Abbildung 1. Ziel ist es, bei einer rotierenden Scheibe den Laserstrahl über die Ablenkspiegel immer auf die Photodioden zu lenken.

1.1 Laboraufbau

Der Übungsaufbau - auch 'Maya' genannt - setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- Versuchsaufbau Maya mit Laser, Ablenkeinheit und rotierender Scheibe
- STM32F34R8-Mikrocontrollerboard auf einer Adapterplatine

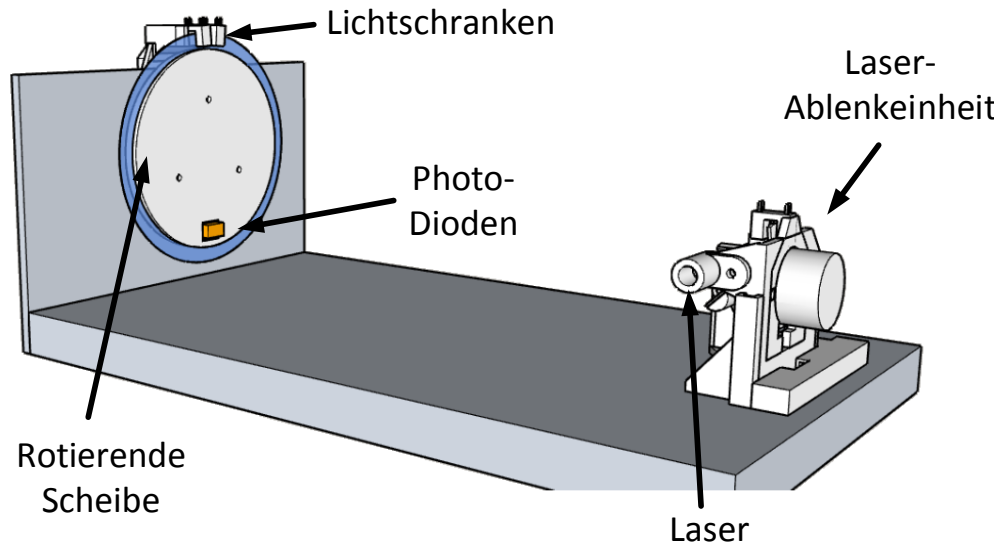


Abbildung 1: Versuchsaufbau Maya

1.2 Inbetriebnahme

Schalten Sie zuerst den Versuchsaufbau (12V-Netzteil) ein und schalten Sie anschließend den Mikrocontroller ein (durch Einstecken des USB-Kabels).

1.3 Debug-LEDs und Logic Analyzer

Die Adapterplatine verfügt über Debug-LEDs für alle benötigten Output-Pins (siehe Beschriftung). Wird der Pin korrekt als Ausgang konfiguriert, so leuchtet die LED rot, wenn der Ausgang auf HIGH liegt. Liegt der Pin auf LOW, so leuchtet die entsprechende LED grün. Nützen Sie diese Hilfe zur korrekten Konfiguration der Pins!

Zusätzlich zu den Debug-LEDs sind einige relevante digitale Pins 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 8 Kanälen (LA CH0 .. CH7) ist in den Folgekapiteln ersichtlich.

2 Hardware

Der Versuchsaufbau besteht aus einem Laser, zwei Ablenkspiegeln, die über Schrittmotoren bewegt werden, einer rotierenden Scheibe mit schwarzer Markierung auf einem durchsichtigen Rand (diese unterbricht zwei Lichtschranken) sowie vier Fotodioden, die auf der rotierenden Scheibe angebracht sind.

Der Mikrocontroller ist eine (über USB emulierte) asynchrone Schnittstelle (UART) mit dem Labor-PC verbunden. Die Konfigurationsparameter dieser Schnittstelle sind frei wählbar, solange sie im Terminalprogramm und auf dem Mikrocontroller identisch konfiguriert sind. Auf den Labor-PCs ist das Terminalprogramm 'Tera Term' vorinstalliert.

Die gesamte Pinbelegung ist in Tabelle 2 zusammengefasst.

2.1 Rotierende Scheibe und Lichtschranken

Die Änderung der Geschwindigkeit und der Drehrichtung der rotierenden Scheibe kann über ein Potentiometer am Versuchsaufbau vorgenommen werden. In der Mittelposition, erkennbar durch ein Einrasten des Potentiometers, steht die Scheibe still. Durch Drehen des Potentiometers nach links oder rechts dreht sich die Scheibe in die entsprechende Richtung, wobei die Drehgeschwindigkeit vom Ausschlag des Potentiometers abhängt.

Der äußerste Rand der rotierenden Scheibe ist durchsichtig und besitzt schwarze Markierungen. Zwei Lichtschranken werden von diesen schwarzen Markierungen bei einer rotierenden Scheibe zyklisch unterbrochen und können zur Bestimmung von Drehrichtung, -Geschwindigkeit sowie Position der Scheibe verwendet werden. Durch beide Lichtschranken, die um $1/4$ der Markierungsbreite relativ zueinander versetzt angeordnet sind, ist es möglich die Drehrichtung zu bestimmen. Grafik 2 stellt das Muster dar, welches die Lichtschranken bei einer rotierenden Scheibe ausgeben. Wird die Lichtschranke unterbrochen, so liefert der zugehörige Pin logisch 'High', ansonsten 'Low'.

Der 'Nulldurchgang' (wichtig für die absolute Positionsbestimmung) ist durch eine breitere Markierung gekennzeichnet. Diese sieht im von den Lichtschranken erkannten Muster genau so wie eine schnell links-rechts-links, bzw. rechts-links-rechts Drehrichtungsänderung aus, und ist ebenfalls in Abbildung 2 dargestellt. Da eine derartige Drehrichtungsänderung praktisch nicht vorkommt, kann dieses Musterverwendet werden, um die 'Null-Lage' zu bestimmen.

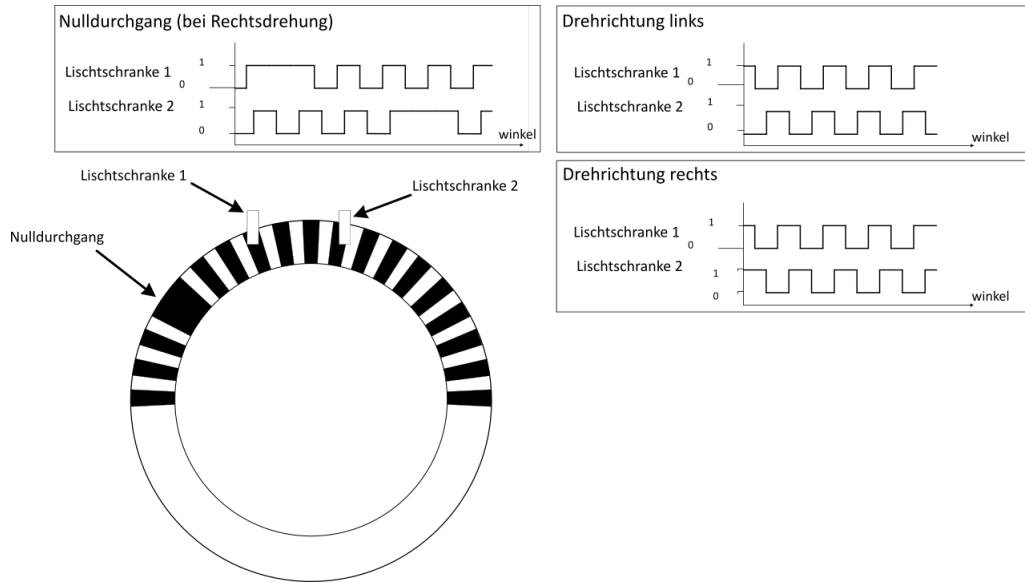


Abbildung 2: Darstellung der Ausgangs-Signalpegels der Lichtschranken bei einer rotierenden Scheibe, in Abhängigkeit der Drehrichtung und des Nulldurchgangs.

Insgesamt befinden sich 115 schwarze Markierungen sowie eine breitere Markierung für den Nulldurchgang auf der Scheibe.

2.2 Laser

Der Laser leuchtet bei eingeschaltetem Versuchsaufbau standardmäßig. Sie brauchen bzw. können diesen nicht über den Mikrocontroller ein oder ausschalten.

2.3 Laser-Ablenkeinheit

Die Laser-Ablenkeinheit besteht aus zwei Spiegeln, deren Winkel jeweils über einen Schrittmotor eingestellt werden kann. Einer der Spiegel lenkt den Laserstrahl dabei in vertikaler Richtung ab, während der zweite diesen in horizontaler Richtung ablenkt. Diese Ablenkeinheit ist in Abbildung 3 dargestellt. Dadurch kann der Laserstrahl auf eine bestimmte Position auf der rotierenden Scheibe gerichtet werden.

Wird der Versuchsaufbau in Betrieb genommen, so führt dieser selbstständig eine Initialisierung durch und bewegt die beiden Spiegel in eine vor-

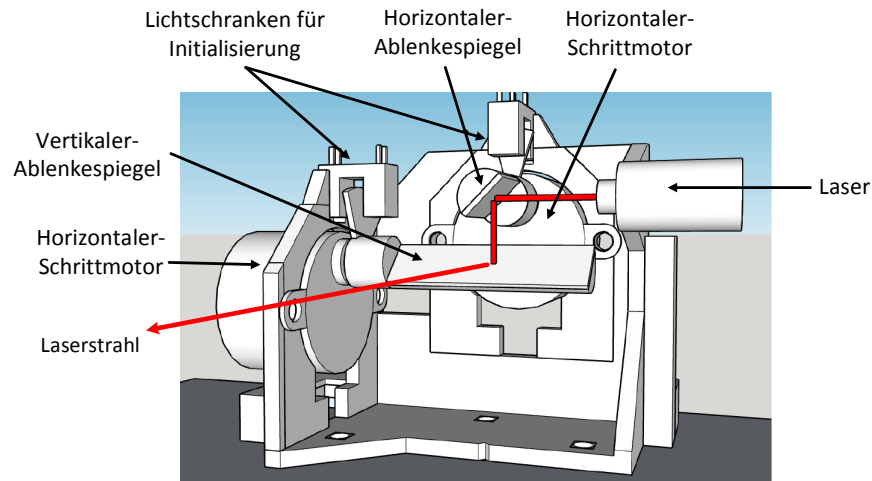


Abbildung 3: Schrittmotoren und zugehörige Ablenkspiegel für den Laser

definierte Position, in der der Laserstrahl unten auf die Scheibe gerichtet ist. Diese Initialposition wird über zwei Lichtschranken an der Ablenkeinheit erkannt. Bei Bedarf können Sie diese Lichtschranken ebenfalls nutzen (obwohl das für die Lösung der Aufgabe nicht erforderlich ist).

Die Spulen der Schrittmotoren werden direkt über einen Ausgangspin unipolar angesteuert. In Abbildung 4 ist eine unipolare Beschaltung eines Schrittmotors schematisch dargestellt. Die Spulen müssen dabei, in der gewünschten Richtung, nacheinander angesteuert werden, um den Rotor des Motors einen Schritt weiter zu drehen. Eine solche Ansteuerung erzeugt Vollschritte. Für eine feinere Positionierung ist es möglich, zwei benachbarte Spulen gleichzeitig anzusteuern, wodurch der Rotor in einer Zwischenlage zum Stehen kommt (Halbschrittbetrieb). Detailliertere Beschreibungen können Sie in der Literatur finden.

Neben der Laser-Ablenkeinheit befindet sich ein kleiner 'Joystick'. Diesen können sie benutzen um den Laserstrahl manuell auszurichten, bzw. die Ablenkspiegel manuell einzustellen.

2.4 Fotodioden

Auf der rotierenden Scheibe befinden sich vier Fotodioden nebeneinander in einer 2x2-Matrix angeordnet. Ziel ist es, dass sich der Laserstrahl immer in der Mitte dieser Fotodioden befindet, d.h. alle Fotodioden müssen glei-

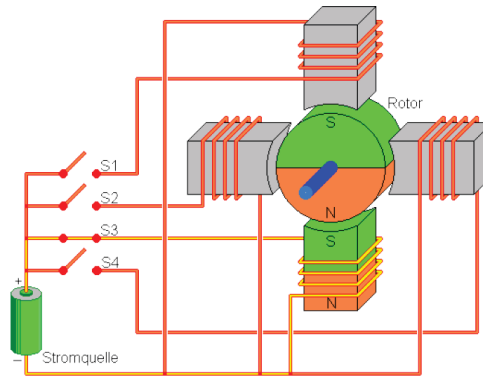


Abbildung 4: Schematische Darstellung eines Schrittmotors in unipolarer Beschaltung. Quelle: Wikipedia

chermaßen stark angeleuchtet werden. Ist zB eine Fotodiode gar nicht angeleuchtet und eine andere voll, so kann leicht bestimmt werden, dass sich der Laserpunkt nicht in der Mitte befindet und die Ablenkung des Laserstrahls kann entsprechend nachgeregelt werden. Zu achten ist auf die Lage dieser Fotodioden, da diese von der Drehposition der Scheibe abhängen, und das Koordinatensystem entsprechend dem Winkel der Scheibe mitgedreht werden muss. Die dazu benötigte Position der Scheibe kann wie in Kapitel 2.1 beschrieben ermittelt werden.

Die Information wie stark eine Fotodiode angestrahlt wird sendet der Versuchsaufbau selbständig und fortlaufend über eine asynchrone Schnittstelle. Dabei wird jeweils ein Byte pro Fotodiode übertragen, wobei die unteren sechs Bits die Intensität angeben und die oberen zwei Bits um welche der vier Dioden es sich handelt. Die Nummerierung (Adressen) der Fotodioden können Sie aus Abbildung 5 entnehmen, die Bit Aufteilung innerhalb eines Intensität-Bytes ist in 1 dargestellt.

Achtung: Bedenken Sie, dass die Daten der Dioden *unaufhörlich* über die UART an den Mikrocontroller gesendet werden. Werden die empfangenen Daten nicht rechtzeitig ausgelesen, können sie einerseits verloren gehen und andererseits kann ein Overflow Event der UART ausgelöst werden.

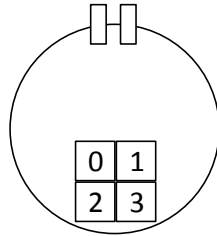


Abbildung 5: Die Anordnung der Fotodioden auf der Drehscheibe.

bit_7	bit_6	bit_5	bit_4	bit_3	bit_2	bit_1	bit_0
A_1	A_0	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0

Tabelle 1: Aufbau eines Bytes, welches die Intensität einer Fotodiode enthält, mit den Datenbits D und den Addressbits A

+

Konfigurieren Sie die USART Schnittstelle dabei wie folgt:

- TX auf Pin PA9 (wird für diese Übung nicht benötigt)
- RX auf Pin PA10
- Baudrate: 115200
- Stoppbit: 1
- Parity: None

2.5 Pinbelegung

Tabelle 2 zeigt die Pinbelegung zwischen dem Controller-Board und seiner Umgebung.

STM32-Pin	Beschreibung	Funktionseinheit	LA CHx
PB6	Schrittmotor Spule 1	Vertikale- Laserstrahlablenkung	
PB7	Schrittmotor Spule 2		
PB8	Schrittmotor Spule 3		
PB9	Schrittmotor Spule 4		
PC9	Schrittmotor Spule 1	Horizontale- Laserstrahlablenkung	LA CH6
PC10	Schrittmotor Spule 2		LA CH5
PC11	Schrittmotor Spule 3		LA CH4
PC12	Schrittmotor Spule 4		LA CH3
PB3	Lichtschanke 1	Rotierende Scheibe	LA CH2
PB4	Lichtschanke 2		LA CH0
PB5	Lichtschanke vertikal	Laserstrahl- Ablenkungseinheit	
PB10	Lichtschanke horizontal		
PA9	UART - TX	UART-Schnittstelle zu Maya	LA CH1
PA10	UART - RX		
PA2	UART - TX	UART-Schnittstelle zum PC	
PA3	UART - RX		

Tabelle 2: Pinbelegung des STM32F334R8 für den Versuchsaufbau Maya

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:

1. Implementieren Sie eine USART Verbindung zu einem Terminal-Programm auf dem PC. Damit können Sie Tastatureingaben einlesen und Werte ausgeben, was hilfreich für den weiteren Übungsablauf sein kann.
2. Steuern Sie die Schrittmotoren für die Laserstrahlablenkung an.
3. Lesen Sie die Daten der Lichtschranken ein und bestimmen Sie die Drehrichtung, Position und Geschwindigkeit der Scheibe.
4. Lesen Sie die Intensitätswerte der Fotodioden ein.
5. Implementieren Sie eine Regelung um den Laserstrahl stets in die Mitte der Fotodioden zu richten. Berücksichtigen Sie dann die Position der Scheibe, damit die Regelung in allen Winkellagen der Scheibe funktioniert.

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 Tutoren nach, ob Sie das dürfen. Unnötige Warteschleifen führen zu Punkteabzügen.

- Genügend: Die Schrittmotoren können angesteuert werden und eine vordefinierte Bahn abfahren, z.B.: eine Kreisbahn. Die Geschwindigkeit, in 'Umdrehungen/Sekunde', sowie die Drehrichtung der Drehscheibe kann ermittelt werden und über die UART Verbindung auf dem Terminal-Programm am Labor-PC ausgegeben werden.
- Befriedigend: Die Intensitätswerte der Fotodioden können eingelesen werden und der Laserstrahl kann den Fotodioden innerhalb eines vordefinierten Bereiches auf der Scheibe folgen. Dieser Bereich kann ein beliebiger Bereiche sein, welcher statisch im Programm eingestellt wird, z.B.: links oben.
- Gut: Den Fotodioden kann zumeist und bei niedriger Drehzahl der Scheibe gefolgt werden.
- Sehr gut: Den Fotodioden kann bis zu einer Drehzahl von 1,5 Umdrehungen pro Sekunde zuverlässig gefolgt werden.