

PM2

Workshop 2

PES-Board / PM2-Library

M. Peter

E-Mail: pmic@zhaw.ch

Office : TE 309

C. Huber

E-Mail: hurc@zhaw.ch

Office : TE 673

Ablauf

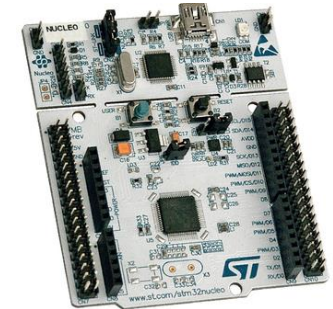
Workshop 2

- Kennenlernen von PES Board und PM2_Driver Library
- Hardware
- Peripherie
- Herunterladen und Verwenden eines zweiten Programms:
 - Servo-Motor ansteuern
 - DC-Motor ansteuern
 - Open-Loop (keine Regelung)
 - Closed-Loop Geschwindigkeitsgeregelt
 - Closed-Loop Positionsgeregelt

Hardware

Nucleo F446RE

- Specs, Interfaces und Pinout: <https://os.mbed.com/platforms/ST-Nucleo-F446RE/>
- Zusammen mit Mbed: Plug and Play



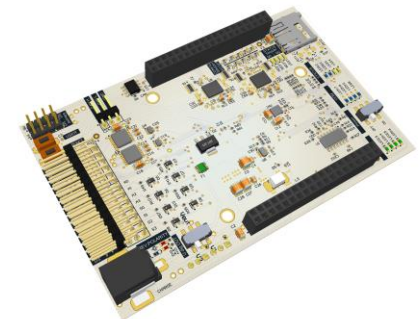
PES-Board

Hardwaretreiber

- 3 DC-Motoren (brushed)
- 4 Servos (besetzen die 4 DI/O falls verwendet)
- 4 DI/O, 3.3V (5V tolerant)
- 4 AI/O, 3.3V (5V tolerant)

Sensoren

- 3 Encoder-Counter (für Geschwindigkeitsregelung der DC-Motoren)

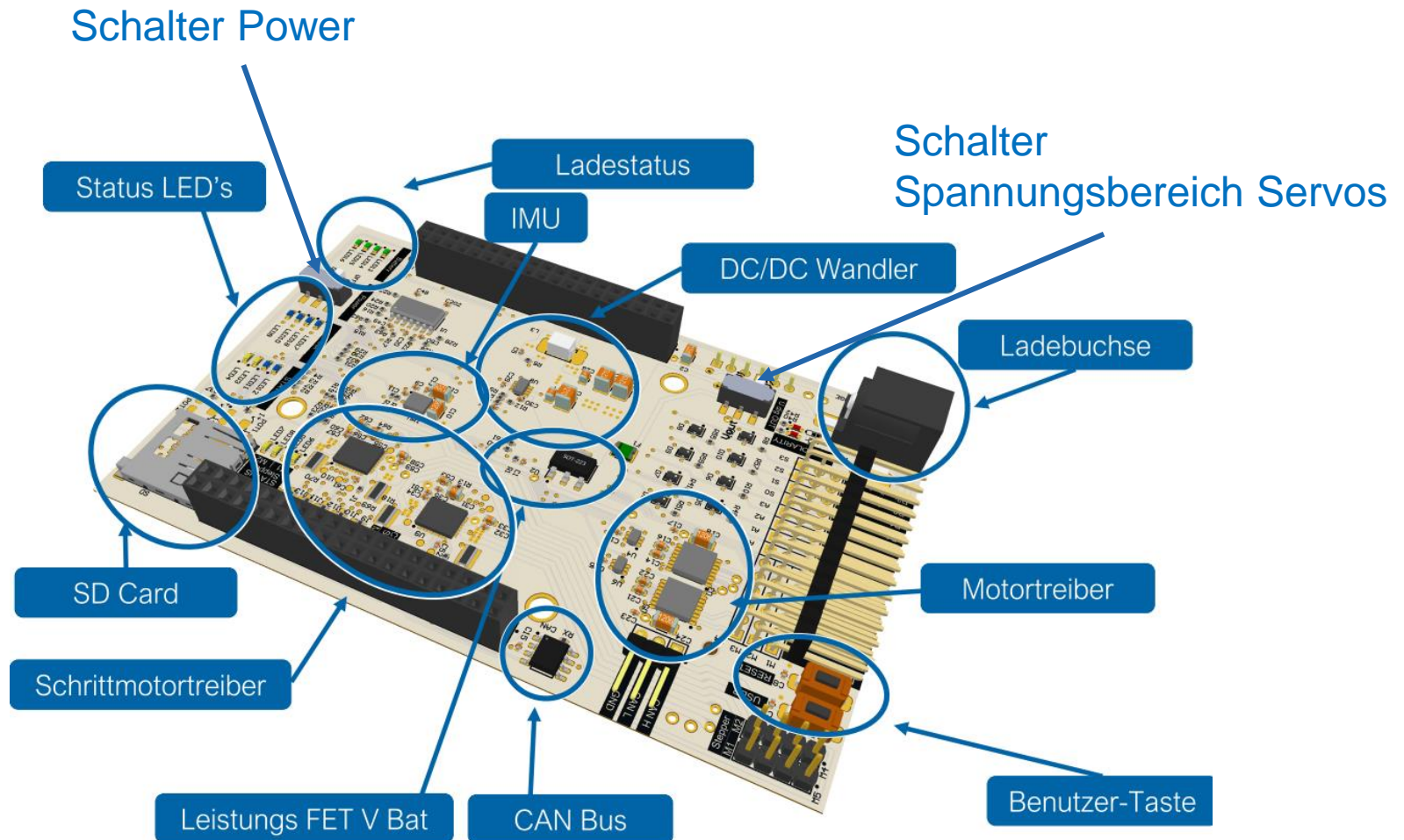


Sensoren

Sharp GP2Y0A41SK0F analog IR Distanz Sensor

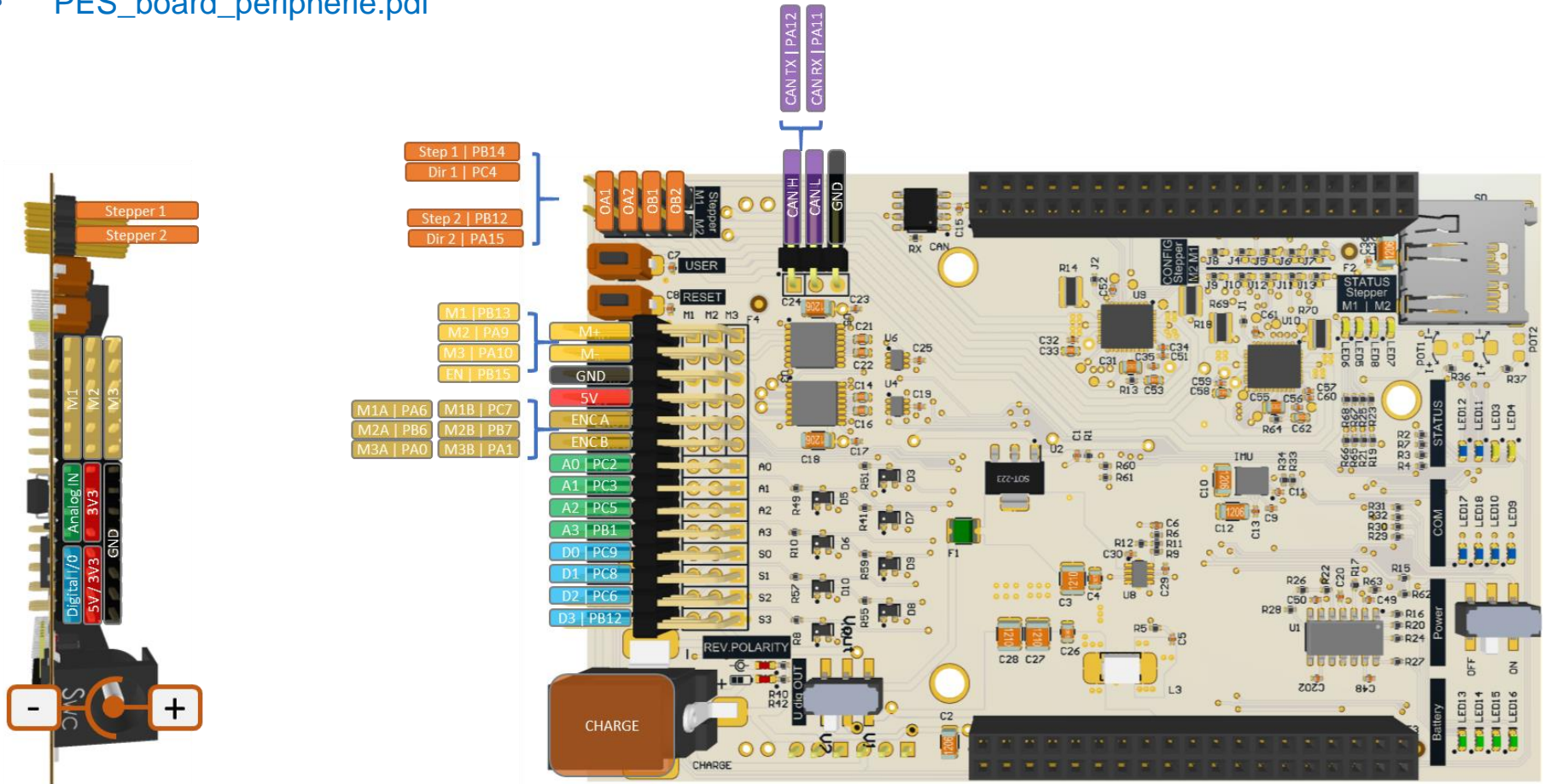
- Nichtlineare Sensorkennlinie → muss kalibriert werden

PES Board - Komponenten



PES Board - Peripherie

- PES_board_peripherie.pdf



PES Board - Map zu Nucleo F446RE

- PES_board_pin_mapping.pdf

Nucleo-F446RE															
Nucleo Pin #	STM32 Pin #	Pin Name	CAN	UART	USB	PWM	SPI	I2C	Counter	Analog In	AnalogOut	GPIO	Funktion	Beschreibung	Typ
CN7-1	51	PC10		UART3_TX / UART4_TX			SP13_SCK					PC10	SP13_SCK	SD SPI SCK	REF
CN7-2	52	PC11		UART3_RX / UART4_RX			SP13_MISO					PC11	SP13_MISO	SD SPI MISO	NC
CN7-3	53	PC12		UART3_CK / UART4_TX			SP13_MOSI	I2C2_SDA				PC12	SP13_MOSI	SD SPI MOSI	NC
CN7-4	54	PD2		UART3_RX					TIM9_ETR			PD2		SD SPI CS	NC
CN7-5	55	PD3													REF
CN7-6	56	PD4													PWR
CN7-7	60	BD0070													
CN7-8		GND													GND
CN7-9		NC													NC
CN7-10		NC													NC
CN7-11		NC													NC
CN7-12		GND													
CN7-13	46	PA13										PA13		SWDIO-ITMS	3.3V
CN7-14	7	PD5												SWCLK-ITCK	3.3V
CN7-15	48	PA14										PA14			REF
CN7-16	50	PA15		UART4_RTS			SP13_NSS / SP13_NSS		TIM2_CH1 / TIM2_ETR			PA15	PA15	Schrittmotor2_DIR	3.3V
CN7-17	51	PA16													REF
CN7-18		GND													GND
CN7-19		GND													GND
CN7-20		GND													GND
CN7-21	59	PB7		UART1_RX				I2C2_SCL	TIM4_CH2			PB7	TIM4_CH2	Encoder B M2	3.3V
CN7-22		GND													GND
CN7-23	2	PC13										PC13	PC13	User Button	3.3V
CN7-24															PWR
CN7-25	3	PC14										PC14			3.3V
CN7-26		NC													NC(Nucleo)
CN7-27	4	PC15										PC15			3.3V
CN7-28	14	PA0		UART2_CTS / UART4_TX		TIM9_ETR				ADC121_IN0		PA0	TIM2_CH1	Encoder A M3	3.3V
CN7-29	5	PH0										PH0			3.3V
CN7-30	15	PA1		UART2_RTS / UART4_RX						ADC121_IN1		PA1	TIM2_CH2	Encoder B M3	3.3V
CN7-31	6	PH1										PH1		Motor Feedback	3.3V
CN7-32	20	PA4								ADC121_IN4	DAC_OUT1	PA4		CS SPI Stepper2	3.3V
CN7-33	1	PA5		UART2_CK			SP13_NSS / SP13_NSS								
CN7-34	26	PB0		UART4_CTS		TIM1_CH2N / TIM1_CH2N	SP13_MOSI		TIM9_CH3			PB0	ADC121_IN8		3.3V
CN7-35	10	PC2					SP13_MISO			ADC121_IN12		PC2	ADC121_IN12	Analog0 (oder MISO SPI Stepper)	3.3V
CN7-36	9	PC1					SP13_MOSI / SP13_MOSI			ADC121_IN11		PC1	PC1		3.3V
CN7-37	11	PC3								ADC121_IN13		PC3	ADC121_IN13	Analog1 (oder MOSI SPI Stepper)	3.3V
CN7-38	8	PC0								ADC121_IN0		PC0	PC0		3.3V
CN10-1	40	PC9		UART3_CTS		TIM8_CH4		I2C1_SDA	TIM8_CH4			PC9	I2C1_SDA	I2C SDA IMU	3.3V
CN10-2	39	PC8		UART3_RTS / UART3_CK		TIM8_CH3						PC8	I2C1_SCL	Servo 1 / D3	3.3V
CN10-3	61	PB8	CAN1_RX					I2C1_SCL	TIM8_CH1 / TIM2_ETR / TIM8_CH3 / TIM10_CH1			PB8	I2C1_SCL		3.3V
CN10-4	37	PC6		UART6_TX		TIM8_CH1						PC6	PC6	Servo 2 / D2	3.3V
CN10-5	62	PB9					SP13_NSS	I2C1_SDA	TIM8_CH2 / TIM8_CH4 / TIM11_CH1			PB9	I2C1_SDA		3.3V
CN10-6	25	PC5		UART3_RX						ADC121_IN15		PC5	ADC121_IN15	Analog2	3.3V
CN10-7	13	AD004													REF
CN10-8															NC
CN10-9		GND													GND
CN10-10		NC													NC
CN10-11	21	PA5								ADC121_IN9	DAC_OUT2	PA5	PA5	CAN TX	3.3V
CN10-12	45	PA12	CAN1_TX	UART1_RTS	USB_FS_D-	TIM1_CH1N	SP13_SCK		TIM8_CH1 / TIM2_ETR			PA12	CAN1_TX		3.3V
CN10-13	22	PA6										PA6	TIM8_CH1	Encoder A M1	3.3V
CN10-14	44	PA13	CAN1_RX	UART1_CTS	USB_FS_D+	TIM1_CH1	SP13_MISO		TIM8_CH1 / TIM13_CH1			PA13	CAN1_RX		3.3V
CN10-15	23	PA7										PA7			3.3V
CN10-16	33	PB12		UART1_CK		TIM1_CH1N / TIM1_CH1N	SP13_MOSI		TIM8_CH2 / TIM14_CH1			PB12	PB12	Servo 3 / D3 (ODDER Stepper 2 STEP)	3.3V
CN10-17	58	PB6	CAN2_TX	UART1_TX		TIM1_BKIN	SP13_NSS	I2C2_SMDA				PB6	TIM8_CH1	Encoder A M2	3.3V
CN10-18		NC						I2C2_SCL	TIM1_CH1						CS
CN10-19	38	PC7		UART6_RX		TIM8_CH2	SP13_SCK		TIM8_CH2			PC7	TIM8_CH2	Encoder B M1	3.3V
CN10-20		GND													GND
CN10-21	42	PA9		UART1_TX		TIM1_CH2	SP13_SCK	I2C2_SMDA				PA9	TIM1_CH2	PWM Motor M2	3.3V
CN10-22	28	PB2					SP13_MOSI		TIM8_CH4			PB2		Servo0	3.3V
CN10-23	41	PA8		UART1_CK		TIM1_CH1		I2C2_SCL				PA8	I2C1_SCL	I2C CLK IMU	3.3V
CN10-24	27	PB1										PB1	ADC121_IN9	Analog3	3.3V
CN10-25	28	PB10		UART3_TX		TIM1_CH1N / TIM1_CH1N	SP13_SCK	I2C2_SCL	TIM2_CH1			PB10	UART3_TX	Solder-BECK SPI Stepper1	3.3V
CN10-26	36	PB15					SP13_MOSI		TIM2_CH2			PB15		Enable Motor	3.3V
CN10-27	56	PB4					SP13_MISO / SP13_MISO / SP13_NSS	I2C2_SDA	TIM1_CH1			PB4			3.3V
CN10-28	35	PB14		UART3_RTS	USB_HS_D-	TIM1_CH1N / TIM1_CH1N	SP13_MISO		TIM2_CH1			PB14		Stepper 1 STEP	3.3V
CN10-29	57	PB5	CAN2_RX				SP13_MOSI / SP13_MOSI	I2C2_SMDA				PB5		Solder-BECK Stepper 1	3.3V
CN10-30	34	PB13		UART3_CTS		TIM1_CH1N	SP13_SCK					PB13	TIM1_CH1N	PWM Motor M1	3.3V
CN10-31	55	PB3					SP13_SCK / SP13_SCK	I2C2_SDA	TIM2_CH2			PB3			3.3V
CN10-32		AGND													AGND
CN10-33	43	PA10		UART1_RX		TIM1_CH3						PA10	TIM1_CH3	PWM Motor M3	3.3V
CN10-34	24	PC4								ADC121_IN14		PC4		Stepper 1 DIR	3.3V
CN10-35	16	PA2										PA2	UART3_TX	ST Link Serial Port	3.3V
CN10-36		NC													NC
CN10-37	17	PA3		UART2_RX								PA3	UART2_RX	ST Link Serial Port	3.3V
CN10-38		NC													NC

PES Board - Speisung

Spannungsbereiche

- Die Spannung der DO (Servos) wird über den Schalter hinter der Ladebuchse eingestellt: **3.3 V** oder **5 V**
- Die Spannung der DC Motoren wird über die Anzahl Battery-Packs bestimmt. Pro Pack **~6 V**. Falls nur ein Pack verwendet wird, muss die Anschlussstelle des zweiten Packs mit einem Jumper überbrückt werden. Falls lediglich **6 V** verwendet werden ist dies in der Firmware bei der Parametrierung der SpeedController und PositionController Klasse entsprechend zu parametrieren.

Sicheres Arbeiten

- Beim Arbeiten an Hardware (umstecken etc.) ist diese **immer** Spannungsfrei (PES-Board nicht mit Rechner verbunden und Leistungsschalter Board OFF). Das USB-Kabel sollte erst nach dem Einschalten des Power-Schalters mit dem Rechner verbunden werden. **Es gab schon Laptops die beschädigt wurden.**

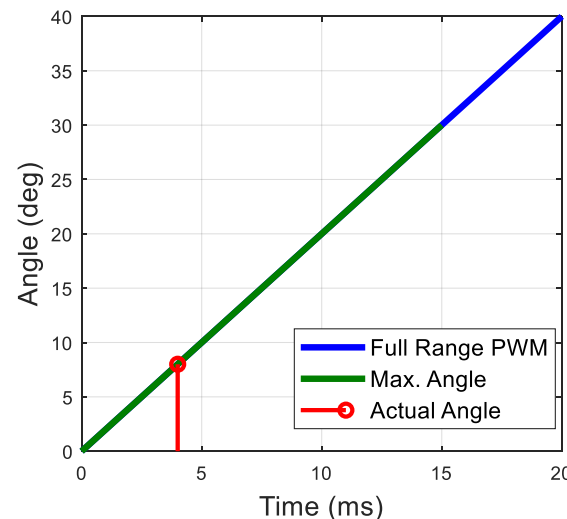
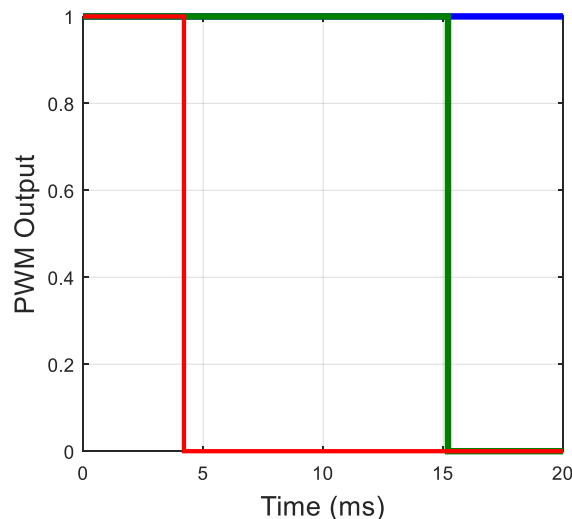
Battery-Packs laden

- Die Battery-Packs werden **nur** dann geladen, wenn Leistungsschalter PES Board auf OFF gestellt sind.

Servo

Futaba Servo S3301

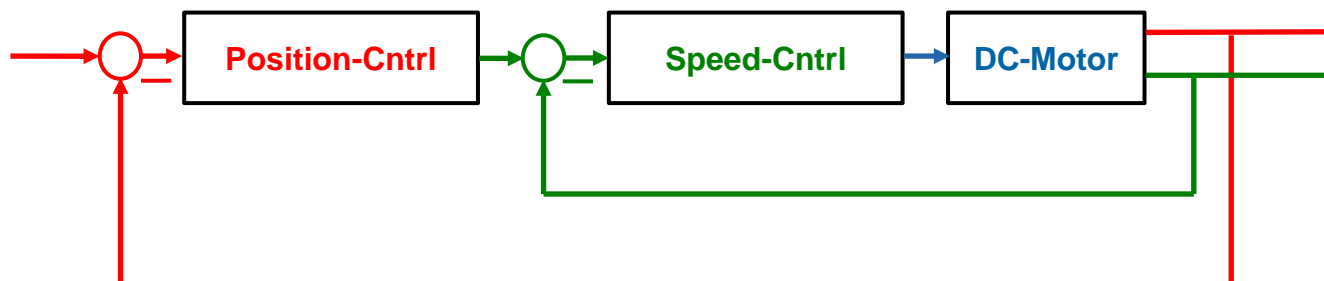
- Betriebsspannung: max. 6 V (wir verwenden 5 V)
- Stellkraft (6 V): 3.02 kg-cm \rightarrow 0.296 Nm (3.02 kg bei 1 cm Hebelarm)
- Winkel stellt sich ein in Abhängigkeit von PWM-High / PWM-Period ein
 - Der maximale Winkel stellt sich schon für Werte PWM-High / PWM-Period $\ll 1$ ein, dies soll experimentell ermittelt werden
 - Für PWM-High / PWM-Period nahe 0 und im Bereich von max. Angle brummt der Servo falls enabled



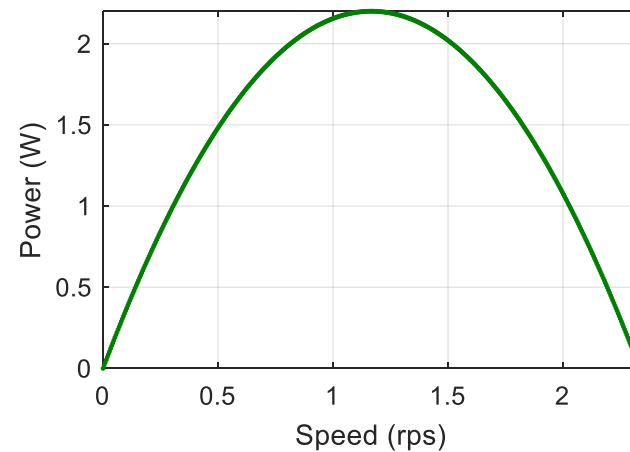
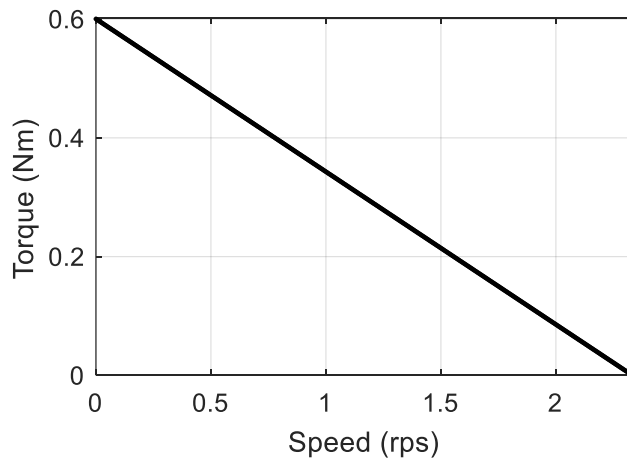
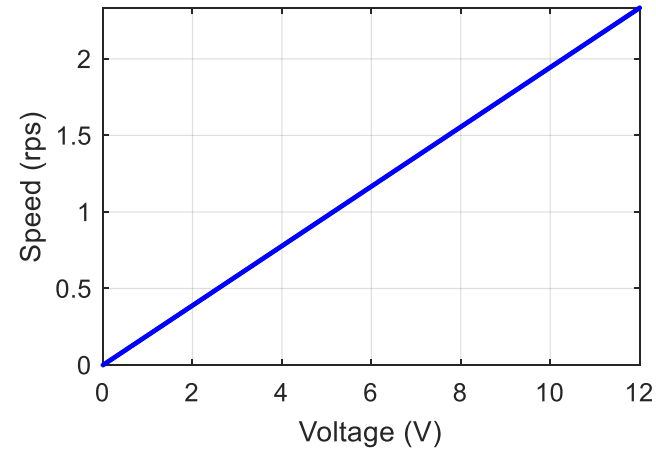
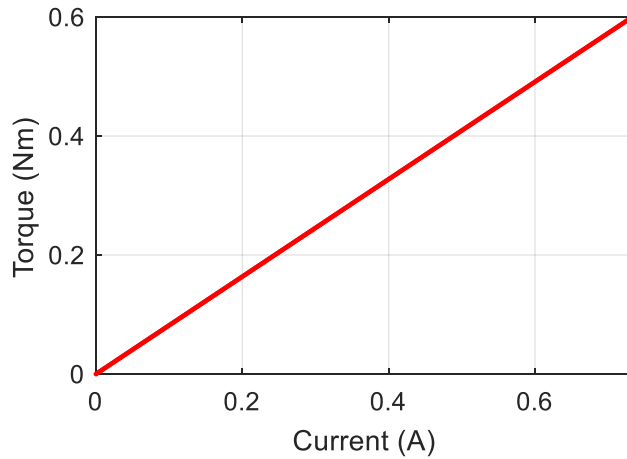
DC-Motor

Pololu Metal Gearmotor 12V Carbon Brushed (100:1)

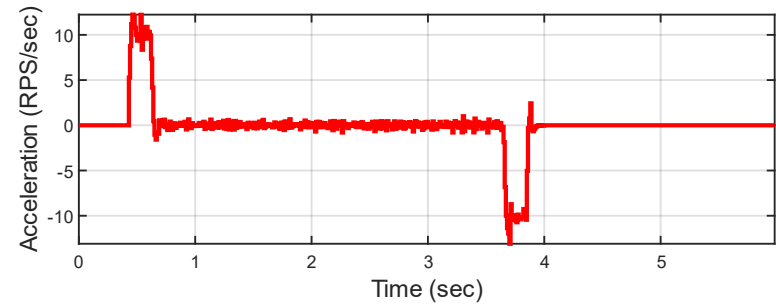
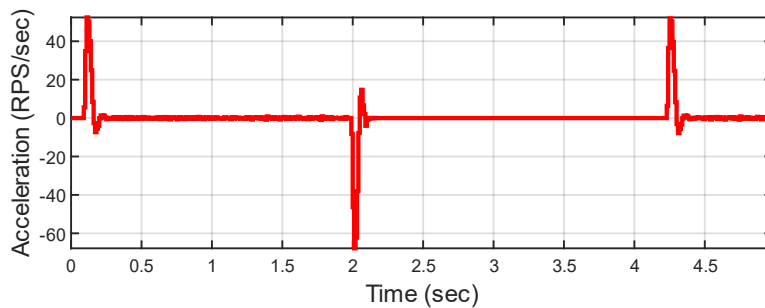
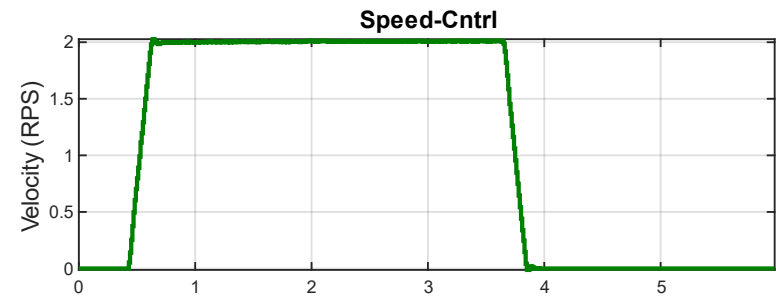
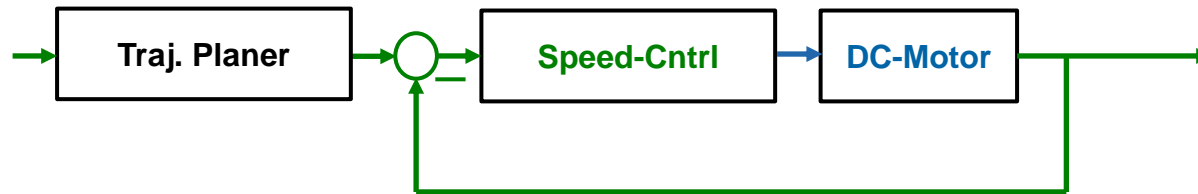
- Betriebsspannung: bis 12 V
- Maximalgeschwindigkeit: 140 RPM (2.333 RPS) bei 12 V, 70 RPM (1.1667 RPS) bei 6 V
- Drehzahlkonstante: $140 \text{ RPM} / 12 \text{ V} = 11.667 \text{ RPM} / \text{V}$
- Maximalmoment: 0.60 Nm
- Getriebe: 100:1 (Untersetzung)
- Encoder: 20 Inc/Rev (CPT, CPR)
- 3 unterschiedliche Betriebsmodi mit PM2-Driver:
 - Open-Loop (keine Regelung)
 - Closed-Loop Geschwindigkeitsgeregelt
 - Closed-Loop Positionsgeregelt



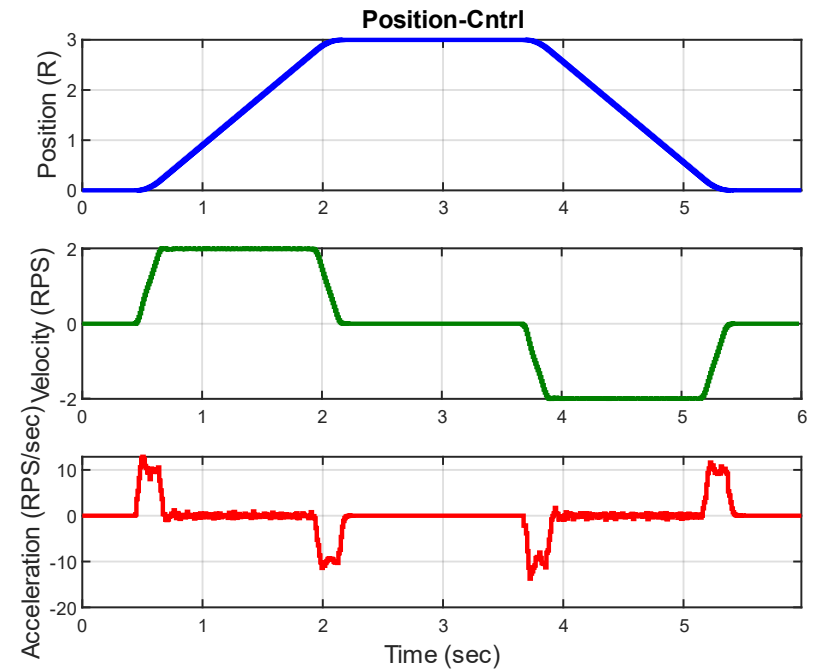
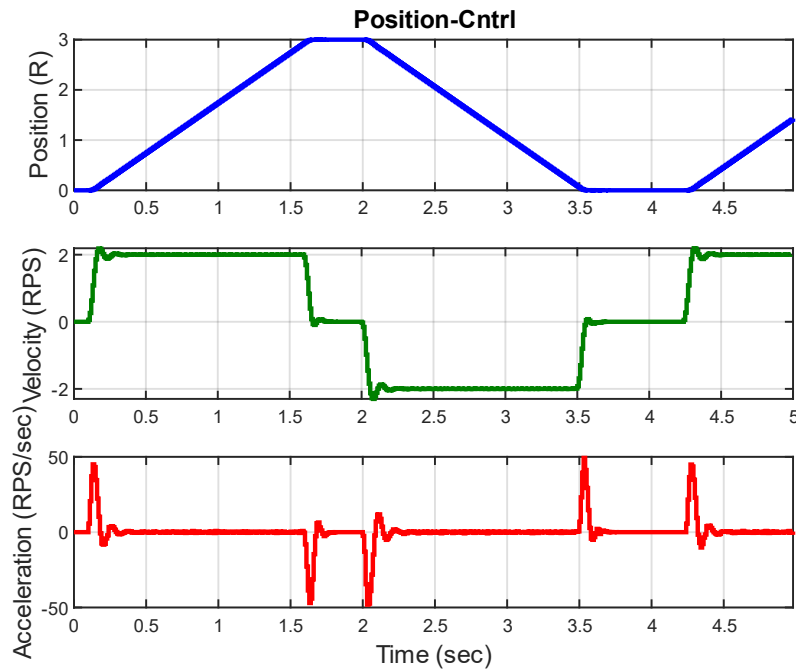
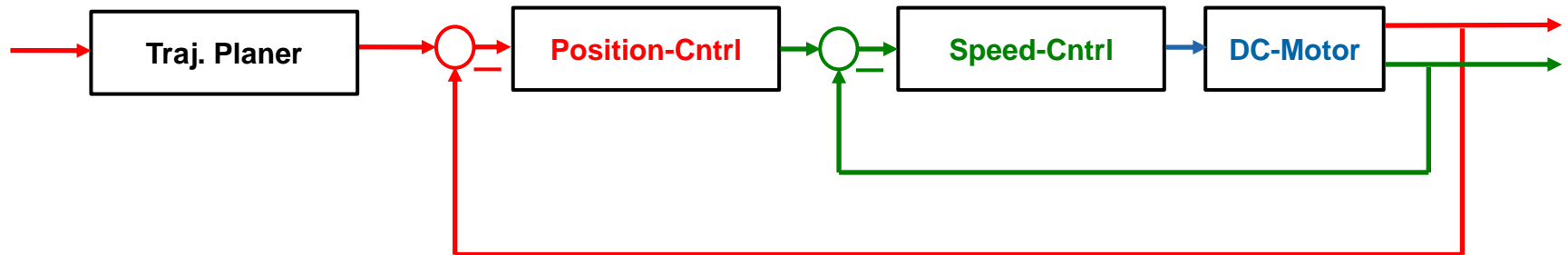
DC-Motor Statische Kennlinien



DC-Motor Geschwindigkeitsgeregelt



DC-Motor Positionsgeregelt



Inbetriebnahme PES Board

Aufgabenstellung

1. Überprüfen Sie, ob der Spannungsausgang für die Servos am PES-Board auf 5 V geschaltet ist. Schliessen Sie die Servos an die dafür vorgesehenen Ausgänge des PES-Boards an. Testen Sie ob die Servos sich bewegen wenn Sie den blauen Knopf drücken. Messen Sie die Sensorkennlinie und bestimmen Sie eine Funktion derart, dass sie einen Winkel in Grad vorgeben können. Überlegen Sie sich ein Experiment.
 - Sie suchen eine Funktion welche den Eingang: Winkel in Grad auf den Ausgang: normierter Servowinkel in 1 abbildet
2. Schliessen Sie den DC-Motor am Ausgang M1 an. Im Programmbeispiel wird der Motor open-loop gesteuert. Der Eingang 0...1 wird auf -12V...12V abgebildet. Stellen Sie sicher das eine positive Spannung zu einer positiven Winkeländerung führt (Encoder). Betrachten Sie hierfür die Ausgabe der seriellen Schnittstelle. Falls nein, vertauschen Sie das A und B Signal des Encoders. Ist dies nicht gegeben wird die in Punkt 3. folgende Drehzahlregelung instabil. Versuchen Sie den Programmablauf zu verstehen.
3. Schliessen Sie den DC-Motor (positiver Eingang → positiver Ausgang) am Ausgang M2 am PES-Board an und testen Sie diesen. Im Programmbeispiel wird der Motor Geschwindigkeitsgeregelt betrieben. Sie können nun eine Solldrehzahl in RPS vorgeben. Um die Drehrichtung zu wechseln geben Sie eine negative Solldrehzahl vor. Sie können die maximal erlaubte Beschleunigung mit `speedController_M2.setMaxAccelerationRPS(10.0f)` ; entsprechend Ihren Anforderungen anpassen.
4. Schliessen Sie den DC-Motor (positiver Eingang → positiver Ausgang) am Ausgang M3 am PES-Board an und testen Sie diesen. Im Programmbeispiel wird der Motor Positionsgeregelt betrieben. Sie können nun eine Sollposition in Umdrehungen vorgeben. Um die Drehrichtung zu wechseln geben Sie einfach eine negative Solldrehzahl vor. Neben der Sollposition können Sie ausserdem die maximale Sollgeschwindigkeit vorgeben (betragsmässig). Sie können die maximal erlaubte Beschleunigung mit `positionController_M3.setMaxAccelerationRPS(10.0f)` ; und die maximal erlaubte Geschwindigkeit mit `positionController_M3.setMaxVelocityRPS(10.0f)` ; entsprechend Ihren Anforderungen anpassen.

Hardware - Links

- <https://www.pololu.com>
- <https://www.adafruit.com>
- <https://www.sparkfun.com>
- <https://www.seeedstudio.com>
- <https://www.robotshop.com>
- <https://boxtec.ch>
- <https://www.play-zone.ch>
- <http://farnell.ch>
- <https://www.mouser.ch>
- <https://www.digikey.com>
- <https://www.conrad.ch>
- <https://www.distrelec.ch>

