



Entwurf von Controller-IP-Cores zur Anbindung von Lego Mindstorms-Peripherie an Soft- Prozessoren

Jan Frenzel



Dresden,
13. Februar 2014



Gliederung

1. Aufgabenstellung
2. Überblick – Lego Mindstorms NXT
 1. Porttypen
 2. Sensoren
 3. Protokolle
3. Implementierung
 1. Plattform und Möglichkeiten
 2. Hardware
 3. Software/API
4. Zusammenfassung und Ausblick

AUFGABENSTELLUNG

Aufgaben

- Literaturstudium zu den Lego-Peripheriekomponenten
- Literaturstudium zu den verwendeten Protokollen
- Literaturstudium zu LeJOS
- Recherche zu I/O des SHAP
- Bereitstellung einer Programmierschnittstelle (API)

ÜBERBLICK

Überblick

- Lego RCX (1998), NXT (2006), EV3 (2013)
- Brick:



[1]



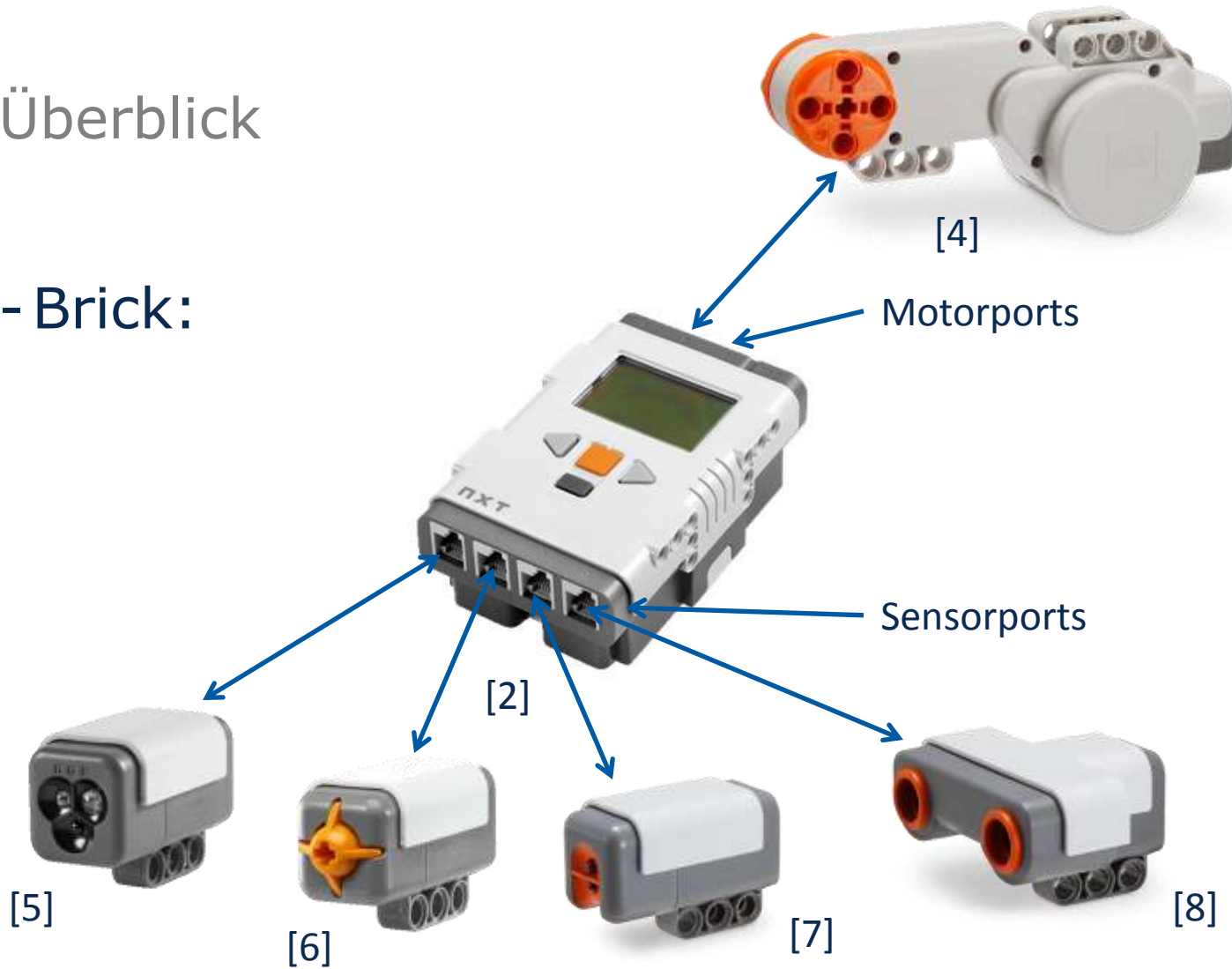
[2]



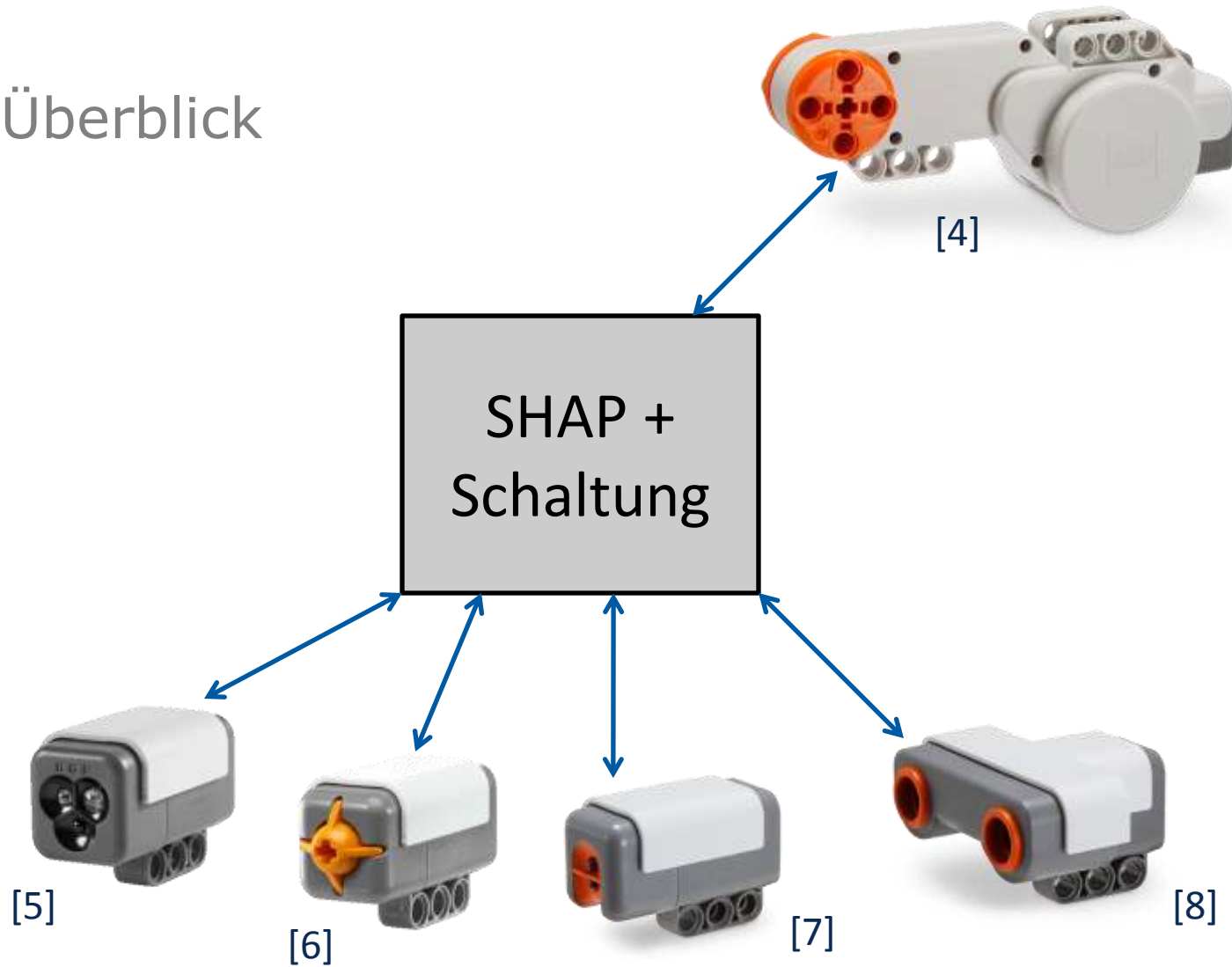
[3]

Überblick

- Brick:



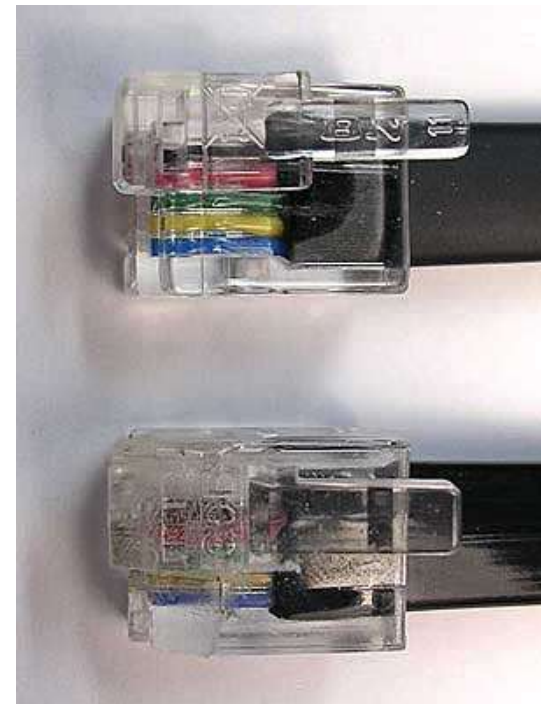
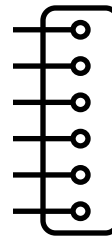
Überblick



Überblick - Port

- 6 Leitungen:

- Betriebsspannung für Sensor/Motor
- Masse
- Signalleitungen



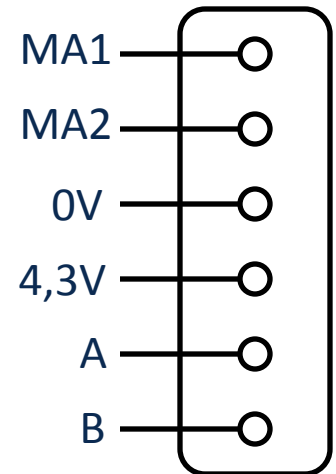
[9]

Überblick - Motor

- Anlegen von 9V bzw. 0V an MA1 und MA2 steuert Motor
- Vier Möglichkeiten:
Vorwärts, Rückwärts, Bremsen, Auslaufen
- Ermitteln des Umdrehungswinkels über Signale A und B

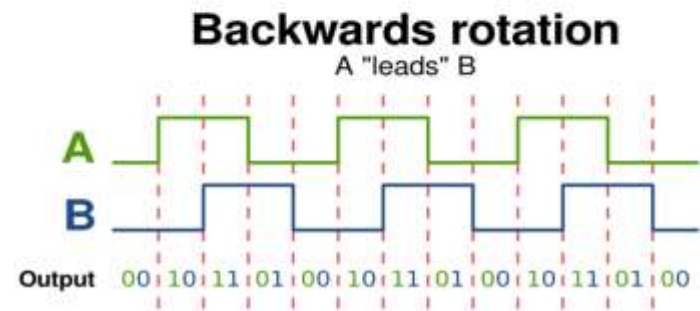
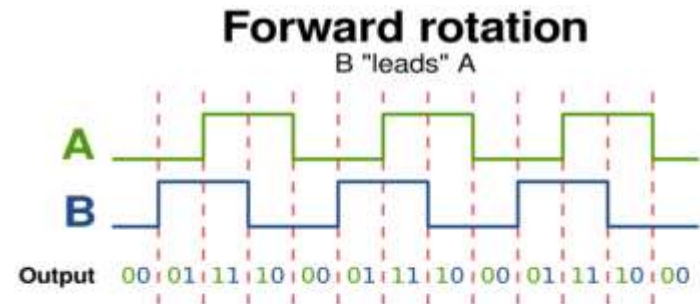


[4]



Überblick - Motor

- Signaländerung bei 0,5°-Umdrehung
- Signale Gray-kodiert
→ 2 Richtungen



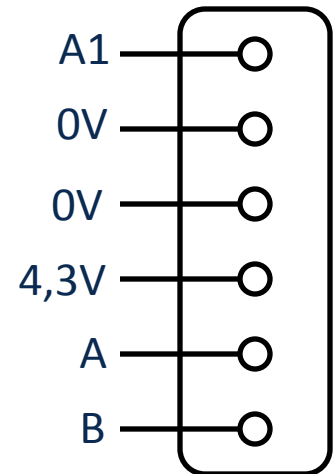
[10]

Überblick - Sensorport

- Lego unterscheidet Sensortypen:
 - Aktive Sensoren (RCX-Sensoren)
 - Passive Sensoren (Tast-, Helligkeits-Sensor)
 - Digitale Sensoren (Ultraschall-Sensor)
- Unterschiedliche Ansteuerung für Sensoren

Überblick - Sensorport

- A1: Betriebsspannung, bei analogen Sensoren auch Signalleitung
- Digitale Sensoren: I²C-Signalleitungen A → SCL, B → SDA
- Analoge Sensoren: A für Moduswahl

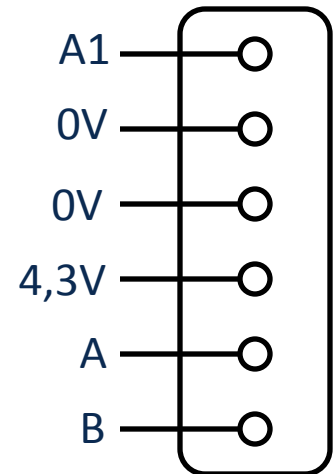


Überblick - Tastsensor

- A1: Betriebsspannung von 5V, Druck-Signal
- A/B unbeschaltet



[6]

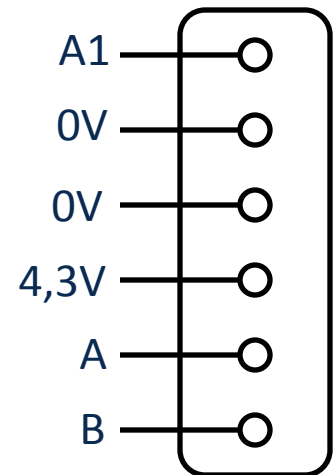


Überblick - Helligkeitssensor

- A1: Betriebsspannung von 5V, analoger Helligkeitwert
- A: LED einschalten
- B: unbeschaltet



[7]

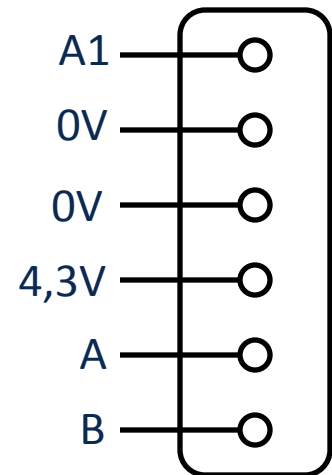


Überblick - Farbsensor

- A1: Betriebsspannung von 5V
- A: Farbwahl
- B: Farbintensität (analog)



[5]

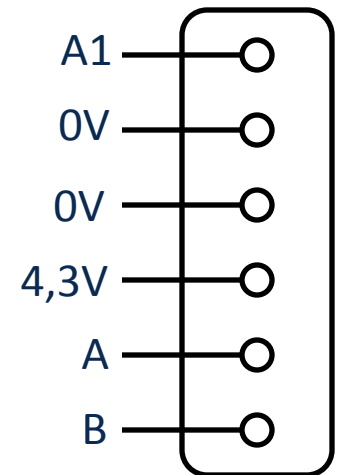


Überblick - Ultraschallsensor

- A1: Betriebsspannung von 9V
- A: SCL
- B: SDA
- Eigener Adressraum mit Konstanten, Kalibrierungswerten, Messwerten
- Device-Adresse: 1



[8]



Überblick – I²C

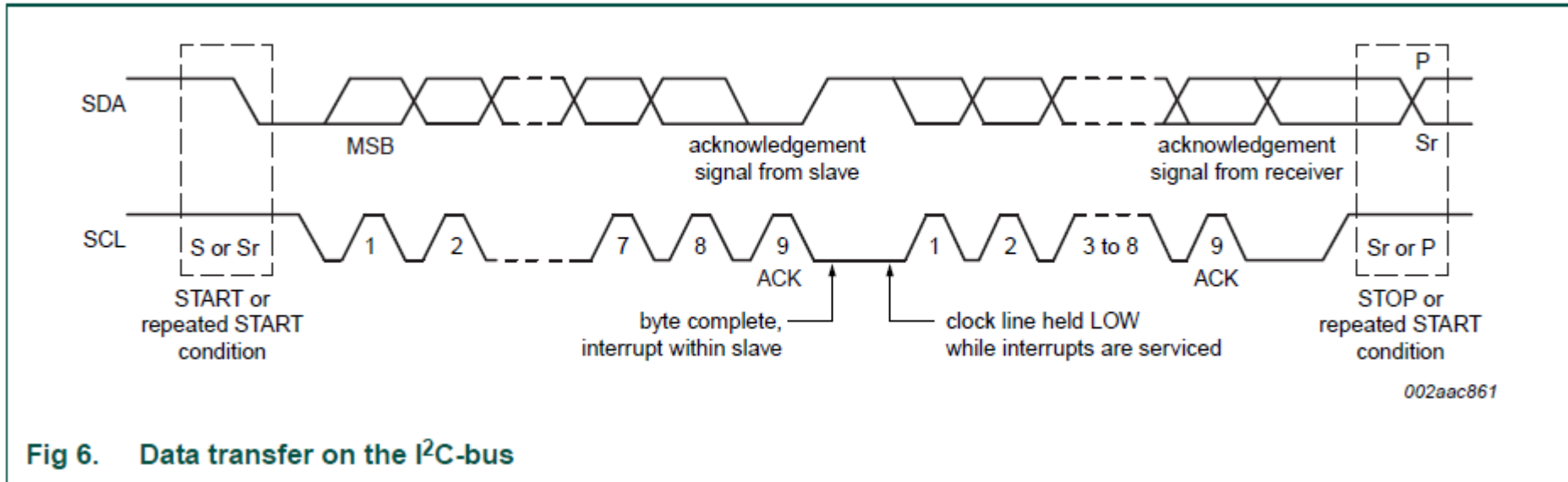
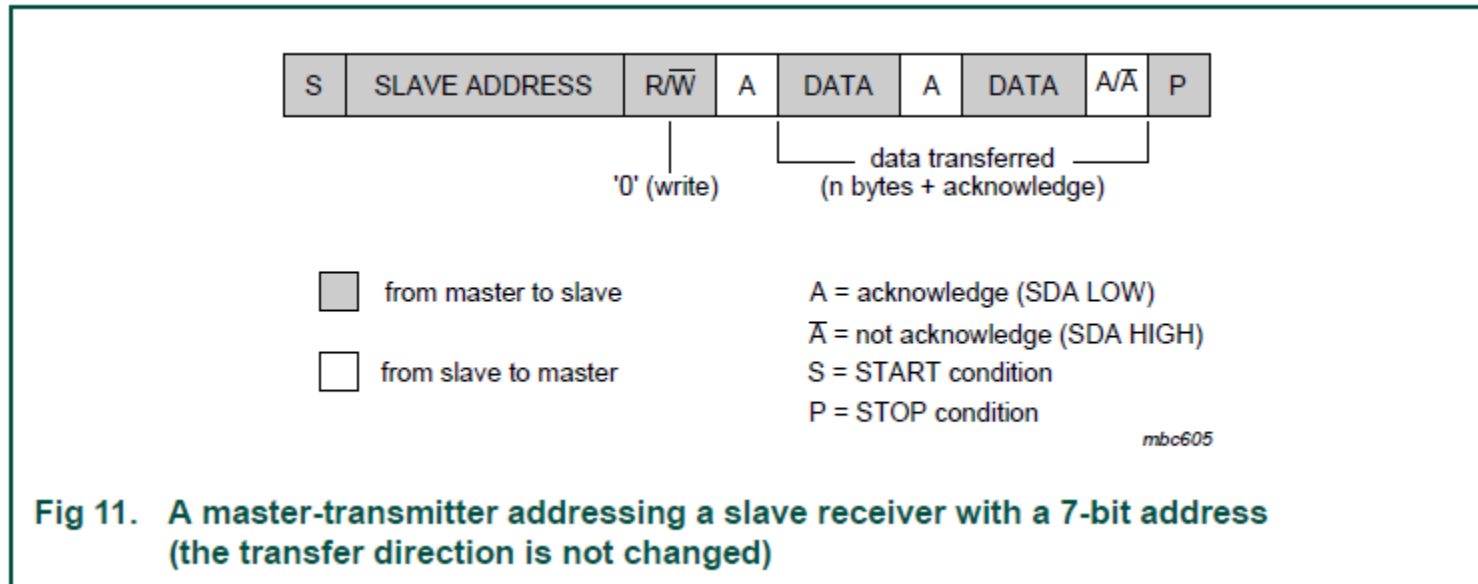


Fig 6. Data transfer on the I²C-bus

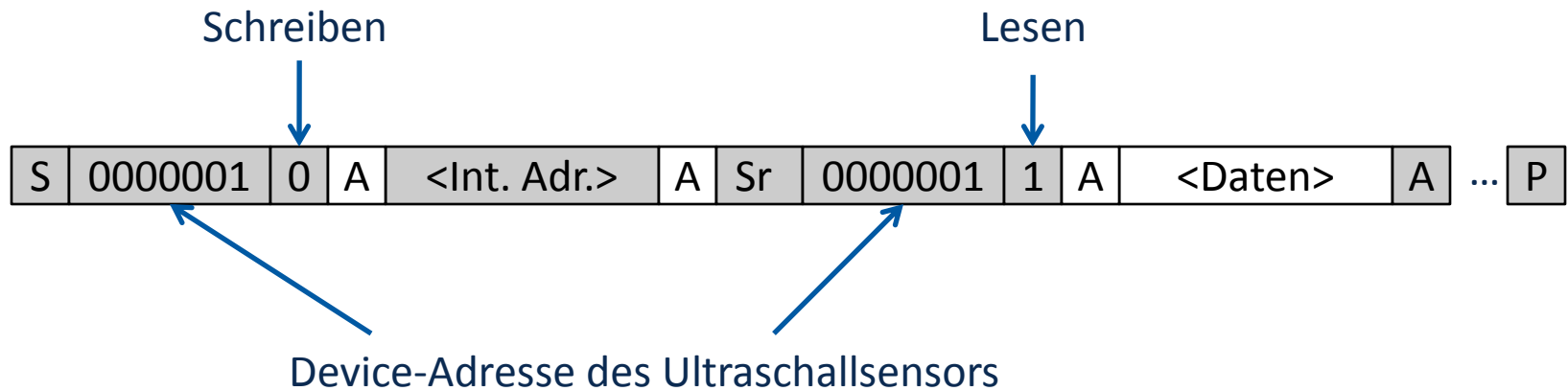
Quelle: [4]

Überblick – I²C



Quelle: [4]

Überblick – I²C - Ultraschallsensor



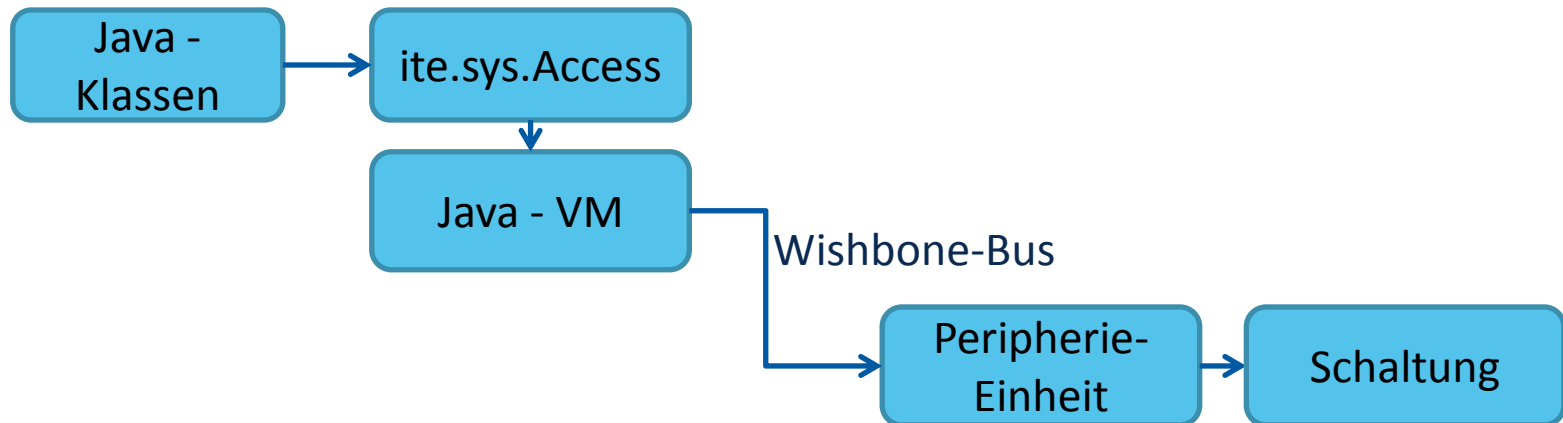
IMPLEMENTIERUNG

Plattform

- Lego Brick: Atmel 32-bit ARM Prozessor (AT91SAM7S256)
- SHAP: de0-Board mit Cyclone 3-FPGA
- FPGA-externe Schaltung
- 8-bit ADC für analoge Sensoren

Plattform

- SHAP: Bytecode-Prozessor
- SHAP verwendet Wishbone-Bus für Kommunikation mit Peripherie



Möglichkeiten der Implementierung

Java - Klassen

Java – VM /
Native Methoden

Schaltung

Hardware

- Peripherie-Komponente mit folgenden Registern:

Offset	Registername	Bedeutung
0	Konfiguration	Motor-Port kann für Motor und Ultraschallsensor verwendet werden
1	Motor-Kontrollwert	Einstellung der Motorkraft und -Richtung
2	Daten-/Rotationswert	SCL und SDA-Wert für I ² C-Bus, bzw. Rotationswert des Motors
3	Sensor-Modus	Sensor-Modus verändern
4	Sensorwert	Vom ADC gelieferter Wert

Hardware

- Erzeugen des PWM-Signals für Motor in VHDL
- Auswertung der Rotationssignale des Motors in VHDL
- Auswertung, sowie Ansteuerung des ADC in VHDL:
 - Übertragung der 8 bit im Zeitmultiplex-Verfahren
 - Erzeugen eines Taktes und Enable-Signales

Software

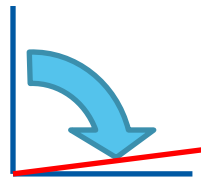
- Klassen für Porttypen: Sensor-Port, Motor-Port
- Klassen für Tastsensor, Motor

Motor

- Einfache Funktionen zum Vorwärts-/ Rückwärtsbewegen, Auslaufen bzw. Bremsen
- Funktionen für Rotieren um bzw. auf einen bestimmten Winkel
- Einfache Funktionen: nicht blockierend, höhere Funktionen: blockierend

Motor

- Rotationsstop stellt Totzeit dar
- Bremsen vor Feststellen des Ziel-Winkels
- Voraussehen des Stop-Zeitpunktes durch Abschätzung mit Hilfe der Geschwindigkeit



Tastsensor

- Funktion zum Lesen des Sensorwertes
- Samplerate des Tastsensors wird durch Samplerate des ADC begrenzt (ADC 0831, „Conversion Time: 32 μ s“)

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Zusammenfassung und Ausblick

- Prinzipielle Funktionsweise bestätigt
- Zu realisieren:
 - Betriebsspannung über Batterien/Akkus
 - Messungen für Genauigkeit und Verhalten der Sensoren
- Erweiterungsmöglichkeiten:
 - Integration von Bildauswertung auf FPGA
→ Aufbau eines Rovers

Quellen

- [1] MINDSTORMS Timeline, LEGO Education, 2012 (abgerufen am 07. Februar 2014):
<http://educationnews.legoeducation.us/download-media/177>
- [2] LEGO MINDSTORMS NXT Hardware Developer Kit, LEGO, 2006 (abgerufen am 27. Januar 2014):
cache.lego.com/r/www/r/mindstorms/-/media/Franchises/Mindstorms/Retail/Downloads/NXT/ts.20131014T002144.HDK_Download1.zip
- [3] FRISCHKNECHT, CLAUDIA und OTHER, THOMAS: Lego Mindstorms NXT, Claudia Frischknecht und Thomas Other, 2006 (abgerufen am 27. Januar 2014):
http://www.tik.ee.ethz.ch/mindstorms/sa_nxt/download/sa-2006.18.pdf

Quellen

- [4] UM10204 I2C-bus specification and user manual (Rev. 5), 2012 (abgerufen am 27. Januar 2014):
http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf
- [5] WISHBONE System-on-Chip (SoC) Interconnection Architecture for Portable IP Cores (Rev. B.4), OPENCORES, 2010 (abgerufen am 27. Januar 2014) :
http://cdn.opencores.org/downloads/wbspec_b4.pdf
- [6] ADC0831/ADC0832/ADC0834/ADC0838 8-Bit Serial I/O A/D Converters with Multiplexer Options, National Semiconductor Corporation, 1999 (abgerufen am 27. Januar 2014):
http://www.reichelt.de/index.html?&ACTION=7&LA=3&OPEN=0&INDEX=0&FILENAME=A200%252FADC0831_ADC0838%2523NSC.pdf

Quellen

- [7] An embedded GC module with support for multiple mutators and weak references, Thomas B. Preusser, Peter Reichel und Rainer G. Spallek, In: Architecture of Computing Systems-ARCS 2010, Seiten 25–36. Springer, 2010

Bilder

- [1] <http://educationnews.legoeducation.us/download-media/177>
- [2] <http://shop.legoeducation.com/Resources/Files/product-images/mindstorms/intelligent-nxt-brick-9841.PNG>
- [3] http://cache.lego.com/r/education/-/media/lego%20education/home/images/products/mindstorms%20ev3/45500_713x380_mainproduct.png
- [4] [http://cache.lego.com/e/dynamic/is/image/LEGO/9842?\\$main\\$](http://cache.lego.com/e/dynamic/is/image/LEGO/9842?$main$)
- [5] [http://cache.lego.com/e/dynamic/is/image/LEGO/9694?\\$main\\$](http://cache.lego.com/e/dynamic/is/image/LEGO/9694?$main$)

Bilder

- [6] http://cache.lego.com/r/education/-/media/lego%20education/home/images/products/mindstorms/9843_713x380_mainproduct.png
- [7] [http://cache.lego.com/e/dynamic/is/image/LEGO/9844?\\$main\\$](http://cache.lego.com/e/dynamic/is/image/LEGO/9844?$main$)
- [8] [http://cache.lego.com/e/dynamic/is/image/LEGO/9846?\\$main\\$](http://cache.lego.com/e/dynamic/is/image/LEGO/9846?$main$)
- [9] <http://www.philohome.com/nxtplug/cable12.jpg>
- [10] https://www.wayneandlayne.com/files/bricktronics/design/optical_encoder_diagram_640.png

Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!

Fragen / Diskussion