Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC) – Wintersemester 2019/2020

Übung 3

Benedict Herzog
Bernhard Heinloth
Tim Rheinfels

Lehrstuhl für Informatik 4
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

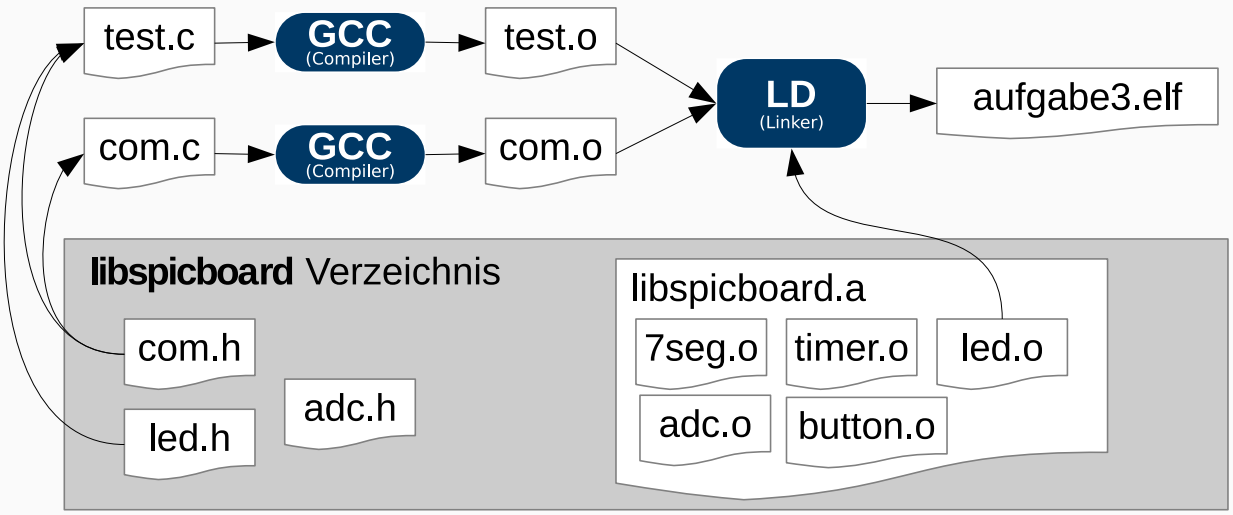
Lehrstuhl für Verteilte Systeme
und Betriebssysteme

FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Vorstellung Aufgabe 1

Module

Ablauf vom Quellcode zum laufenden Programm



1. Präprozessor
2. Compiler
3. Linker
4. Programmer/Flasher

Schnittstellenbeschreibung

- Header Dateien enthalten die Schnittstelle eines Moduls
  - Funktionsdeklarationen
  - Präprozessormakros
  - Typdefinitionen
- Header Dateien können u.U. mehrmals eingebunden werden
  - `led.h` bindet `avr/io.h` ein
  - `button.h` bindet `avr/io.h` ein
  - ⇝ Funktionen aus `avr/io.h` mehrmals deklariert
- Mehrfachinkludierung/Zyklen vermeiden ⇝ **Include-Guards**
  - Definition und Abfrage eines Präprozessormakros
  - Konvention: Makro hat den Namen der .h-Datei, '.' ersetzt durch '_'
  - z.B. für `button.h` ⇝ `BUTTON_H`
  - Inhalt nur einbinden, wenn das Makro noch nicht definiert ist
- Vorsicht: flacher Namensraum ⇝ möglichst eindeutige Namen

Schnittstellenbeschreibung

- Erstellen einer .h-Datei (Konvention: gleicher Name wie .c-Datei)

```
01 #ifndef LED_H
02 #define LED_H
03 /* fixed-width Datentypen einbinden (im Header verwendet) */
04 #include <stdint.h>
05
06 /* Datentypen */
07 typedef enum {
08     RED0    = 0,
09     YELLOW0 = 1,
10     [...]
11     GREEN1  = 6,
12     BLUE1   = 7
13 } LED;
14
15 /* Funktionen */
16 void sb_led_on(LED led);
17 [...]
18 #endif //LED_H
```

Initialisierung eines Moduls

- Module müssen Initialisierung durchführen
  - zum Beispiel Portkonfiguration
  - **Java:** mit Klassenkonstruktoren möglich
  - **C:** kennt kein solches Konzept
- *Workaround:* Modul muss bei erstem Aufruf einer seiner Funktionen ggf. die Initialisierung durchführen
  - muss sich merken, ob die Initialisierung schon erfolgt ist
  - Mehrfachinitialisierung vermeiden
- Anlegen einer Init-Variable
  - Aufruf der Init-Funktion bei jedem Funktionsaufruf
  - Init-Variable anfangs 0
  - Nach der Initialisierung auf 1 setzen

Initialisierung eines Moduls

- `initDone` ist initial `0`
- wird nach der Initialisierung auf 1 gesetzt

⇝ Initialisierung wird nur ein mal durchgeführt

```
01 static void init(void){
02     static uint8_t initDone = 0;
03     if (initDone == 0) {
04       initDone = 1;
05       ...
06     }
07 }
08
09 void mod_func(void) {
10     init();
11     ...
```

Sichtbarkeit & Lebensdauer

Sichtbarkeit und Lebensdauer	nicht `static`	`static`
lokale Variable	Sichtbarkeit **Block** Lebensdauer **Block**	Sichtbarkeit **Block** Lebensdauer **Programm**
globale Variable	Sichtbarkeit **Programm** Lebensdauer **Programm**	Sichtbarkeit **Modul** Lebensdauer **Programm**
Funktion	Sichtbarkeit **Programm**	Sichtbarkeit **Modul**

- Lokale Variablen, die **nicht** `static` deklariert werden:

⇝ `auto` Variable (automatisch allokiert & freigegeben)

- Funktionen als `static`, wenn kein Export notwendig

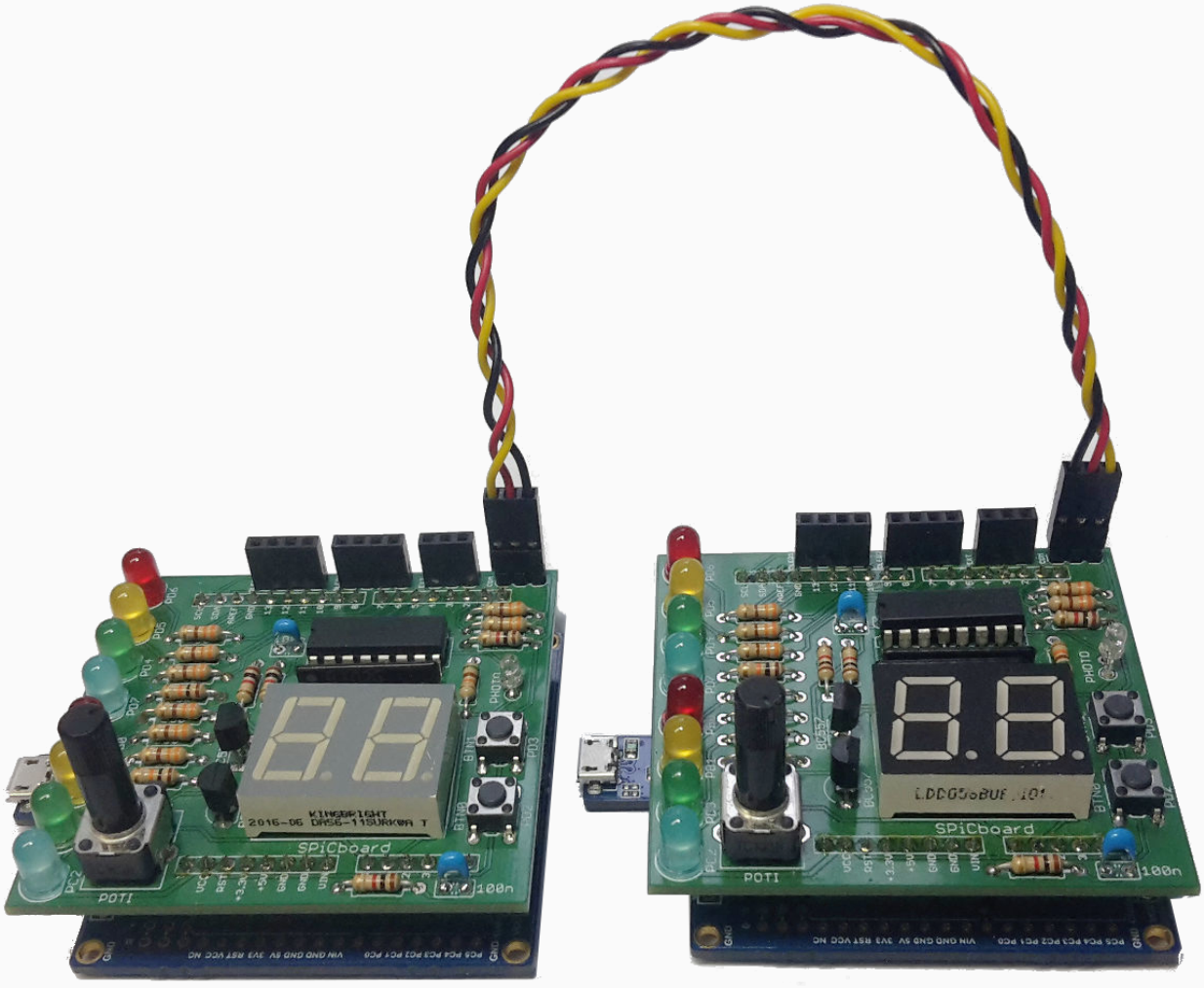
Globale Variablen

```
01 static uint8_t state; // global static
02 uint8_t event_counter; // global
03
04 void main(void) {
05   /* ... */
06 }
07
08 static void f(uint8_t a) {
09   static uint8_t call_counter = 0; // local static
10   uint8_t num_leds; // local (auto)
11   /* ... */
12 }
```

- Sichtbarkeit/Gültigkeit möglichst weit **einschränken**
- Globale Variable ≠ lokale Variable in `f()`
- Globale `static` Variablen: Sichtbarkeit auf Modul beschränken

⇝ wo möglich, `static` für Funktionen und globale Variablen

Kommunikation



SPiCboard verbinden

PD1 Ausgang (TX) wird mit RX des Kommunikationspartners verbunden

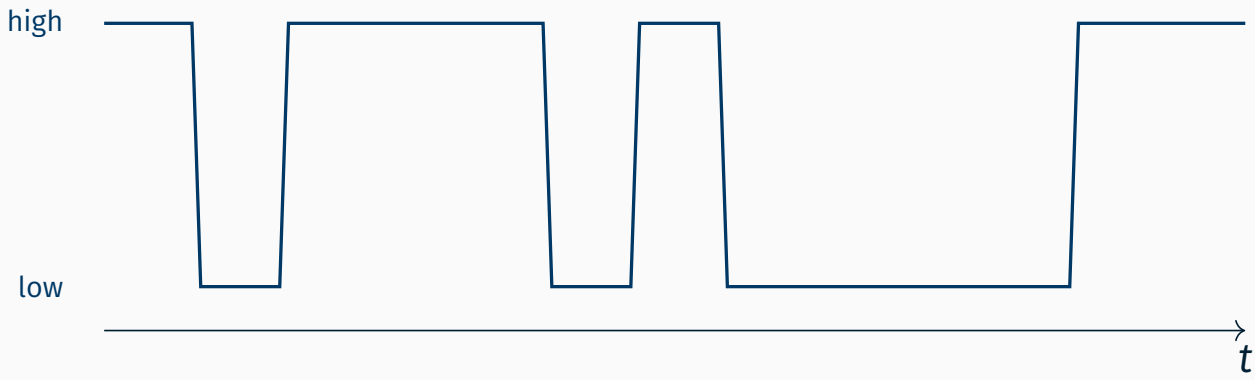
PD0 Eingang (RX) analog mit Ausgang (TX) verbinden

GND wird mit GND verbunden

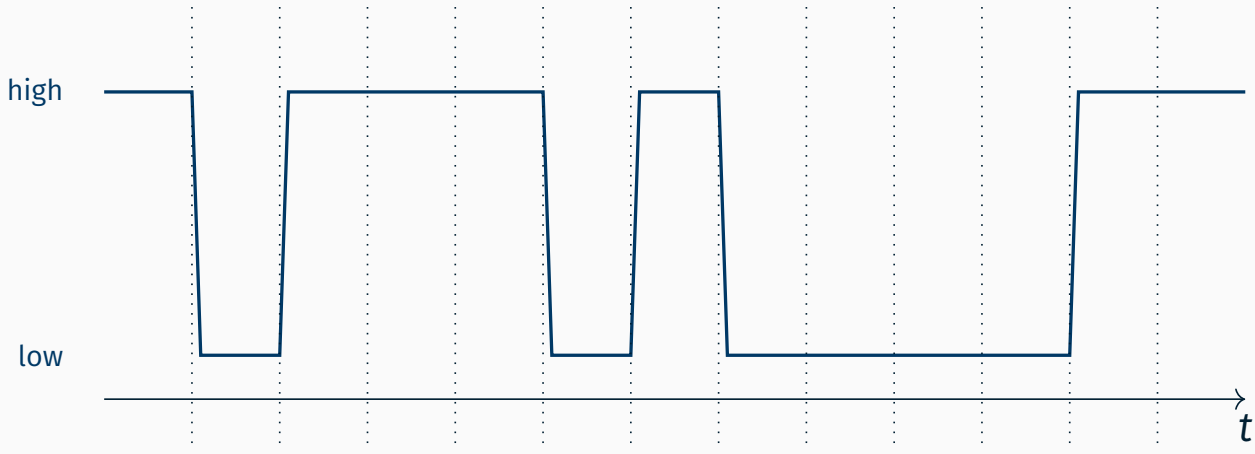
Voraussetzungen für den Datenaustausch

- gleiches Protokoll
  - wir nehmen `8-E-1`
    - **`8`** Anzahl der Datenbits
    - **`E`** gerades (*even*) Paritätsbit
    - **`1`** Stopbit
  - sowie (implizit) ein Startbit
  - das Datenbit mit dem niedrigsten Stellenwert wird zuerst übertragen (aufsteigend)
  - hoher Pegel entspricht einer logischen `1`, niedriger Pegel einer `0`
- gleiche Geschwindigkeit, bei uns `1200` Bd
  (`1` Baud entspricht ein Symbol pro Sekunde)

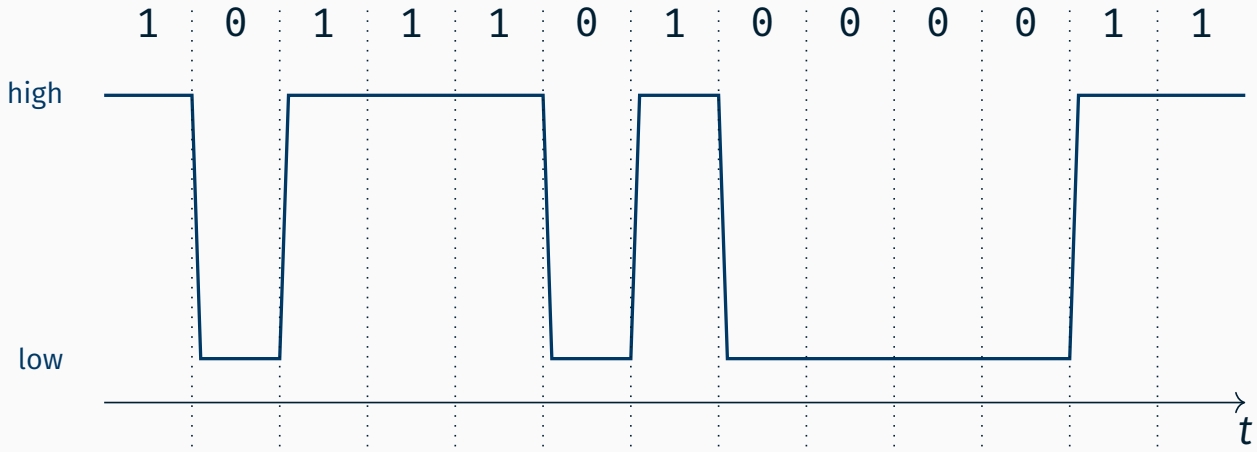
Beispiel



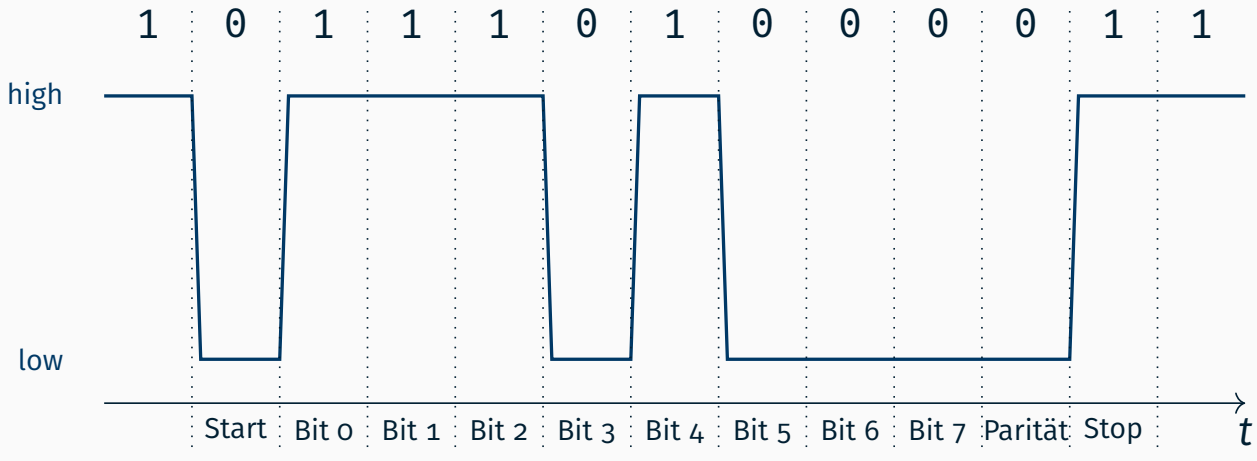
Beispiel



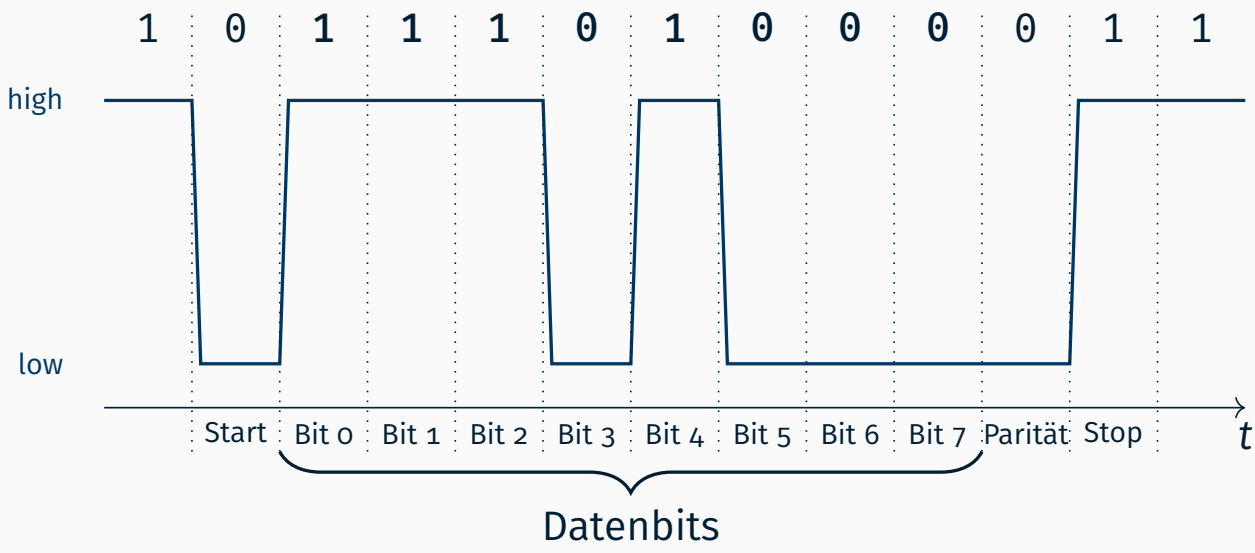
Beispiel



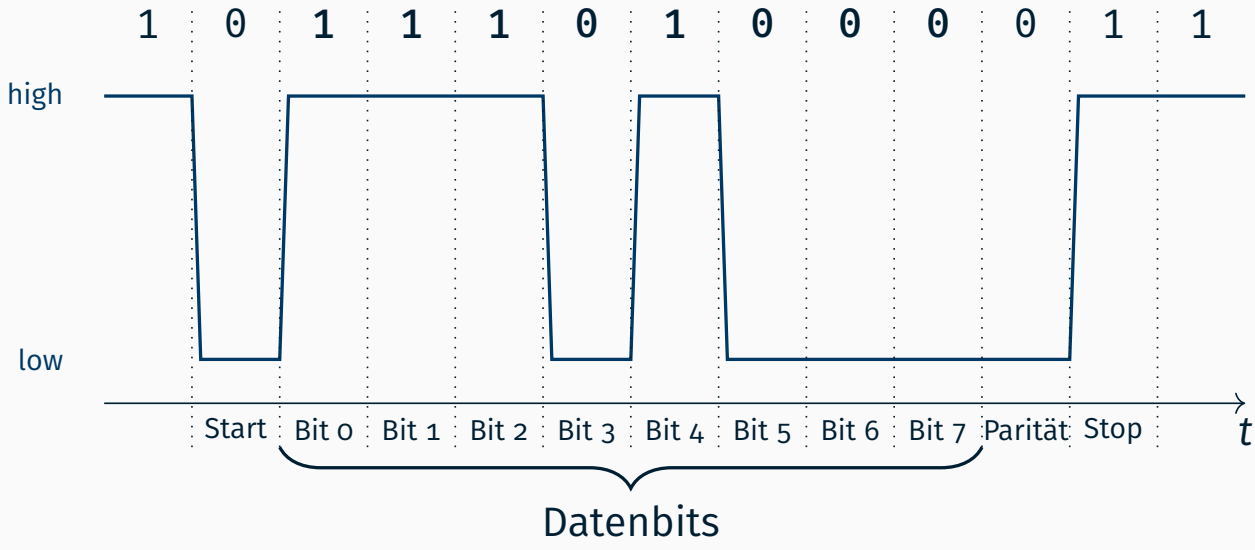
Beispiel



Beispiel

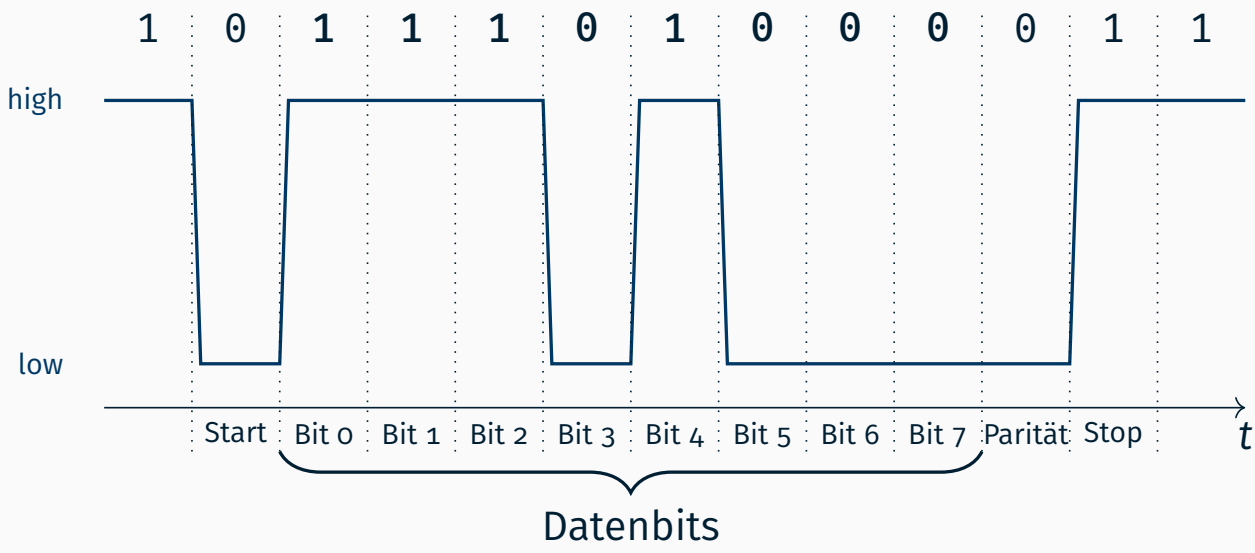


Beispiel



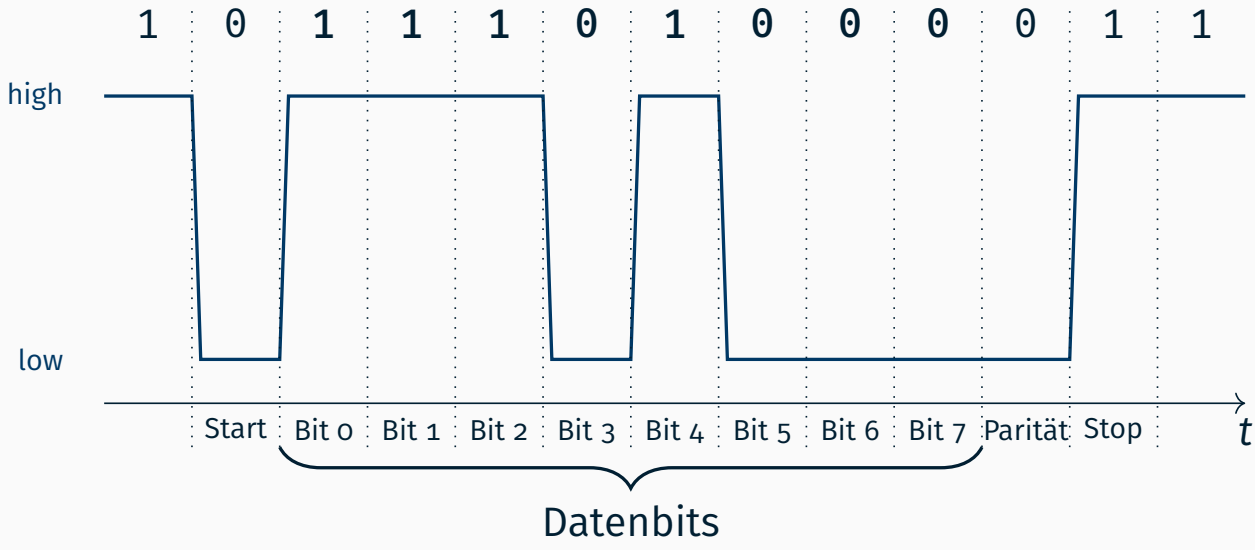
- Empfangenes Byte (rückwärts gelesen): $00010111_2 = 0x17 = 23$

Beispiel



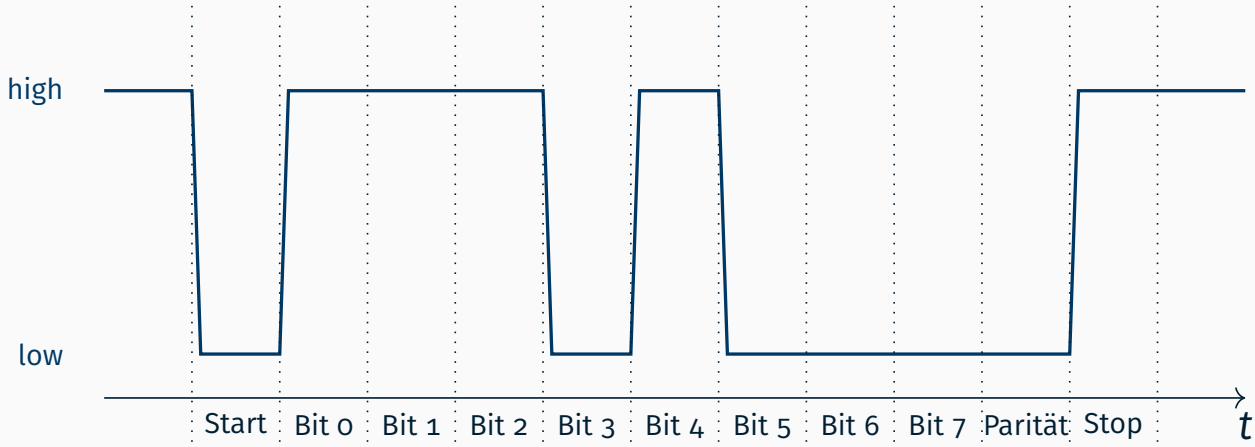
- Empfangenes Byte (rückwärts gelesen): $00010111_2 = 0x17 = 23$
- Parität 0 (da Datenbits vier 1er $\Rightarrow$ gerade Anzahl)

Beispiel



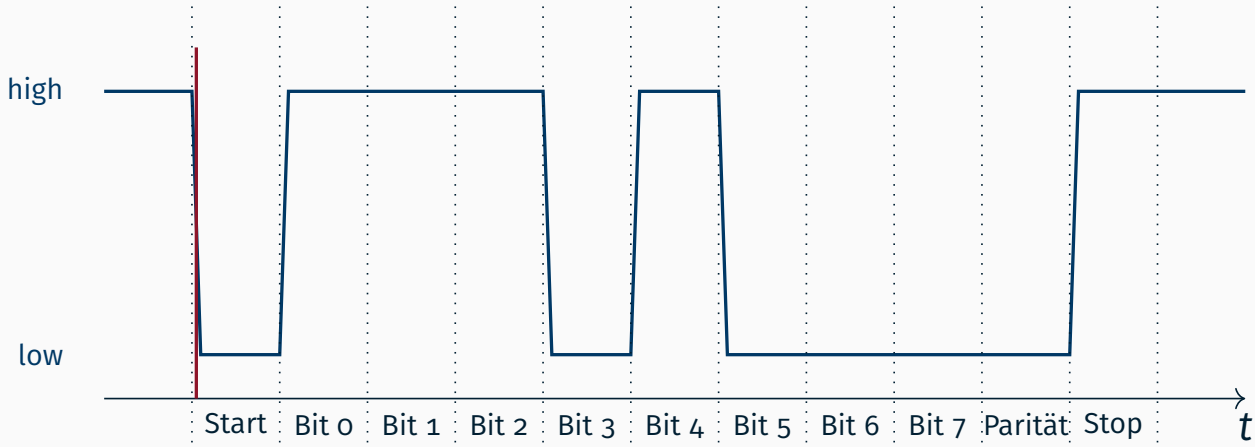
- Empfangenes Byte (rückwärts gelesen): $00010111_2 = 0x17 = 23$
- Parität 0 (da Datenbits vier 1er $\Rightarrow$ gerade Anzahl)
- Startbit immer 0 und Stopbit immer 1

Abtastung



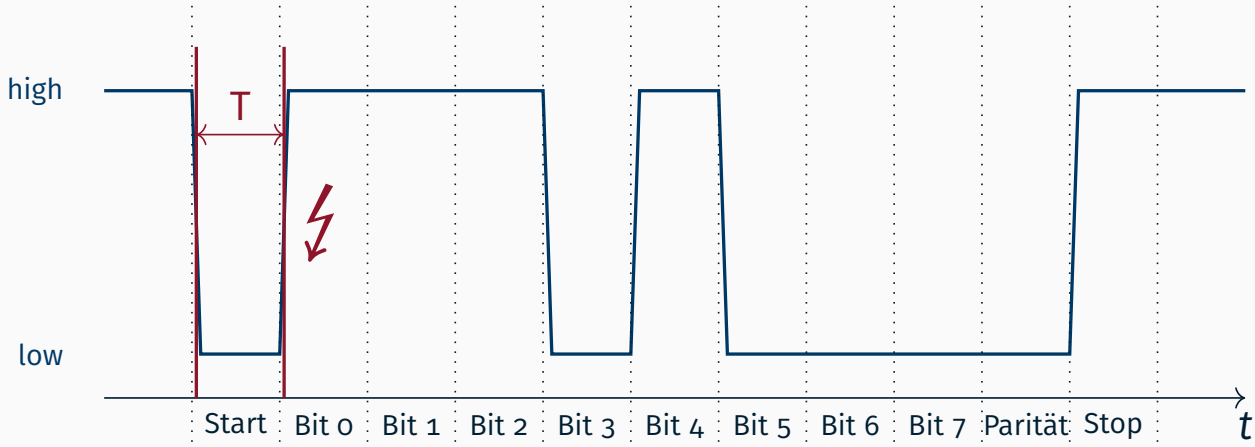
- Die *Fenstergröße* **T** ist uns bekannt

Abtastung



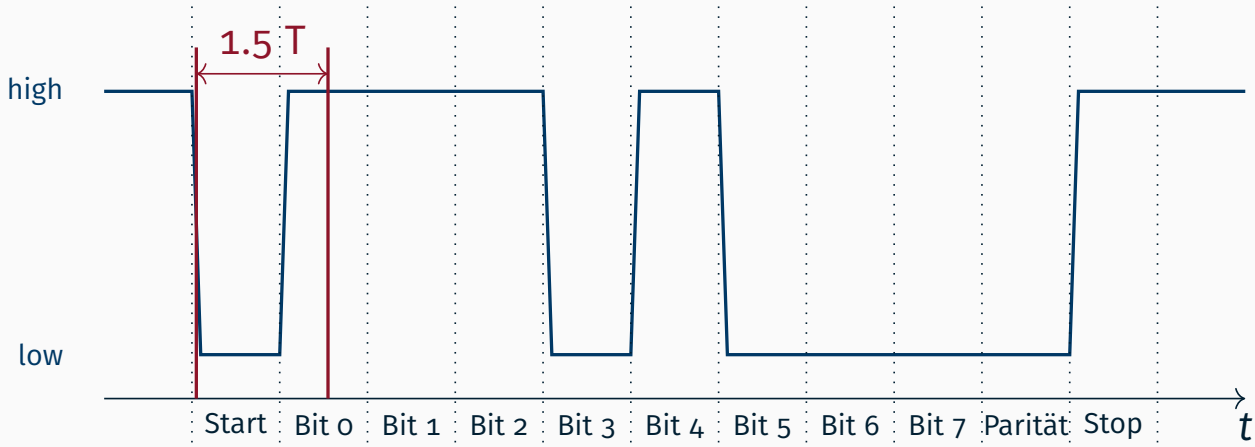
- Die *Fenstergröße* **T** ist uns bekannt
- Anfang ist einen Pegelwechsel von hoch auf niedrig

Abtastung



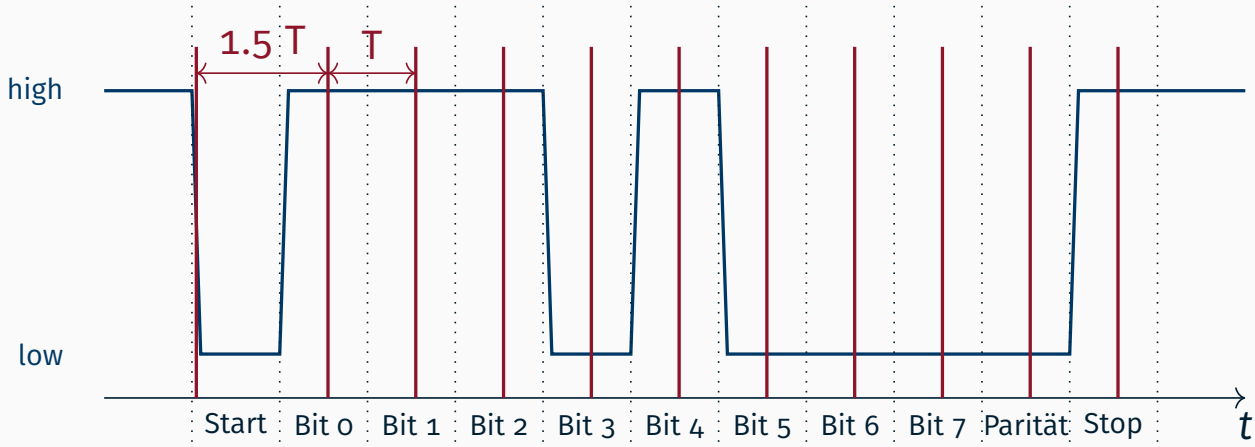
- Die *Fenstergröße* **T** ist uns bekannt
- Anfang ist einen Pegelwechsel von hoch auf niedrig

Abtastung



- Die *Fenstergröße* **T** ist uns bekannt
- Anfang ist einen Pegelwechsel von hoch auf niedrig
- warte danach **1.5 T** für ein eindeutiges Symbol

Abtastung



- Die *Fenstergröße* **T** ist uns bekannt
- Anfang ist einen Pegelwechsel von hoch auf niedrig
- warte danach **1.5 T** für ein eindeutiges Symbol
- für jedes weitere Symbol wieder alle **T** abtasten

Aufgabe: Eigenes Kommunikationsmodule

COM-Modul – Aufgabe

- COM-Modul der SPiCboard-Bibliothek selbst implementieren
  - Modulschnittstelle bietet Funktionen für:
    - Versenden eines Bytes
    - Empfangen eines Bytes
  - Schnittstellendatei (`com.h` liegt im `pub` Ordner)
- Gleiches Verhalten wie das Original
- Beschreibung in der Doku auf der Webseite:

`https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_SPIC/SPiCboard/libapi.shtml`

```
01 void sb_com_sendByte(uint8_t data);
02 uint8_t sb_com_receiveByte(uint8_t *data);
```


COM-Modul – Aufgabe

- Hilfsfunktionen zum Setzen/Auslesen der Register
  - Setzen des Pegels für das Senderegister TX
  - Auslesen des Pegels für das Empfangsregister RX
- Hilfsfunktionen gehören nicht zur Schnittstelle
  - ⇝ Sichtbarkeit einschränken
- Analog: Hilfsfunktion für die Initialisierung der Register
  - ⇝ `sb_com_init()`

```
01 static void sb_com_setTx(uint8_t bit);
02 static uint8_t sb_com_getRx();
```

COM-Modul – Aufgabe

- Funktionen der Schnittstelle müssen überall sichtbar sein
  - ⇝ Sichtbarkeit nicht einschränken
- Kompatibilität von Schnittstelle und Implementierung durch Inkludieren des Headers gewährleistet
  - Fehlercodes (`COM_ERROR_STATUS`)/Makros ebenfalls enthalten
  - Warum sind die Fehlercodes/Makros nicht in der `.c` Datei?

```
01 #include <adc.h>
02 #include <com.h>
03
04 void main(void) {
05     while(1) {
06         sb_com_sendByte(sb_adc_read(POTI) / 4);
07     }
08 }
```


COM-Modul – Aufgabe

- Aufgabe ist in drei Teile unterteilt
- Teilaufgabe a: Initialisierung
  - Einmaliges Initialisieren der Empfangs- und Senderegister
  - Implementieren der Hilfsfunktion `sb_com_init()`
  - Wird bei jedem Sende- oder Empfangsvorgang aufgerufen
  - Implementieren der Hilfsfunktionen `sb_com_setTx()` und `sb_com_getRx()`
  - Können benutzt werden, um den RX bzw. TX Pin zu lesen/setzen

COM-Modul – Aufgabe

- Aufgabe ist in drei Teile unterteilt
- Teilaufgabe b: Sendefunktionalität
  - Unabhängig vom Empfangen implementieren
  - Implementieren der Funktion `sb_com_sendByte()`
  - Ablauf für das zu sendende Byte:
    - Senden des Startbits
    - Senden der Nutzdaten (LSB zuerst)
    - Senden des Paritätsbits
    - Senden des Stoppbits
  - Verwendung von `sb_com_wait(1.0)` um ein Symbol zu warten
  - Testen der Sendefunktionalität mit dem vorgebenen Programm `test_receiver.elf`

COM-Modul – Aufgabe

- Aufgabe ist in drei Teile unterteilt
- Teilaufgabe c: Empfangsfunktionalität
  - Unabhängig vom Senden implementieren
  - Implementieren der Funktion `sb_com_receiveByte()`
  - Ablauf für das zu empfangende Byte:
    - Warten auf fallende Flanke an RX
    - Empfangen des Startbits
    - Empfangen der Nutzdaten
    - Empfangen des Paritätsbits
    - Empfangen des Stoppbits
  - Treten Fehler während der Übertragung auf, wird der Empfangsvorgang bis zum Ende ausgeführt und der entsprechende Fehlercode zurückgegeben
  - Testen der Empfangsfunktionalität mit dem vorgebenen Programm `test_sender.elf`

- Testen der finalen Implementierung mit einer Anwendung
- Beispielanwendung `auf100`
  - 2-Personen-Spiel zum Testen des Kommunikationsmoduls
    Spielprinzip: Es wird mit einer zufälligen Zahl begonnen, die auf der 7-Segmentanzeige dargestellt wird. Jeder Spieler kann diese Zahl nun abwechselnd durch drehen des Potentiometers um 1 bis 8 erhöhen. Der Spieler, der die 100 erreicht hat gewonnen.

Hands-on: Module, Felder & Zeiger

Hands-on: Module, Felder & Zeiger

- Statistikmodul und Testprogramm
- Funktionalität des Moduls (Schnittstelle):

```
01 // Schnittstelle
02 uint8_t avgArray(uint16_t *a, size_t s, uint16_t *avg);
03 uint8_t minArray(uint16_t *a, size_t s, uint16_t *min);
04 uint8_t maxArray(uint16_t *a, size_t s, uint16_t *max);
05
06 // interne Hilfsfunktionen
07 uint16_t getMin(uint16_t a, uint16_t b);
08 uint16_t getMax(uint16_t a, uint16_t b);
```

- Rückgabewert: 0: OK; 1: Fehler
  - 0: OK
  - 1: Fehler
- Vorgehen:
  - Header-Datei mit Modulschnittstelle (und Include-Guards)
  - Implementierung des Moduls (Sichtbarkeit beachten)
  - Testen des Moduls im Hauptprogramm (inkl. Fehlerfälle)