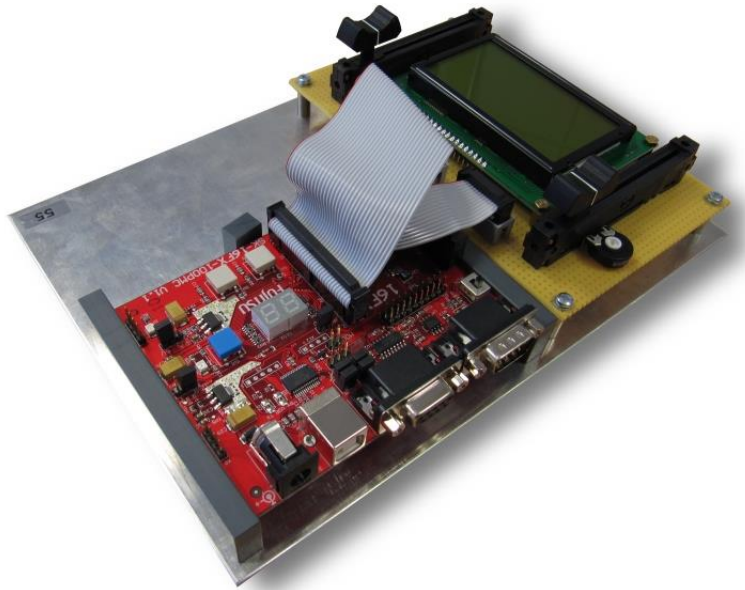


Programmierpraktikum C und C++



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Embedded Systems - Einführung



ES Real-Time Systems Lab

Prof. Dr. rer. nat. Andy Schürr

Dept. of Electrical Engineering and Information Technology

Dept. of Computer Science (adjunct Professor)

www.es.tu-darmstadt.de

Roland Kluge

roland.kluge@es.tu-darmstadt.de

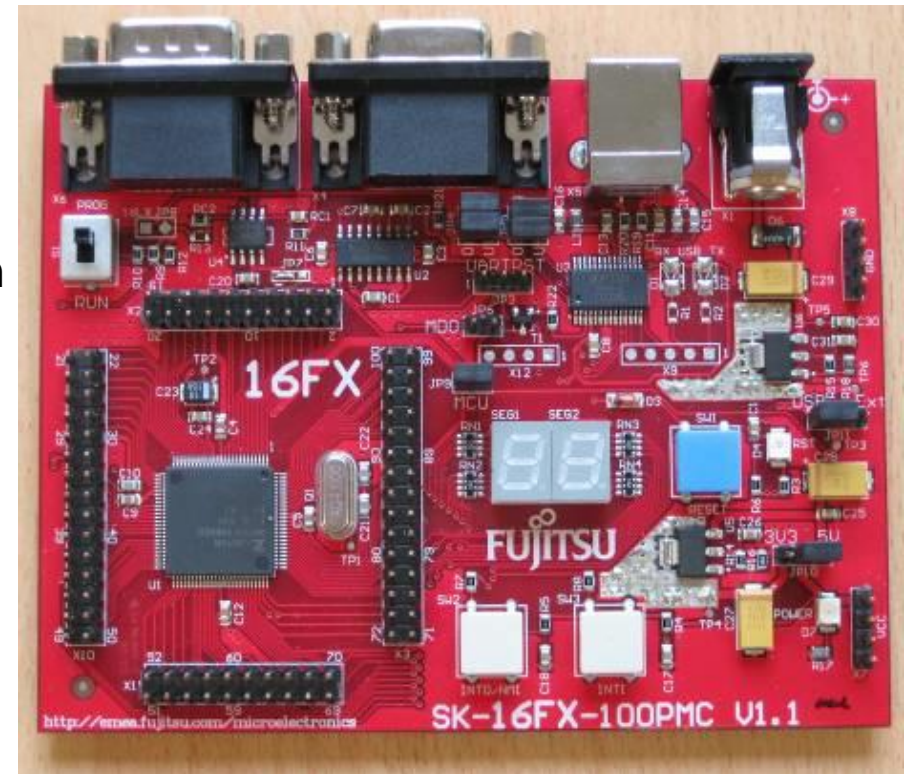
Entwicklungsboard

MB96F348HSB Mikrocontroller

- Prozessortaktung: bis 56 MHz
- RAM: 24 KiB
- Flash: 576 KiB
- 82 I/O Pins
- Analog/Digital-Wandler mit 24 Kanälen
- CAN-Controller
- ...

Starterkit SK-16FX-EUROscope

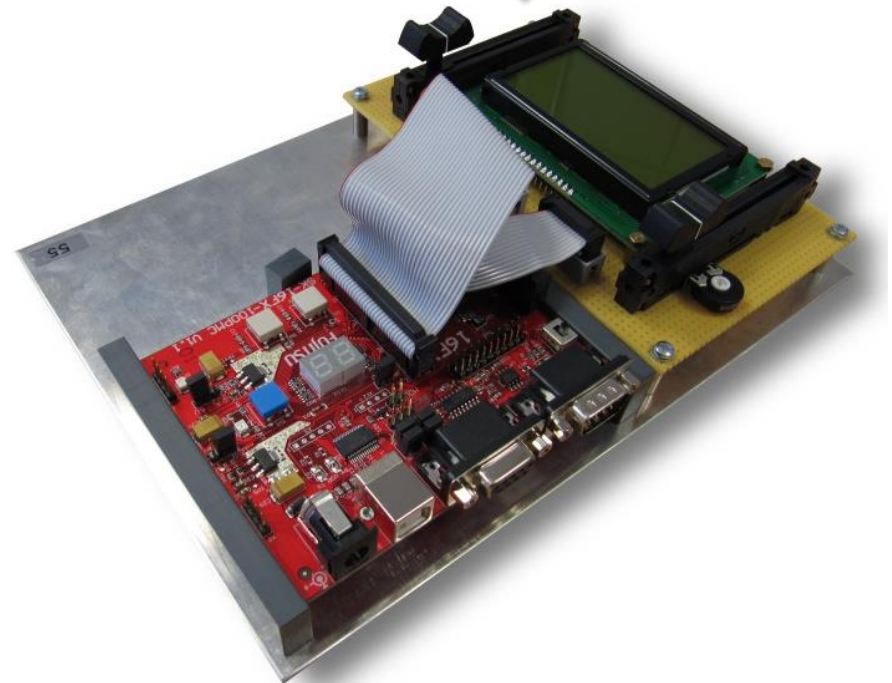
- Zwei 7-Segment-Anzeigen
- Zwei Buttons
- Stromversorgung über USB (5V)



Erweiterung am Fachgebiet

- LC-Display
 - AV128641 von Anag Vision
 - Vollgraphisch
 - 128 x 64 Pixel
 - hintergrundbeleuchtet
- Zwei Schiebepotentiometer

Eröffnet coole
Anwendungsmöglichkeiten
wie wir sehen werden.



- Von Fujitsu Microelectronics Ltd.
- Unterstützt nur **ANSI C90**,
 - zusätzlich auch **einzeilige // Kommentare**
 - Variablendeklaration am Anfang einer Funktion (sogar Schleifenzähler)
- Compiler enthält eine interne Funktion namens `__wait_nop()`, die eine CPU-Instruktion zum **Warten für einen Taktzyklus** („NOP“) auslöst
- **Konstanten** werden standardmäßig im **ROM** gespeichert, nicht im RAM (RAM ist wertvoll, da nur 24 KiB zur Verfügung stehen)



Keine standardisierte „Umgebung“

- Compiler kann nicht wissen, welche Komponenten angeschlossen sind
- Es gibt **keine Ausgabe** über *printf()*
 - Alternative: 7-Segment-Anzeige, LCD(, LEDs)
- Ansteuerung externer Peripherie muss vom Entwickler selber durchgeführt werden
 - Wird zum Teil unterstützt durch fertige Bibliotheken

Umfangreiche und flexible Hardware → erfordert Konfiguration

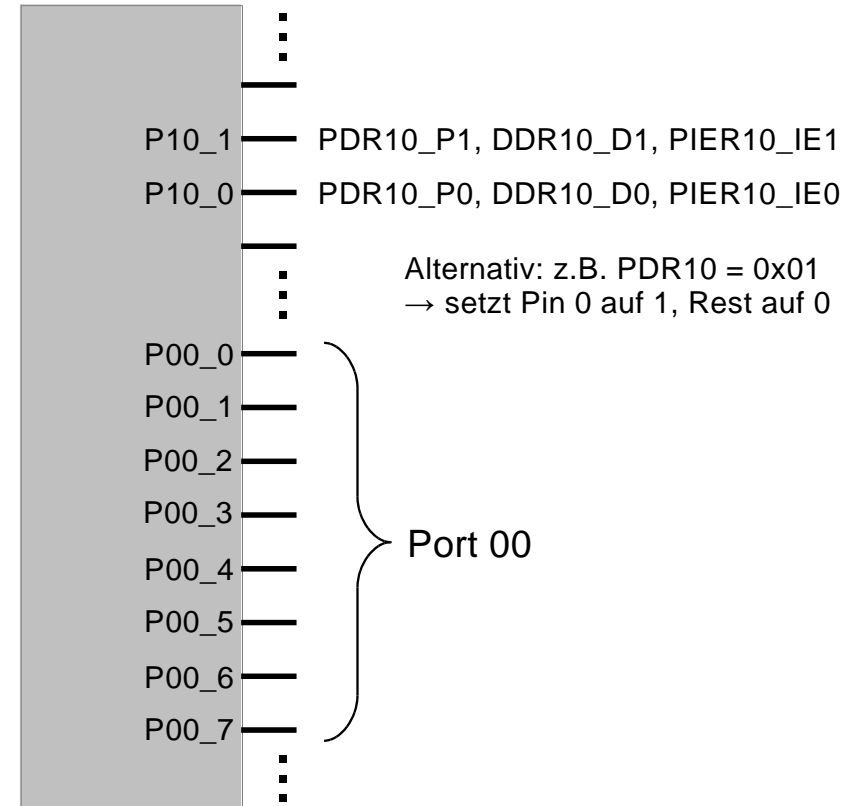
- Realisiert über **Register**
 - Im Controller integrierte „Variablen“ mit unterschiedlicher Größe
 - Zugriff im Code über Präprozessor-Konstanten (z.B. *PDR00*, *DDR01*,...)
 - Bedeutung unterschiedlich je nach Register
 - Ganzes oder Teil des Registers als **Zahlenwert**, z.B. als Zähler
 - Einzelne Bits als „**Schalter/Switch**“ für bestimmte Funktion, z.B. einzelnes Ausgangspin auf **High** oder **Low**

Kommunikation mit Außenwelt über

- Einzelne digitale Ein/Ausgänge
- Analoge Eingänge
- Schnittstellen, z.B.
 - USART (serielle Schnittstelle)
 - CAN (serieller Bus)

Digitale Ein/Ausgänge:

- Bis zu **8 Pins** zusammengefasst zu einem **Port**
- Jedes Pin hat eigene Konfiguration über mehrere Register, u.a.
 - **Port-Data-Register (PDR)**
 - Eingang: Abfrage des Zustandes
 - Ausgang: Setzen des Pegels
 - **Data-Direction-Register (DDR)**
 - Setzen auf Eingang oder Ausgang
 - 0 → Eingang, 1 → Ausgang
 - **Port-Input-Enable-Register (PIER)**
 - Bei Eingangspin den Eingang aktiv schalten



Pins abfragen



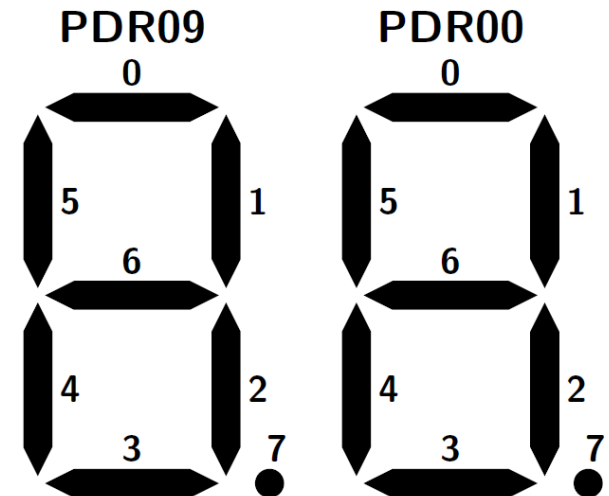
```
/* Beispiel: Pins als Eingang */  
char status;  
DDR07_D0 = 0;           // Pin 0 von Port 07 als Input  
PIER07_IE0 = 1;         // Pin 0 von Port 07 als Eingang aktiv  
  
status = PDR07_P0;      // Pegel an Pin 0 von Port 07 abfragen  
                        // -> Status des linken Tasters
```



7-Segment-Anzeige



```
/* Beispiel: Pins als Ausgang */  
DDR00 = 0xff; // Alle Pins von Port 00 als Output  
PDR00 = 0xff; // Alle Pins von Port 00 auf High-Pegel  
                // -> Rechte 7-Segment-Anzeige komplett aus  
  
PDR00_P7 = 0; // Pin 7 von Port 00 auf Low-Pegel  
                // -> Punkt der rechten 7-Segment-Anzeige an
```



- 8 Bit oder 10 Bit Genauigkeit (wir verwenden 8 Bit)
- Verschiedene Wandlungsmodi (z.B. mehrere Eingänge sequentiell wandeln)
 - Wir verwenden **Stop Mode**: ein Kanal wird einmal pro Startsignal gewandelt
 - Start- und Endkanal erhalten bei jeder Wandlung einen identischen Wert

```
unsigned char result;

// Init
ADCS_MD    = 3;      // ADC Stop Modus
ADCS_S10    = 1;      // 8 Bit Genauigkeit
ADER0_ADE2  = 1;      // Analoge Eingänge aktivieren: AN2 + AN3
ADER0_ADE3  = 1;      // (ADER0: Eingänge AN0 bis AN7)

// A/D-Wandlung durchführen
ADSR = 0x6C00 + (3 << 5) + 3;      // Start- und End-Kanal 3

ADCS_STRT = 1;      // A/D-Wandler starten
while (ADCS_INT == 0) { } // Warten bis A/D-Wandlung beendet
result = ADCRL;      // Ergebnis speichern
ADCS_INT = 0;      // Bit auf 0 für nächste Wandlung
```

Demo



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

