

Entwicklungsumgebung

Echtzeitsysteme 2 – Vorlesung/Übung

Peter Ulbrich
Fabian Scheler
Wolfgang Schröder-Preikschat

Lehrstuhl für Informatik 4
Verteilte Systeme und Betriebssysteme
Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

<http://www4.cs.fau.de/~{scheler,ulbrich,wosch}>
{ulbrich,scheler,wosch}@cs.fau.de

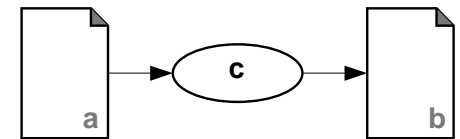
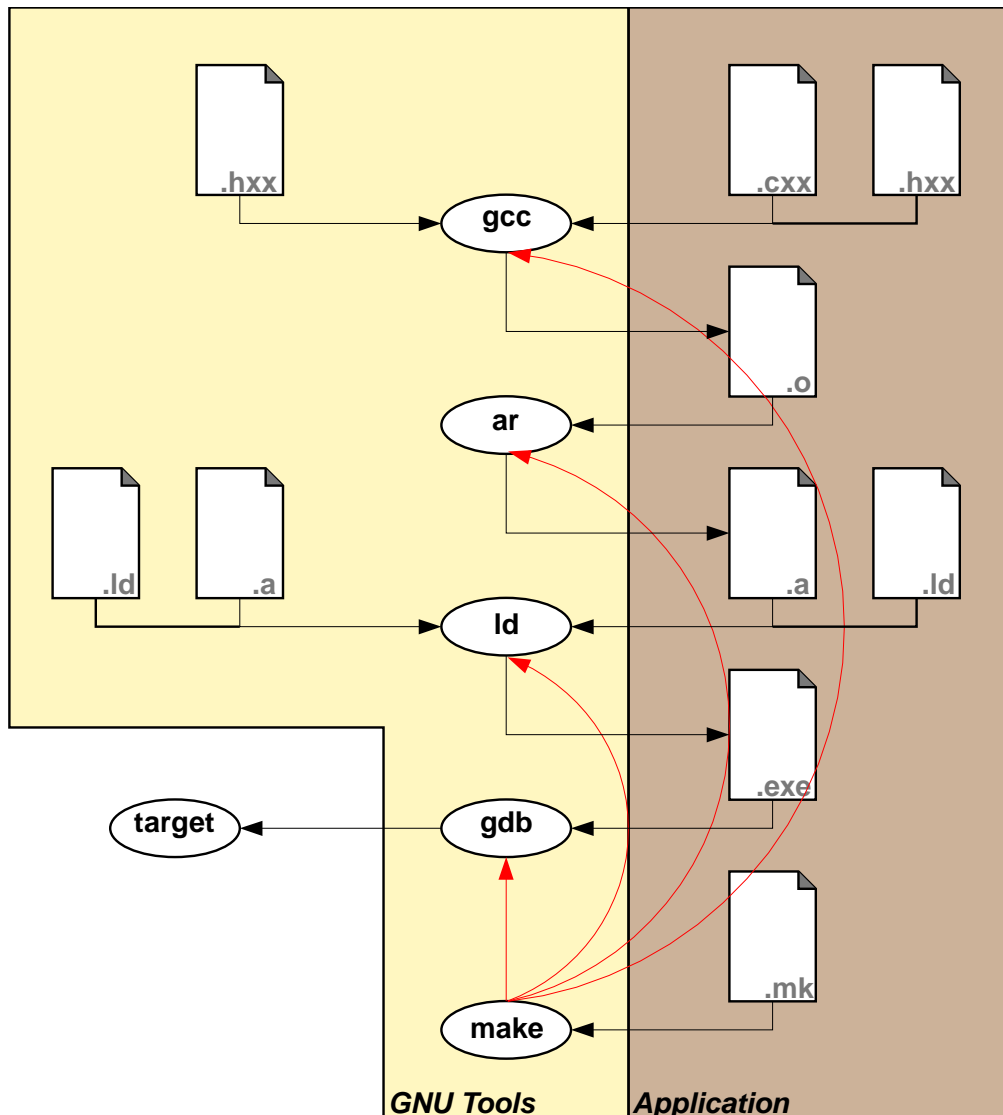


Übersicht

- GNU Tools
- ProOSEK
- nxtOSEK
- SMC
- Absint aiT



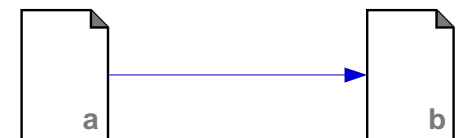
Entwicklungsumgebung – Überblick



Werkzeug c liest Datei a und schreibt Datei b



Werkzeug a kontrolliert/aktiviert Werkzeug b



Datei a bindet Datei b ein



GNU Tools – GCC & LD

■ weitere Infos:

- Info-Seite GCC: `info gcc`
- Info-Seite LD: `info ld`
- TriCore-GCC User's Guide:
`/proj/i4ezs/docs/compiler/gnutricore/usersguide.pdf`

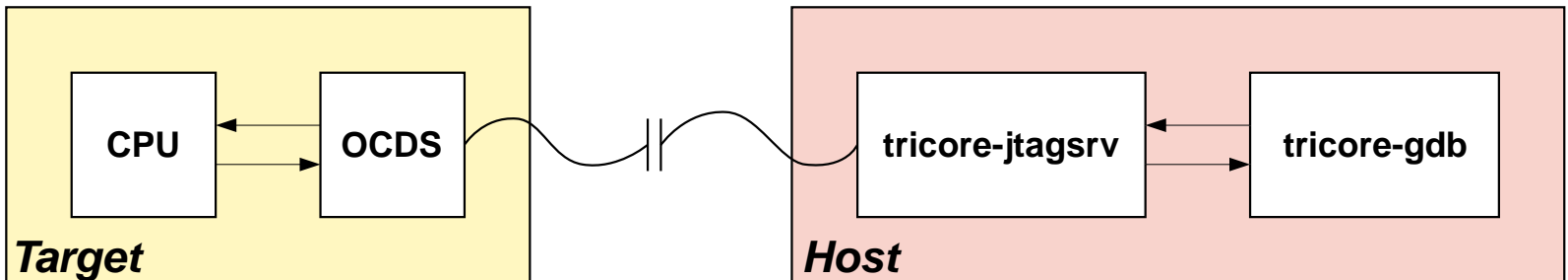
■ spezielle Flags für TriCore

<code>-meabi</code>	Auswahl der TriCore-Architektur – es existieren verschiedene Instruktionssätze
<code>-mcpu=tc1796</code>	
<code>-mcpu8</code> <code>-mcpu10</code>	Workarounds für Silicon-Bugs

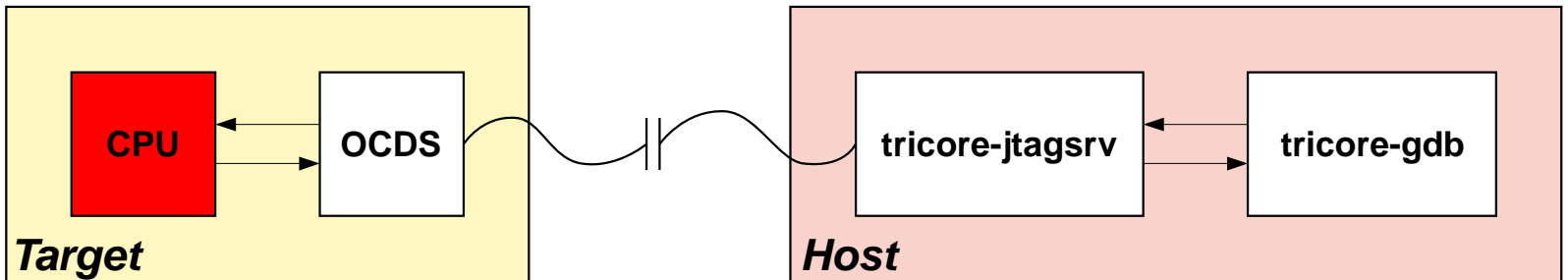


GNU Tools – GDB

- weitere Infos:
 - Info-Seite GDB: `info gdb`
 - TriCore-GCC User's Guide:
</proj/i4ezs/docs/compiler/gnutricore/usersguide.pdf>
- Funktionsweise



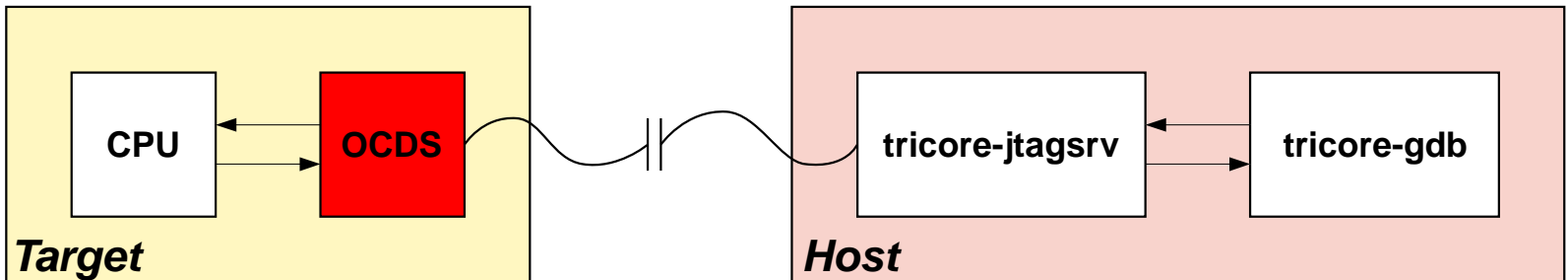
GNU Tools – GDB



- CPU
 - TriCore CPU Core
 - Peripheral Control Processor (PCP)
 - DMA



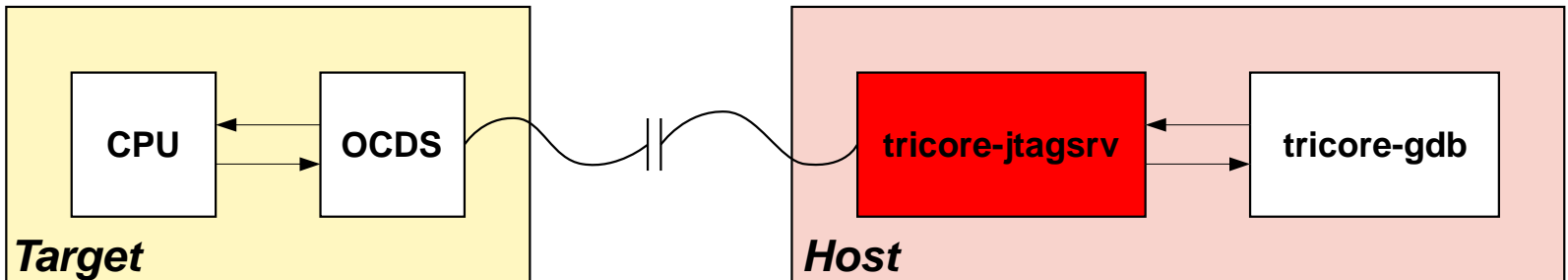
GNU Tools – GDB



- On-Chip Debug Support
 - Level 1 – low-cost debugging
 - Level 2 – tracing (CPU, PCP, DMA)
 - Level 3 – TC1796 emulation device
 - HW(≤ 4)/SW Breakpoints (program/data)
 - RW memory + registers
 - besteht aus
 - OCDS System Control Unit (OSCU)
 - JTAG Debug Interface (JDI)
 - Multi Core Break Switch (MCBS)



GNU Tools – GDB

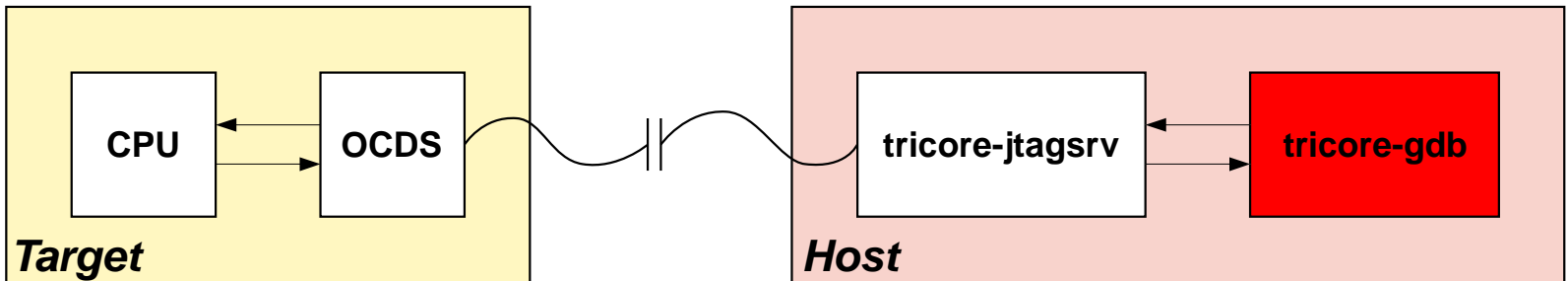


■ tricore-jtagsrv

- Proxy zwischen JTAG und GDB
- Target ↔ tricore-jtagsrv: JTAG via Parallelport
- tricore-jtagsrv ↔ GDB: TCP/IP
- Aufruf: `tricore-jtagsrv -i <init_file> <port>`
 - Programm: `/proj/i4ezs/tools/gnutricore/bin`
 - Initialisierungsdaten:
`/proj/i4ezs/tools/gnutricore/tricore/jtag_targets`



GNU Tools – GDB

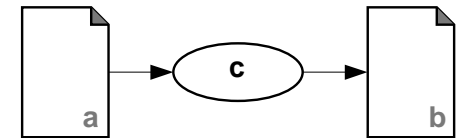
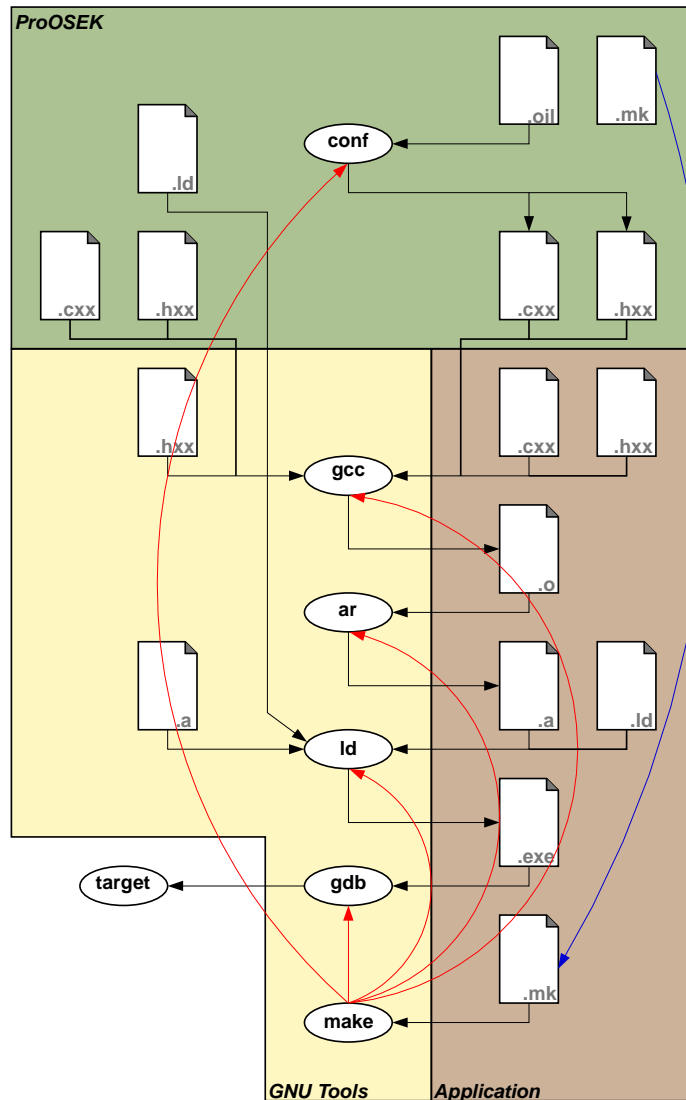


■ tricore-gdb

- gdb für TriCore
- Verbindung zum tricore-jtagsrv:
`target tricore-remote <port>`



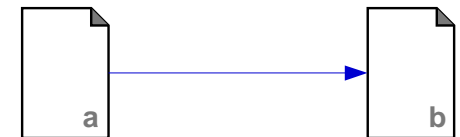
ProOSEK – Überblick



Werkzeug c liest Datei a und schreibt Datei b



Werkzeug a kontrolliert/aktiviert Werkzeug b



Datei a bindet Datei b ein



ProOSEK

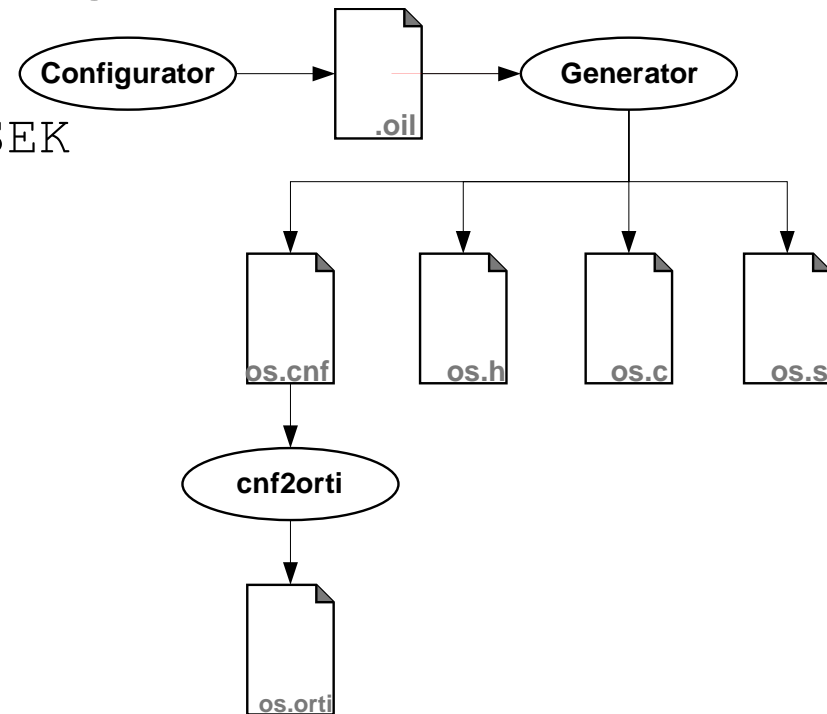
■ Implementierung des OSEK/OSEKtime Standards

- Internet: www.osek-vdx.org
- OSEK OS 2.2.3: </proj/i4ezs/docs/os/os223.pdf>
- Time-Triggered OS 1.0: </proj/i4ezs/docs/os/ttos10.pdf>

■ Umgebungsvariable OSEK_BASE:

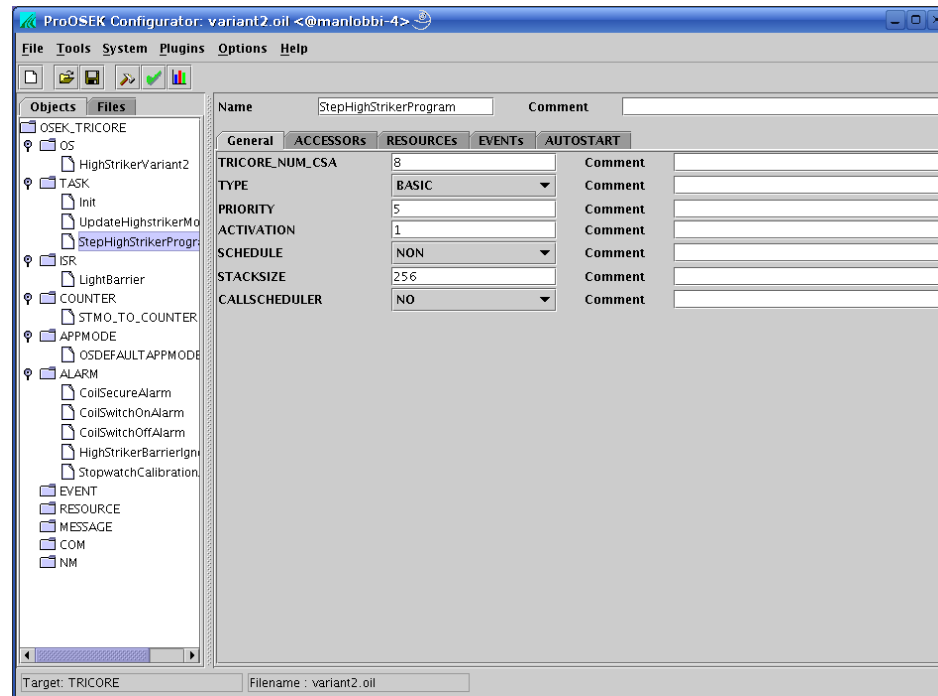
- CIP-Pool: `/local/proosek`
- Labornetz: `/usr/local/ProOSEK`

■ Workflow



ProOSEK – Configurator

- grafisches Konfigurationswerkzeug
- Ergebnis: Systemkonfiguration (OIL-Datei)
- Aufruf:
 - CIP-Pool: `/local/proosek/bin/proosek`
 - Labornetz: `/usr/local/ProOSEK/bin/conf`



ProOSEK – Generator

- Übersetzer: OIL-Datei → Implementierung
- Ergebnis: Header- und Implementierungsdateien
 - os.h: Schnittstelle des OSEK-Laufzeitsystems
 - OSEK-API
 - konfigurationsspezifische Konstanten ...
 - os.c, os.s: Implementierung des OSEK-Laufzeitsystems
 - Vektortabelle
 - Kontextwechsel ...
 - os.cnf: Beschreibung der Konfiguration
 - Stacks ...
- Aufruf:
 - CIP-Pool: `/local/proosek/bin/proosek -o <dir> <oil>`
 - Labornetz: `/usr/local/ProOSEK/bin/conf -o <dir> <oil>`



ProOSEK – cnf2orti

- Übersetzer: os.cnf → os.orti
- OSEK runtime information (ORTI)
 - OSEK-Unterstützung für den Debugger
 - Welcher Task läuft gerade?
 - Welche Zustände haben die Tasks gerade?
 - Welche Alarme sind aktiv?
 - Welche Ressourcen sind gerade belegt?
- wird von gängigen Debuggern ausgewertet
 - Lauterbach Trace32
 - Hitex Tanto
 - leider nicht: GDB
- Aufruf:
 - CIP-Pool: `/local/proosek/bin/proosek orti <cnf> <orti>`
 - Labornetz: `/usr/local/ProOSEK/bin/cnf2orti <cnf> <oil>`



make

- Info: `info make`
- ProOSEK stellt bereits make-Dateifragmente zur Verfügung:

```
...  
include $(OSEK_BASE) /make/host.Linux  
...
```



make – erforderliche Variablen

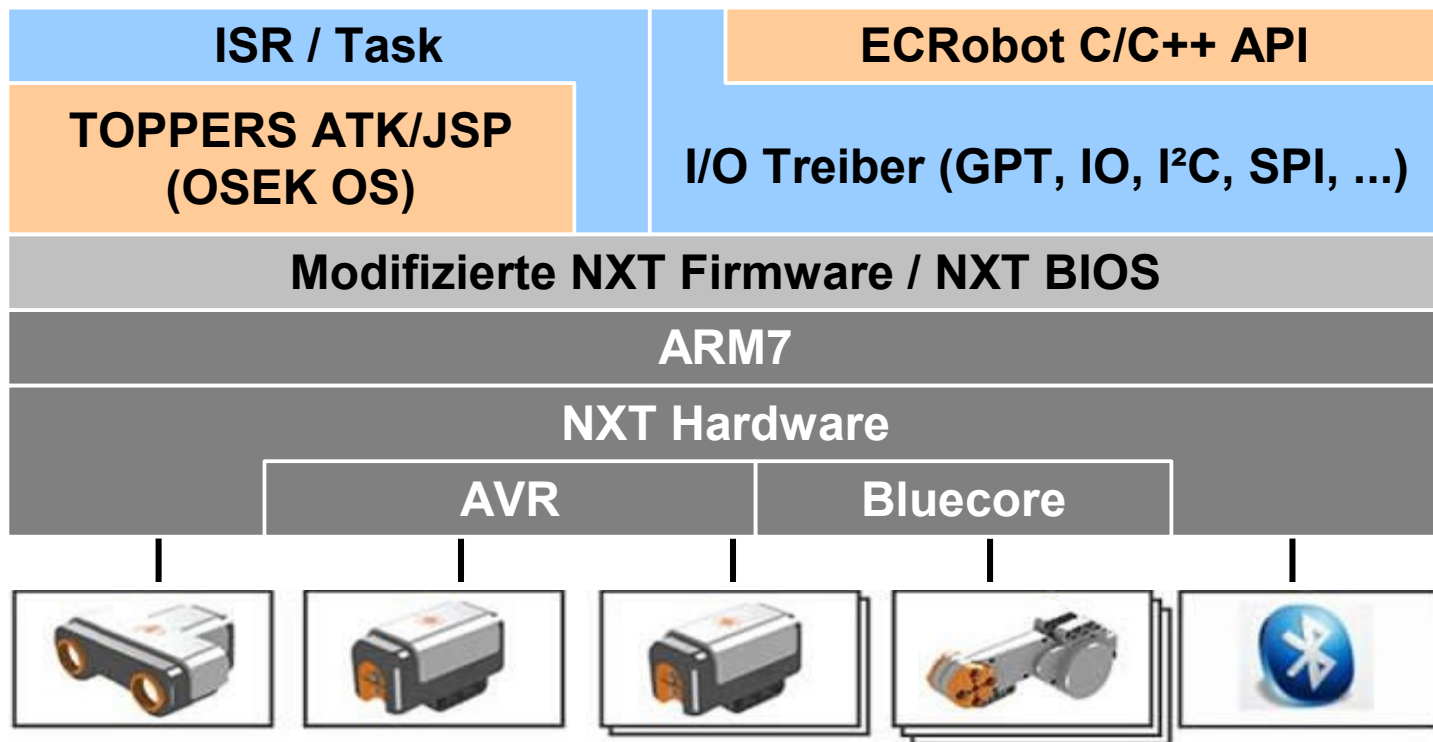
- folgende Variablen müssen definiert sein:

Variable	Beschreibung	Wert
OSEK_BASE	Installationsverzeichnis von ProOSEK	/local/proosek
BUILD_DIR	Verzeichnis, in dem alle generierten Dateien gespeichert werden	
OIL_FILE	OIL-Datei, die die Systemkonfiguration enthält	
FILE	Name des Binärabbilds, das erzeugt wird	
DEBUG	Übersetzerparameter, der die Erzeugung von Debug-Information veranlasst	-g
CPU	Welche CPU wird verwendet?	TRICORE
BOARD	Welches Board wird verwendet?	TriBoardTC1796
TOOL	Welche Toolchain wird verwendet?	gnu
TOOLPATH	Das Basisverzeichnis der Toolchain	/proj/i4ezs/tools/ gnutricore
CC_INCLUDE_USER	Verzeichnis, das benutzerdefinierte Header enthält	
OBJS_USER	Benutzerdefinierte Übersetzungseinheiten	
CC_OPT_USER	Benutzerdefinierte Übersetzerparameter	
LINK_OPT_USER	Benutzerdefinierte Binderparameter	-gc-sections
LIBDIRS	Verzeichnisse mit benutzerdefinierten Bibliotheken	
LIBS_USER	Benutzerdefinierte Bibliotheken	



nxtOSEK - Übersicht

- Open Source OSEK Implementierung für den NXT
 - <http://lejos-osek.sourceforge.net>
 - TOPPERS/ATK OSEK API und TOPPERS/JSP Kern
 - ECRobot C/C++ API für leJOS NXJ Treiber



NXT Firmware-Anpassung

- Drei Möglichkeiten für nxtOSEK Anwendungen:

1. John Hansen's Enhanced NXT-Firmware

- Beliebig viele Anwendungen im NXT-Flash
- Größenbeschränkung pro Anwendung auf 64KB

2. NXT BIOS

- Nur eine Anwendung im NXT-Flash
- Maximale Größe 224KB

3. Direktes Booten aus dem RAM

- Eine Anwendung im NXT-RAM (flüchtig!)
- Maximale Größe 64KB, kein (langsamer) Flash Zugriff

→ NeXTTool ermöglicht flashen und Firmware-Update



nxtOSEK – Werkzeugkette

- Verfügbar für Windows und **Linux**
- GNU MAKE
 - cygwin unter Windows
- OSEK OIL parser/code generator (Windows Binary)
 - Mittels Wine unter Linux
- GNU ARM Crosscompiler
- NeXTTool
 - Hochladen von Anwendung und Firmware per USB

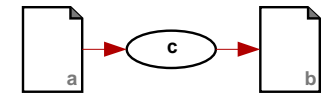
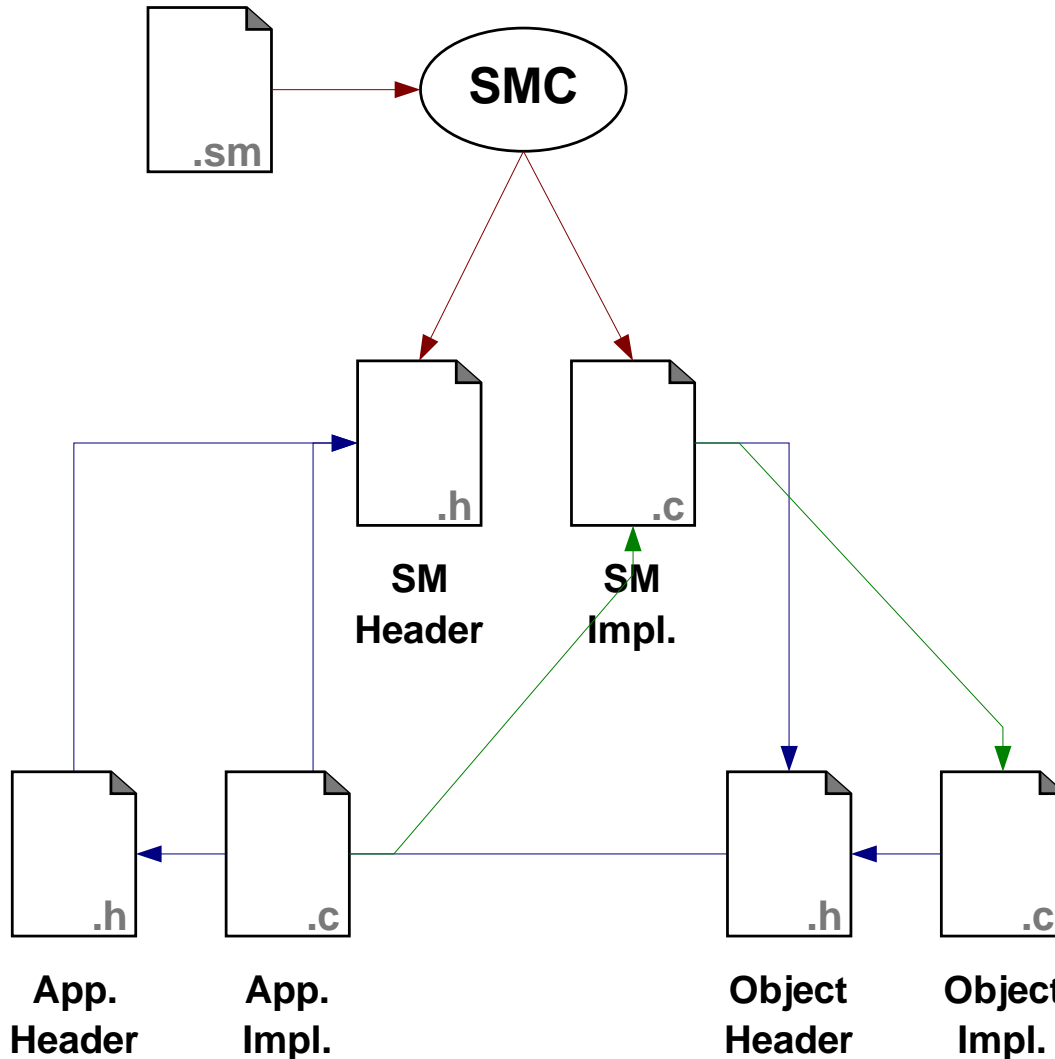


SMC – State Machine Compiler

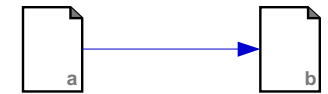
- Übersetzer: Zustandsautomaten → Quellcode
 - mögliche Programmiersprachen: Java, C++, **C**, Lua, Perl, **Dot**, ...
- orientiert sich an UML Statecharts
- Zustandsautomat modelliert Verhalten eines Objekts
- Kopplung zwischen Anwendung und Zustandsautomat
 - Methoden bzw. Funktionsaufrufe
 - Anwendung → Transitionen des Zustandsautomaten
 - Zustandsautomat → Aktionen der Anwendung



SMC - Workflow



Werkzeug c liest Datei a und schreibt Datei b



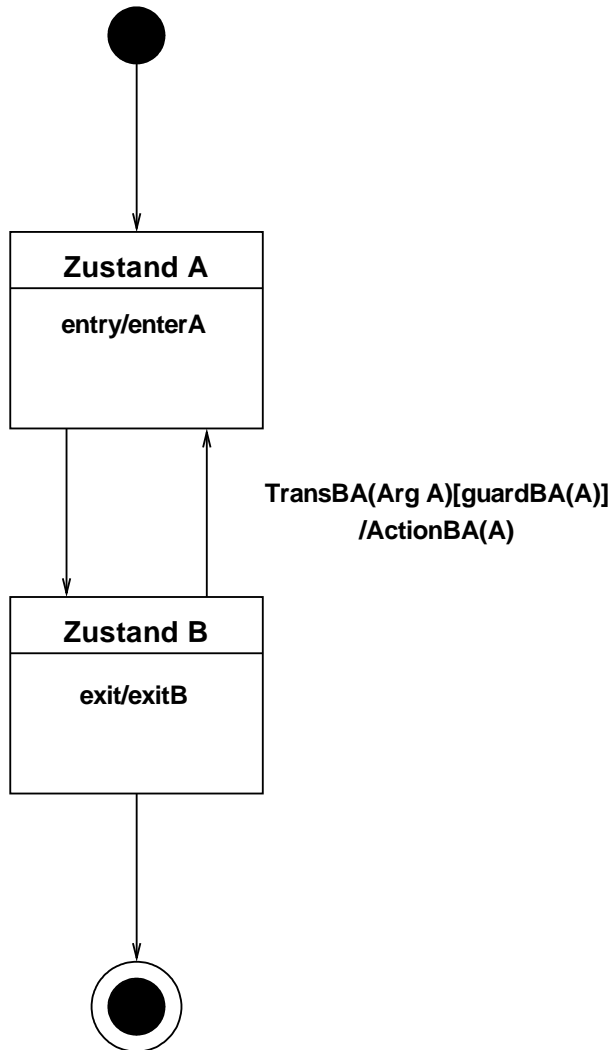
Datei a bindet Datei b ein



Datei a referenziert Funktionen, die in Datei b definiert sind



SMC - Syntax

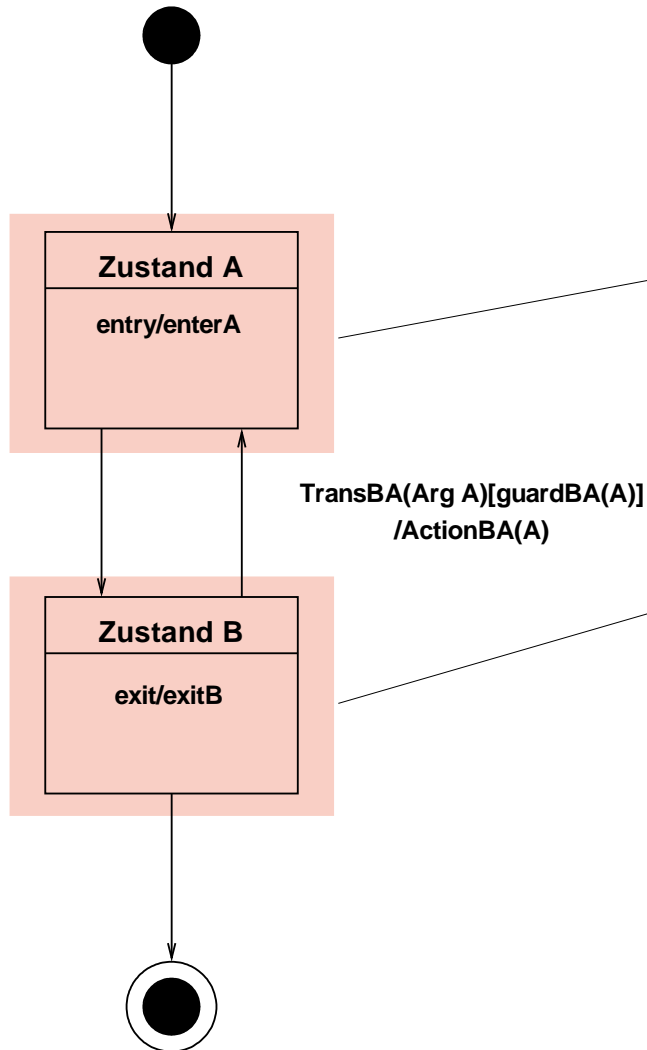


```
%class TheObject
%header TheObject.h

%start SM::ZustandA
%map SM
%%
ZustandA
    Entry {
        enterA();
    }
    {
        ...
    }
ZustandB
    Exit {
        exitB();
    }
    {
        TransBA(A: Arg)
            [guardBA(A)]
            ZustandA {
                ActionBA(A);
            }
    }
%%
```



SMC - Syntax



```

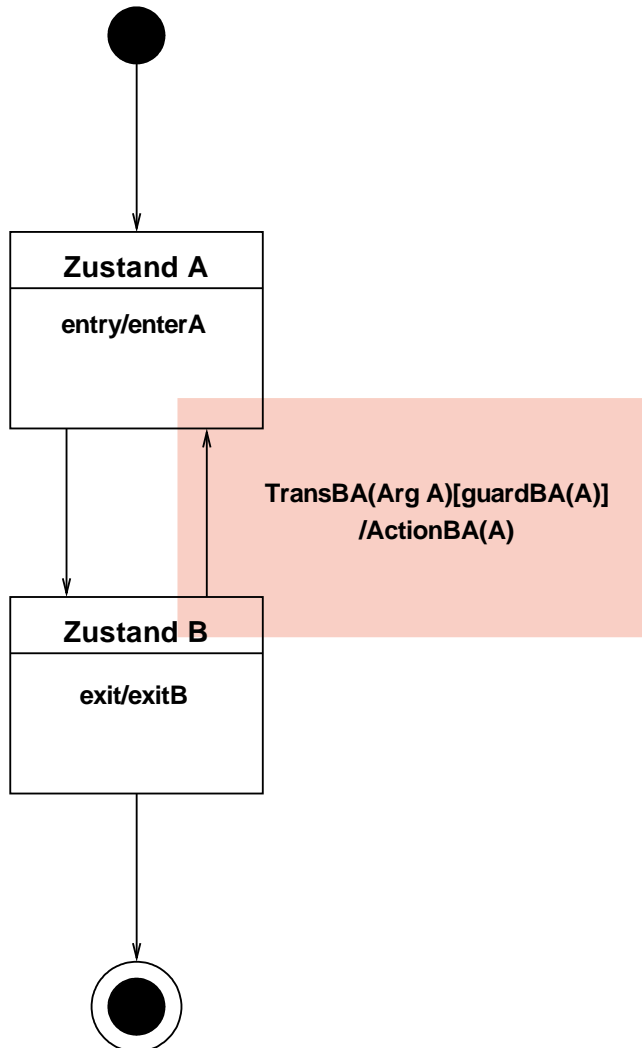
%class TheObject
%header TheObject.h

%start SM::ZustandA
%map SM
%%

ZustandA
Entry {
    enterA();
}
{
    ...
}
ZustandB
Exit {
    exitB();
}
{
    TransBA(A: Arg)
    [guardBA(A)]
    ZustandA {
        ActionBA(A);
    }
}
%%
  
```



SMC - Syntax

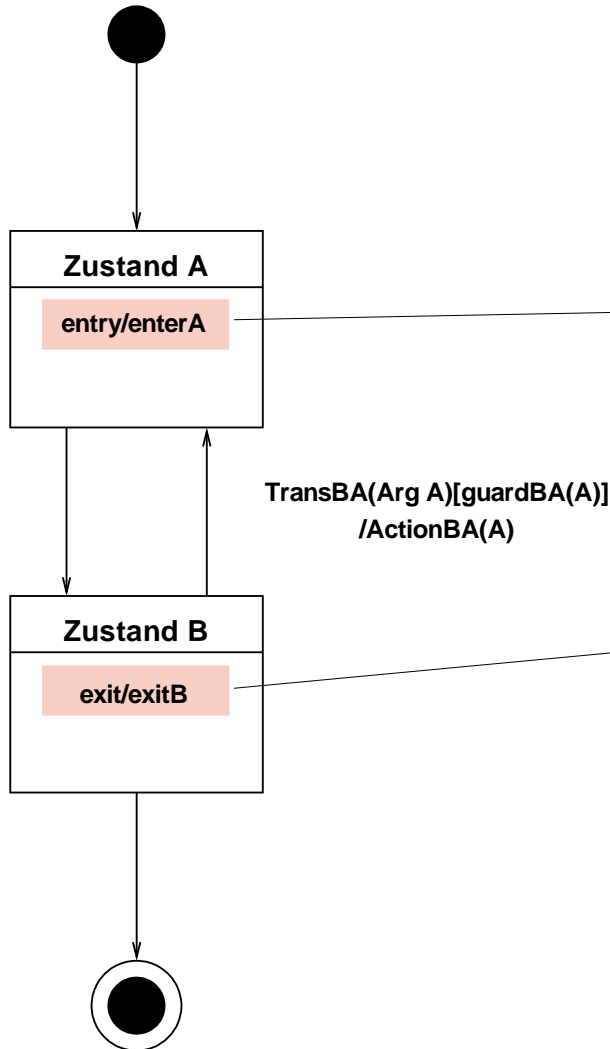


```
%class TheObject
%header TheObject.h

%start SM::ZustandA
%map SM
%%
ZustandA
    Entry {
        enterA();
    }
    {
        ...
    }
ZustandB
    Exit {
        exitB();
    }
    {
        TransBA(A: Arg)
            [guardBA(A)]
            ZustandA {
                ActionBA(A);
            }
    }
%%
```



SMC - Syntax

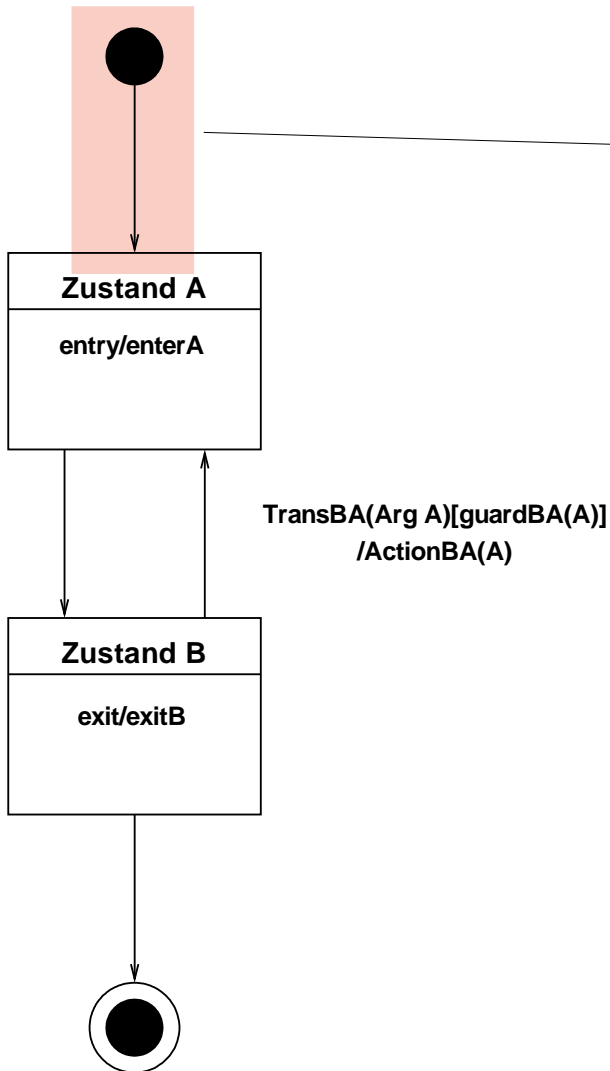


```
%class TheObject
%header TheObject.h

%start SM::ZustandA
%map SM
%%
ZustandA
  Entry {
    enterA();
  }
  {
    ...
  }
ZustandB
  Exit {
    exitB();
  }
  {
    TransBA(A: Arg)
      [guardBA(A)]
      ZustandA {
        ActionBA(A);
      }
  }
%%
```



SMC - Syntax



```
%class TheObject
%header TheObject.h

%start SM::ZustandA
%map SM
%%
ZustandA
    Entry {
        enterA();
    }
    {
        ...
    }
ZustandB
    Exit {
        exitB();
    }
    {
        TransBA(A: Arg)
            [guardBA(A)]
            ZustandA {
                ActionBA(A);
            }
    }
%%
```



SMC – Programmierschnittstelle

- SMC modelliert das Verhalten von Objekten
 - objekt-basiertes Programmieren in C



SMC – Programmierschnittstelle

- SMC modelliert das Verhalten von Objekten
→ objekt-basiertes Programmieren in C

```
#include <TheObject.h>
```

```
struct TheObject theObject;  
struct SMContext _fsm;
```

```
void TheObject_enterA(struct TheO  
    ...  
}
```

```
void TheObject_exitB(struct TheOb  
    ...  
}
```

```
void TheObject_ActionBA(struct TheObject *obj, Arg A) {  
    ...  
}
```

```
int guardBA(Arg a) {  
    ...  
}
```

```
...
```

Definition des Objekts

```
#include <SM_sm.h>  
struct TheObject { ... };
```

```
void TheObject_enterA(...);  
void TheObject_exitB(...);  
void TheObject_ActionBA(...);
```

```
int guardBA(Arg a);
```



SMC – Programmierschnittstelle

- SMC modelliert das Verhalten von Objekten
→ objekt-basiertes Programmieren in C

```
#include <TheObject.h>
```

```
struct TheObject theObject;
```

```
struct SMContext _fsm;
```

das Objekt

```
void TheObject_enterA(struct TheObject *obj) {
```

```
    ...
```

```
}
```

```
void TheObject_exitB(struct TheObject *obj) {
```

```
    ...
```

```
}
```

```
void TheObject_ActionBA(struct TheObject *obj, Arg A) {
```

```
    ...
```

```
}
```

```
int guardBA(Arg a) {
```

```
    ...
```

```
}
```

```
...
```



SMC – Programmierschnittstelle

- SMC modelliert das Verhalten von Objekten
→ objekt-basiertes Programmieren in C

```
#include <TheObject.h>
```

```
struct TheObject theObject;  
struct SMContext _fsm;
```

der Zustandsautomat

```
void TheObject_enterA(struct TheObject *obj) {  
    ...  
}  
void TheObject_exitB(struct TheObject *obj) {  
    ...  
}  
void TheObject_ActionBA(struct TheObject *obj, Arg A) {  
    ...  
}  
  
int guardBA(Arg a) {  
    ...  
}  
  
...
```



SMC – Programmierschnittstelle

- SMC modelliert das Verhalten von Objekten
 - objekt-basiertes Programmieren in C

```
#include <TheObject.h>

struct TheObject theObject;
struct SMContext _fsm;

void TheObject_enterA(struct TheObject *obj) {
    ...
}
void TheObject_exitB(struct TheObject *obj) {
    ...
}
void TheObject_ActionBA(struct TheObject *obj, Arg A) {
    ...
}

int guardBA(Arg a) {
    ...
}

...
```

Implementierung des Aktionen
→ Operationen auf dem Objekt
→ this-Zeiger wird explizit übergeben



SMC – Programmierschnittstelle

- SMC modelliert das Verhalten von Objekten
 - objekt-basiertes Programmieren in C

```
#include <TheObject.h>

struct TheObject theObject;
struct SMContext _fsm;

void TheObject_enterA(struct TheObject *obj) {
    ...
}
void TheObject_exitB(struct TheObject *obj) {
    ...
}
void TheObject_ActionBA(struct TheObject *obj, Arg A) {
    ...
}

int guardBA(Arg a) {
    ...
}
```

Guards sind globale Funktionen
→ Rückgabewert ist ein Wahrheitswert



SMC – Verwendung

- SMC modelliert das Verhalten von Objekten
 - objekt-basiertes Programmieren in C

```
#include <SM.h>

...

int main() {
    Arg B;

    /* initialisieren */
    SMContext_Init(&_fsm,&theObject);

    /* Transitionen aktivieren */
    SMContext_TransBA(&_fsm,B);

    return 0;
}
```



SMC – Advanced

- Default-Transitionen und -Zustände
- Verschachtelte Zustandsautomaten
 - Abbildung auf push()/pop()
- alles weitere auf: <http://smc.sourceforge.net>
- Installation: `/proj/i4ezs/tools/smc`



WCET-Analyse: Absint aiT

- Statische Bestimmung der max. Ausführungszeit
- Pfad: `/local/ait_tricore`
- Dokumentation: `$Pfad/share/doc/ait_tricore`
- Verwendung: erstaunlich einfach ☺
 - aiT starten: `/local/ait_tricore/bin/aittricore`
 - Programm auswählen
 - Programm muss **vollständig gebunden** sein
 - Programm sollte im **internen Speicher** liegen
 - **Annotationen für Schleifengrenzen** hinzufügen
 - Analyse mit `Ctrl-A` starten
- Beispiel: Annotationen für Schleifengrenzen

```
clock exactly 150 MHz;
compiler "tricore-gcc";
```

```
loop STOPWATCH_Init +1 loops max 3 begin;
```



Aufgabe

- Inbetriebnahme der Hardware
 - Laden/Ausführen/Debuggen von Programmen
 - Ausgabe eines Signal über einen I/O-Pin
- Unter Verwendung
 - der bloßen GNU Toolchain
 - ProOSEK / nxtOSEK
- Bestimmung der WCETs
 - für ausgewählte Funktionen/Prozeduren

