

Entwicklungsumgebung

Echtzeitsysteme 2 – Vorlesung/Übung

Fabian Scheler
Peter Ulbrich
Wolfgang Schröder-Preikschat

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

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



1

Übersicht

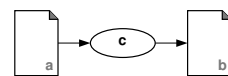
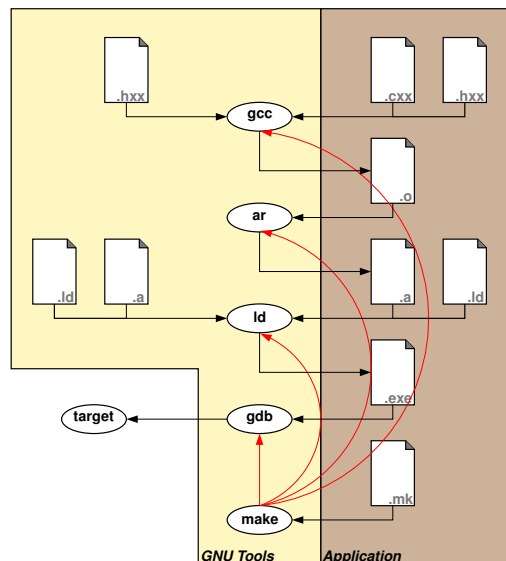
- GNU Tools
- ProOSEK
- eCos
- SMC
- Absint aiT



© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2009)

2

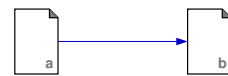
Entwicklungsumgebung – Überblick



Werkzeug c liest Datei a
und schreibt Datei b



Werkzeug a kontrolliert/aktiviert
Werkzeug b



Datei a bindet Datei b ein



© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2009)

3

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

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



© {scheler,ulbrich,wosch}@cs.fau.de - EZL (SS 2009)

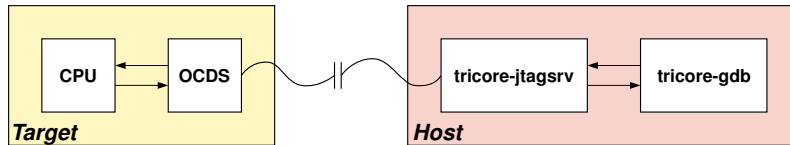
4

GNU Tools – GDB

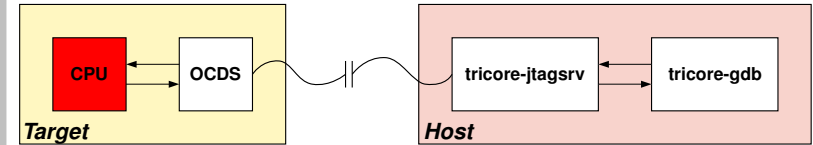
weitere Infos:

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

Funktionsweise



GNU Tools – GDB

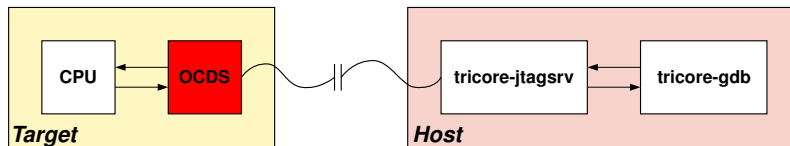


CPU

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



GNU Tools – GDB

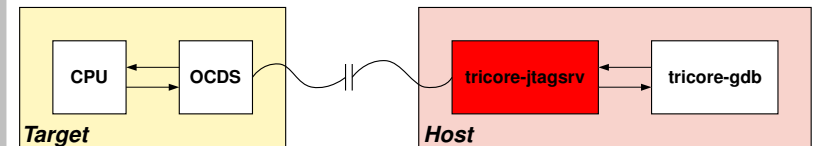


On-Chip Debug Support

- 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

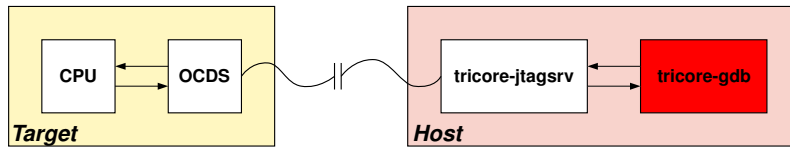


tricorn-jtagsrv

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

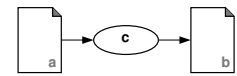
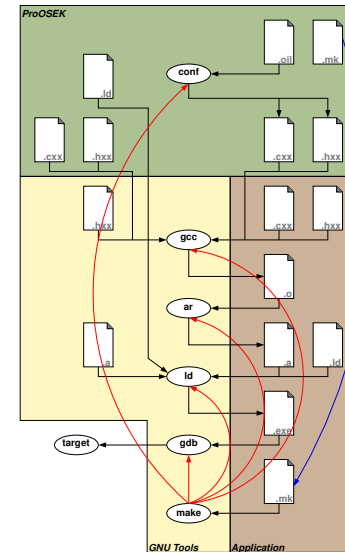


GNU Tools – GDB



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

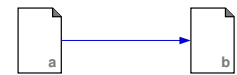
ProOSEK – Überblick



Werkzeug c liest Datei a und schreibt Datei b



Werkzeug a kontrolliert/aktiviert Werkzeug b



Datei a bindet Datei b ein

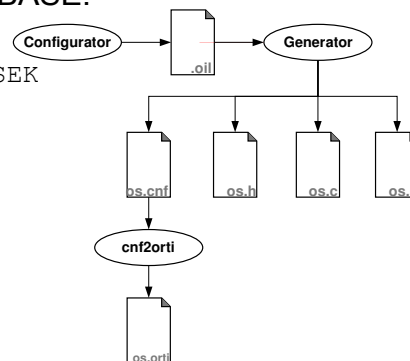
ProOSEK

- 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:

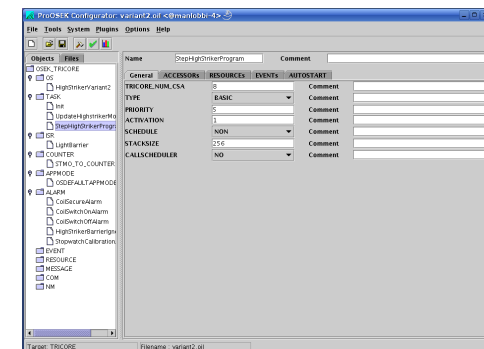
- CIP-Pool: /local/proosek
- Labornetz: /usr/local/ProOSEK

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

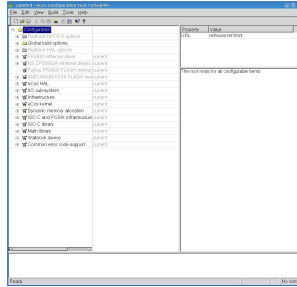
- folgende Variablen müssen definiert sein:

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 Binärabbaus, 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	
OBJJS_USER	Benutzerdefinierte Übersetzungseinheiten	
CC_OPT_USER	Benutzerdefinierte Übersetzerparameter	
LINK_OPT_USER	Benutzerdefinierte Binderparameter	-gc-sections
LIBDIRS	Verzeichnisse mit benutzerdefinierten Bibliotheken	
LIBS_USER	Benutzerdefinierte Bibliotheken	



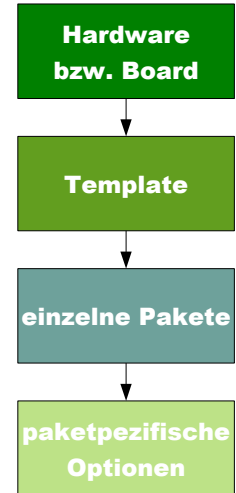
eCos – Überblick

- quelloffenes Betriebssystem für eingebettete Systeme
 - kommerzielle Distribution von eCosCentric Ltd.
 - verfügbar für eine Vielzahl von Architekturen
 - MIPS, ARM, PowerPC, x86, SuperH, **TriCore**, ...
- konfigurierbar
 - Auswahl bestimmter Pakete
 - Betriebssystemkern, CAN, TCP/IP, ...
 - Pakete sind parametrierbar
 - vielfältige Optionen
- Schnittstelle/API
 - Verschiedene POSIX, µITRON, C-API, C++-API
 - hier: Verwendung der C-API

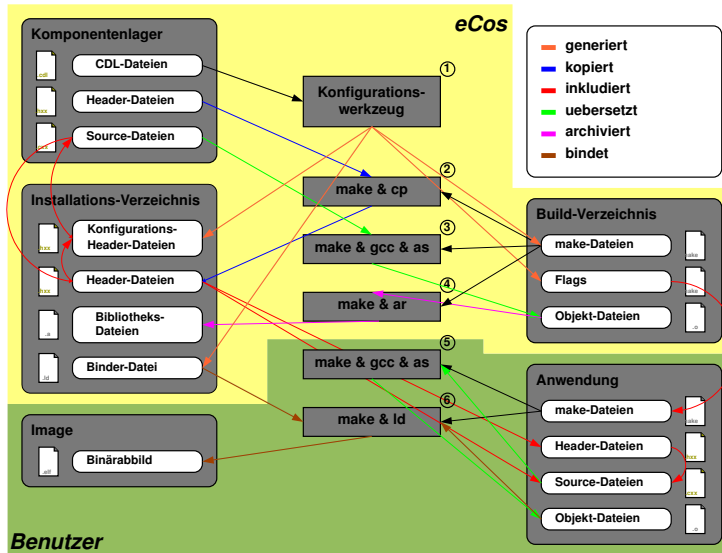


eCos – Konfigurationsebenen

1. Auswahl eines bestimmten Boards
 - Implizite Festlegung der Peripherie
 - Peripherie entspricht *Hardwarepaketen*
2. Auswahl eines Templates
 - Vordefinierte Menge von *Softwarepaketen*
 - z.B. Kernel, TCP/IP, C-Bibliothek, ...
3. Auswahl spezieller Pakete
 - *Softwarepakete* – hinzufügen/entfernen
 - *Hardwarepakete* – nur entfernen
4. Konfiguration der einzelnen Pakete
 - diverse Optionen
 - z.B. Mutex: normal/PIP/PCP/dynamisch



eCos – Entwicklungsprozess



eCos – Pfade

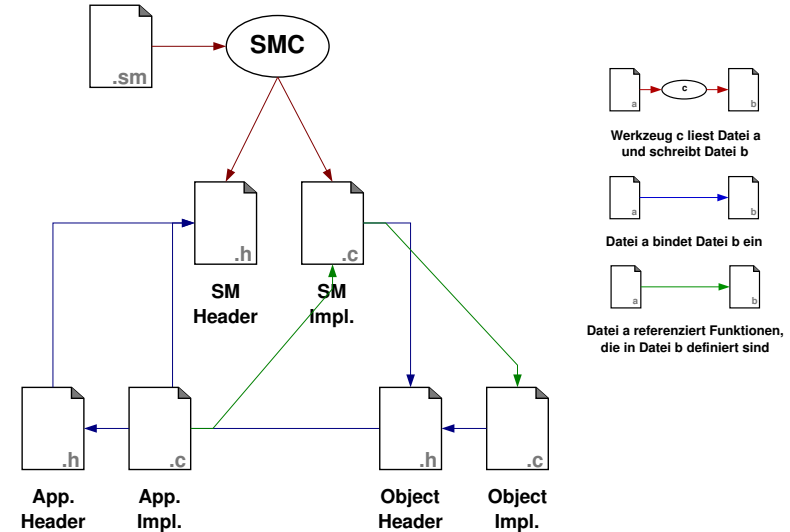
- Konfigurationswerkzeug
 - `/proj/i4ezs/tools/ecos/host`
- Komponentenlager
 - `/proj/i4ezs/tools/ecos/repository`

SMC – State Machine Compiler

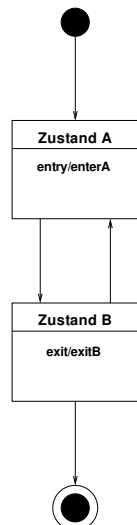
- Übersetzer: Zustandsautomaten → Quellcode
 - mögliche Programmiersprachen: Java, C++, **C**, Lua, Perl, **Dot**, ...
- orientiert sich an UML Statecharts
- Zustandsautomat modelliert Verhalten eines Objekts
- Kopplung zwischen Anwendung und Zustandsautomat
 - Methoden bzw. Funktionsaufrufe
 - Anwendung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



SMC - Workflow



SMC - Syntax

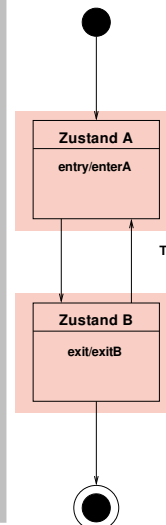


```
%class TheObject
%header TheObject.h

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



SMC - Syntax

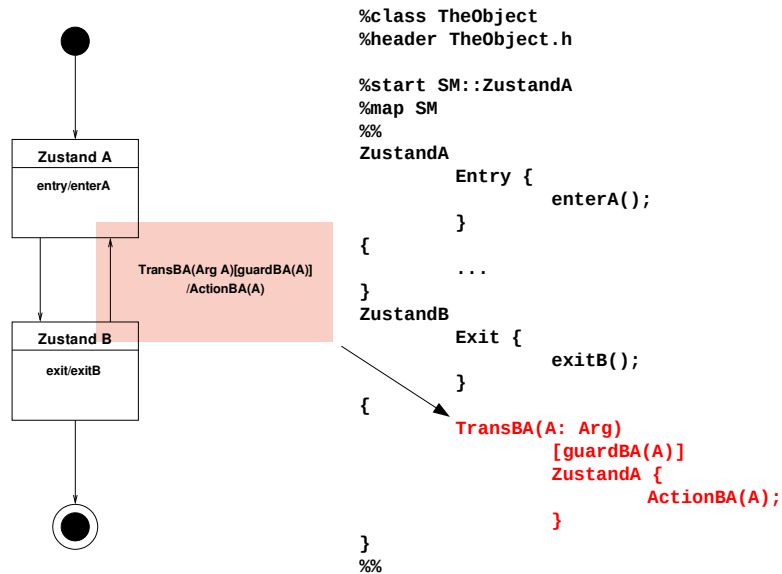


```
%class TheObject
%header TheObject.h

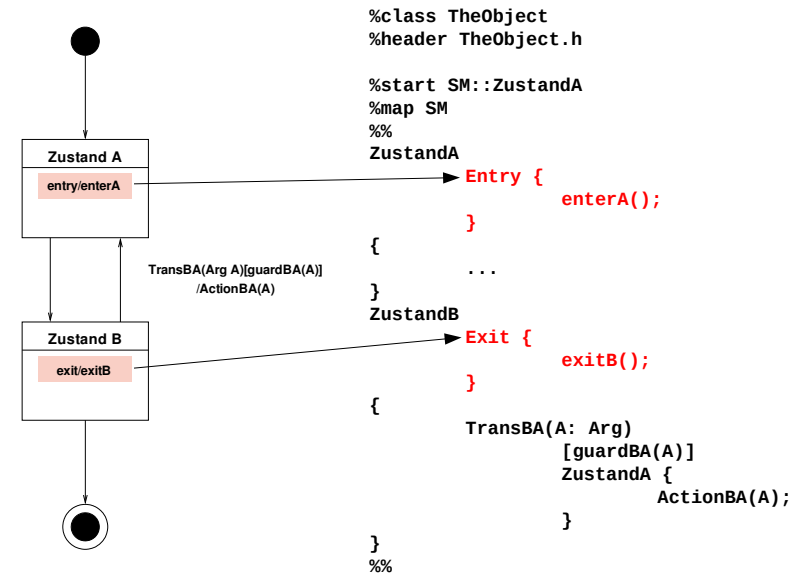
%start SM::ZustandA
%map SM
%%
ZustandA
    Entry {
        enterA();
    }
    {
        ...
    }
    ZustandB
        Exit {
            exitB();
        }
        {
            TransBA(A: Arg)
            [guardBA(A)]
            ZustandA {
                ActionBA(A);
            }
        }
  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



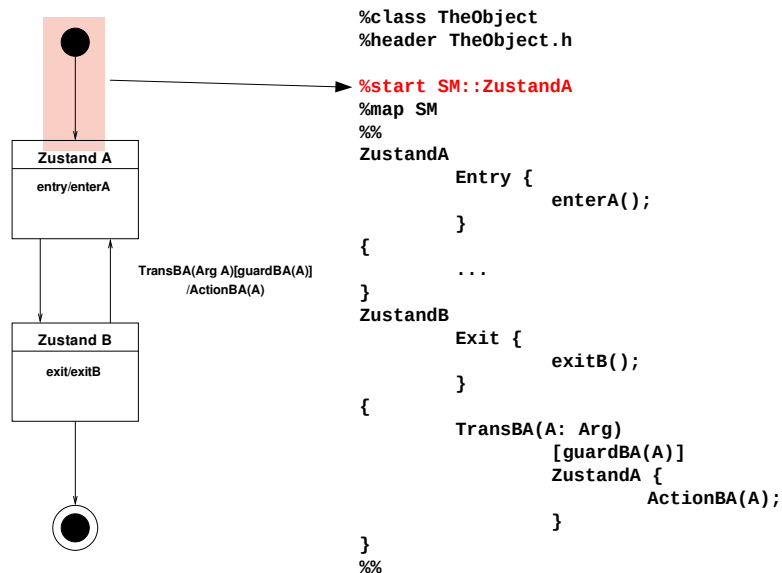
SMC - Syntax



SMC - Syntax



SMC - Syntax



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 TheObject *obj) {
    ...
}
void TheObject_exitB(struct TheObject *obj) {
    ...
}
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;

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

int guardBA(Arg a) {
    ...
}

...
```

das Objekt

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) {
    ...
}

...
```

der Zustandsautomat

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/eCos
- Bestimmung der WCETs
 - für ausgewählte Funktionen/Prozeduren

