

Hallo Welt!

Erster Teil

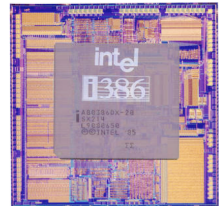
Florian Franzmann Tobias Klaus Peter Wägemann

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl Informatik 4 (Verteilte Systeme und Betriebssysteme)
<http://www4.cs.fau.de>

15.10.2015



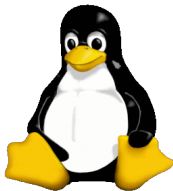
Prozessorvielfalt in der Echtzeitwelt



Noch mehr Betriebssysteme

free **RTOS**

μClinux



*eCos is an embedded, highly configurable,
open-source, royalty-free, real-time operating system.*

- Ursprünglich von der Fa. Cygnus Solutions entwickelt (1997)
- Primäres Entwurfsziel:
 - „deeply embedded systems“
 - „high-volume application“
 - „consumer electronics, telecommunications, automotive, ...“
- Zusammenarbeit mit Redhat (1999)
- Seit 2002 quelloffen (GPL)



<http://ecos.sourceforge.org>

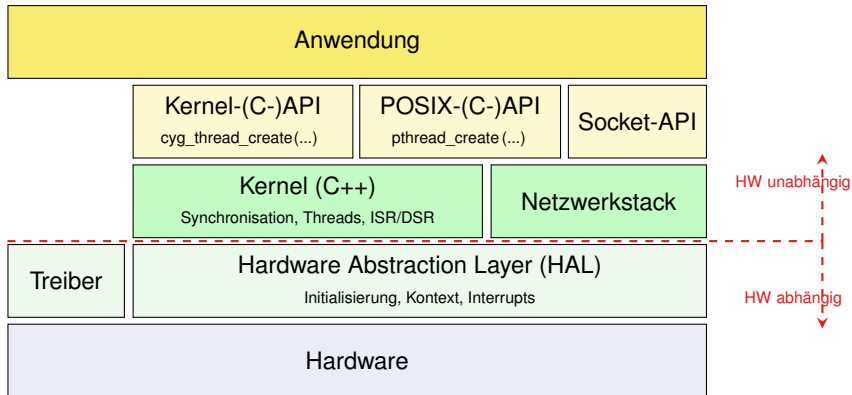


Unterstützte Plattformen

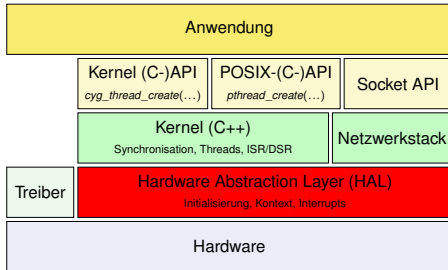
<http://www.ecoscentric.com/ecos/examples.shtml>

- Fujitsu SPARClite
- Matsushita MN10300
- Motorola PowerPC
- Advanced RISC Machines (ARM)
- Toshiba TX39
- Intel Strong ARM
- ☞ *Infineon TriCore*
- Hitachi SH3
- NEC VR4300
- MB8683X
- ☞ *Intel x86*
- ...

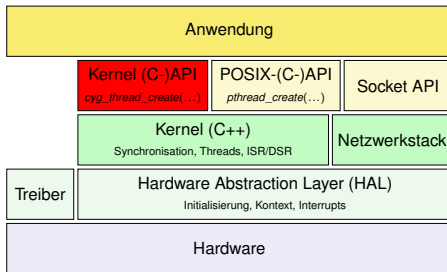




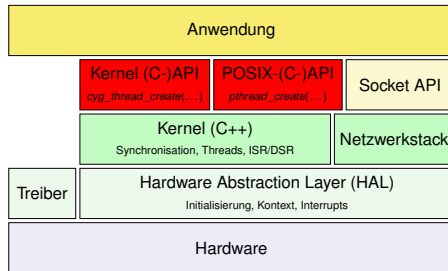
- Abstrahiert CPU- und plattformspezifische Eigenschaften
 - Kontextwechsel
 - Interruptverwaltung
 - CPU-Erkennung, Startup
 - Zeitgeber, I/O-Registerzugriffe



- Interrupt Service Routine (ISR)
 - Unverzögliche Ausführung
 - Asynchron
 - Kann DSR anfordern
- Deferred Service Routine (DSR)
 - Verzögerte Ausführung (beim Verlassen des Kernels)
 - Synchron



- Kernel API
 - vollständige C-Schnittstelle
 - siehe Dokumentation¹
- (Optionale) POSIX-Kompatibilitätsschicht
 - Scheduling-Konfiguration, *pthread_**
 - Timer, Semaphore, Message Queues, Signale, ...

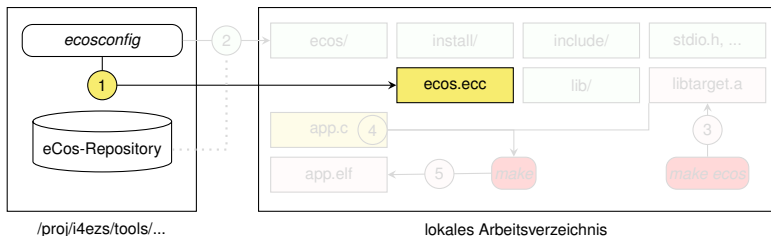


¹<http://ecos.sourceware.org/docs-2.0/ref/ecos-ref.html>



eCos-Entwicklungszyklus

- 1 Erstellen einer Konfiguration (configtool/ecosconfig)
- 2 Kopieren ausgewählter Komponenten (configtool/ecosconfig)
- 3 Erstellen einer Betriebssystembibliothek
- 4 Entwicklung der eigentlichen Anwendung
- 5 Kompilieren des Gesamtsystems



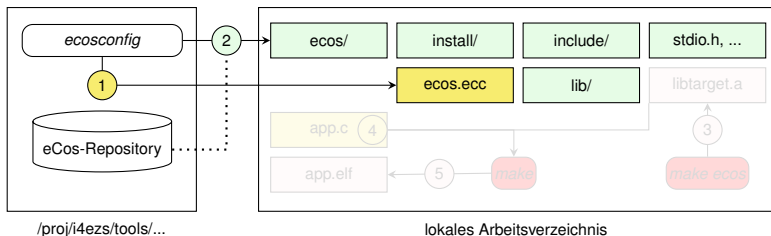
Wichtig!

Für jede Übung wird eine Konfiguration vorgegeben (Schritte 1–3)



eCos-Entwicklungszyklus

- 1 Erstellen einer Konfiguration (configtool/ecosconfig)
- 2 Kopieren ausgewählter Komponenten (configtool/ecosconfig)
- 3 Erstellen einer Betriebssystembibliothek
- 4 Entwicklung der eigentlichen Anwendung
- 5 Kompilieren des Gesamtsystems



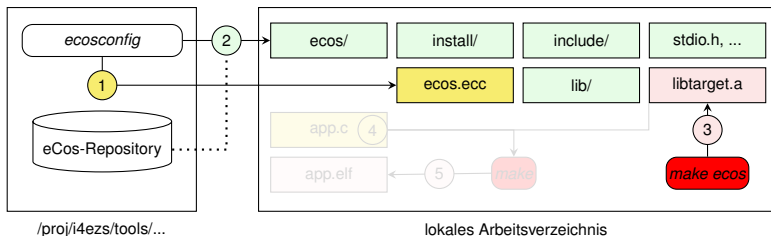
Wichtig!

Für jede Übung wird eine Konfiguration vorgegeben (Schritte 1–3)



eCos-Entwicklungszyklus

- 1 Erstellen einer Konfiguration (configtool/ecosconfig)
- 2 Kopieren ausgewählter Komponenten (configtool/ecosconfig)
- 3 Erstellen einer Betriebssystem**bibliothek**
- 4 Entwicklung der eigentlichen Anwendung
- 5 Kompilieren des Gesamtsystems



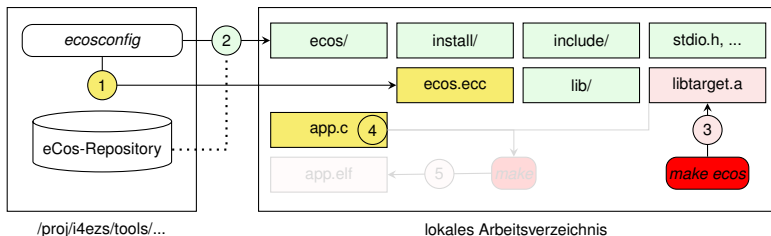
Wichtig!

Für jede Übung wird eine Konfiguration vorgegeben (Schritte 1–3)



eCos-Entwicklungszyklus

- 1 Erstellen einer Konfiguration (configtool/ecosconfig)
- 2 Kopieren ausgewählter Komponenten (configtool/ecosconfig)
- 3 Erstellen einer Betriebssystem**bibliothek**
- 4 Entwicklung der eigentlichen Anwendung
- 5 Kompilieren des Gesamtsystems



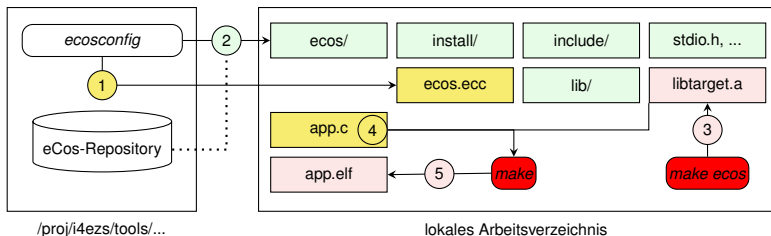
Wichtig!

Für jede Übung wird eine Konfiguration vorgegeben (Schritte 1–3)



eCos-Entwicklungszyklus

- 1 Erstellen einer Konfiguration (configtool/ecosconfig)
- 2 Kopieren ausgewählter Komponenten (configtool/ecosconfig)
- 3 Erstellen einer Betriebssystem**bibliothek**
- 4 Entwicklung der eigentlichen Anwendung
- 5 Kompilieren des Gesamtsystems



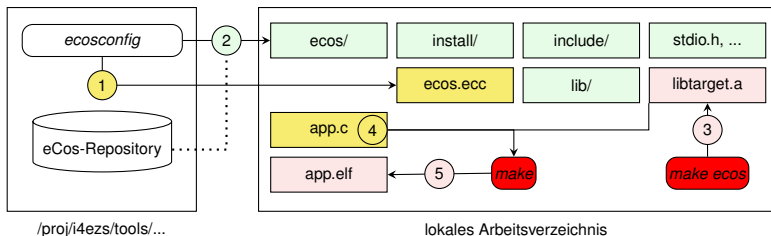
Wichtig!

Für jede Übung wird eine Konfiguration vorgegeben (Schritte 1–3)



eCos-Entwicklungszyklus

- 1 Erstellen einer Konfiguration (configtool/ecosconfig)
- 2 Kopieren ausgewählter Komponenten (configtool/ecosconfig)
- 3 Erstellen einer Betriebssystem**bibliothek**
- 4 Entwicklung der eigentlichen Anwendung
- 5 Kompilieren des Gesamtsystems



Wichtig!

Für jede Übung wird eine Konfiguration vorgegeben (Schritte 1–3)



1 vectors.S

- Hardwareinitialisierung
- Globale Konstruktoren

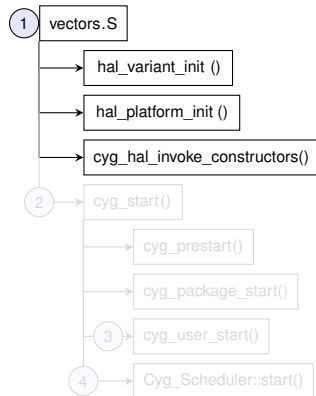
2 cyg_start():

- Hardwareunabhängige Vorbereitungen

3 cyg_user_start():

- Einsprungpunkt für Anwendungscode!
- Erzeugen von Threads

4 Starten des Schedulers



Wichtig!

In allen Übungsaufgaben muss man `cyg_user_start()` implementieren und dort alle Threads anlegen.
Die Funktion muss zurückkehren!



1 vectors.S

- Hardwareinitialisierung
- Globale Konstruktoren

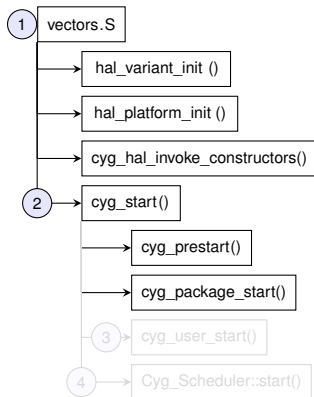
2 cyg_start():

- Hardwareunabhängige Vorbereitungen

3 cyg_user_start():

- Einsprungpunkt für Anwendungscode!
- Erzeugen von Threads

4 Starten des Schedulers



Wichtig!

In allen Übungsaufgaben muss man `cyg_user_start()` implementieren und dort alle Threads anlegen.
Die Funktion muss zurückkehren!



1 vectors.S

- Hardwareinitialisierung
- Globale Konstruktoren

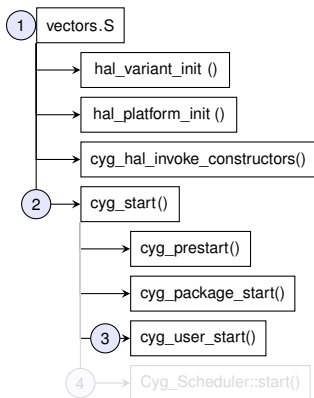
2 cyg_start():

- Hardwareunabhängige Vorbereitungen

3 cyg_user_start():

- Einsprungpunkt für Anwendungscode!
- Erzeugen von Threads

4 Starten des Schedulers



Wichtig!

In allen Übungsaufgaben muss man `cyg_user_start()` implementieren und dort alle Threads anlegen.
Die Funktion muss zurückkehren!



1 vectors.S

- Hardwareinitialisierung
- Globale Konstruktoren

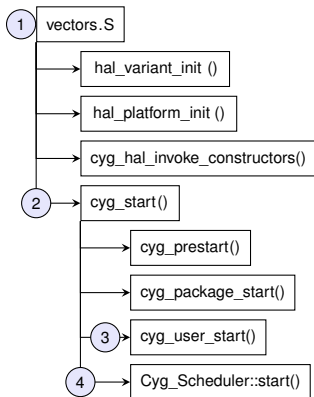
2 cyg_start():

- Hardwareunabhängige Vorbereitungen

3 cyg_user_start():

- Einsprungpunkt für Anwendungscode!
- Erzeugen von Threads

4 Starten des Schedulers



Wichtig!

In allen Übungsaufgaben muss man `cyg_user_start()` implementieren und dort alle Threads anlegen.
Die Funktion muss zurückkehren!



1 vectors.S

- Hardwareinitialisierung
- Globale Konstruktoren

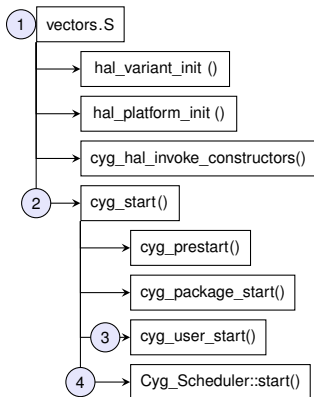
2 cyg_start():

- Hardwareunabhängige Vorbereitungen

3 cyg_user_start():

- Einsprungpunkt für Anwendungscode!
- Erzeugen von Threads

4 Starten des Schedulers

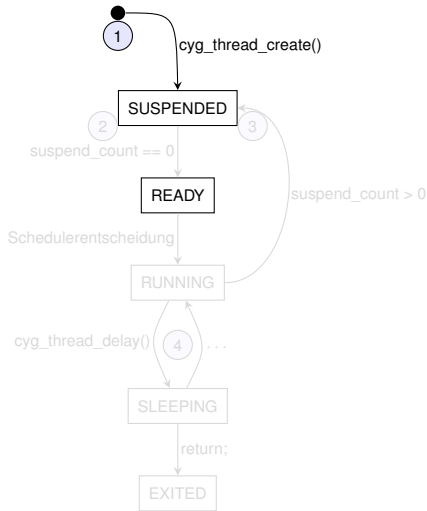


Wichtig!

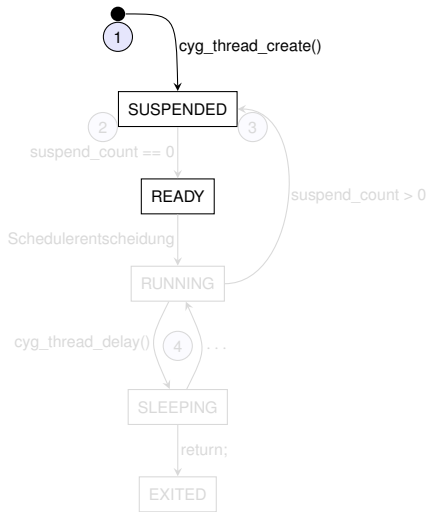
In allen Übungsaufgaben muss man `cyg_user_start()` implementieren und dort alle Threads anlegen.
Die Funktion muss zurückkehren!



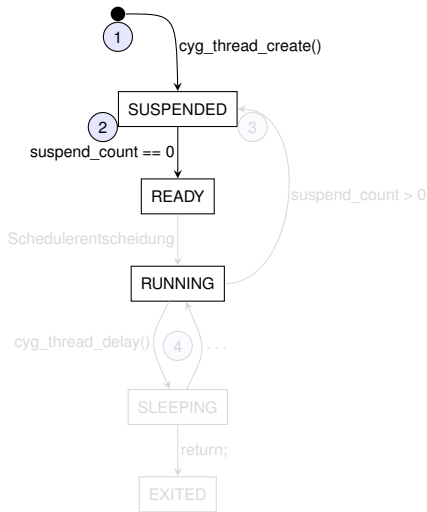
- 1 Thread wird im Zustand *suspended* erzeugt.
 - `suspend_count = 1`
- 2 `cyg_thread_resume()` aktiviert
 - `suspend_count--`
- 3 `cyg_thread_suspend()` suspendiert
 - `suspend_count++`
- 4 bereit
- 5 delay, mutex, semaphore wait
- 6 Threadfunktion kehrt zurück



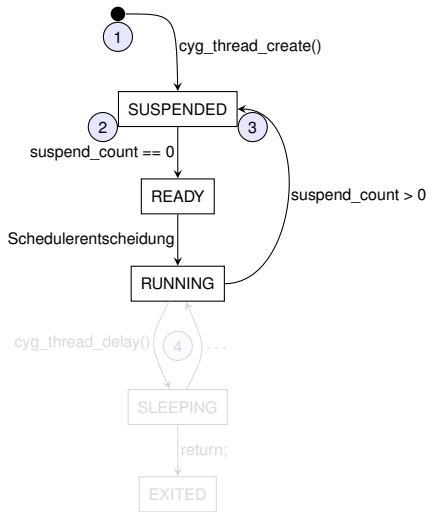
- 1 Thread wird im Zustand *suspended* erzeugt.
 - `suspend_count = 1`
- 2 `cyg_thread_resume()` aktiviert
 - `suspend_count--`
- 3 `cyg_thread_suspend()` suspendiert
 - `suspend_count++`
- 4 bereit
- 5 delay, mutex, semaphore wait
- 6 Threadfunktion kehrt zurück



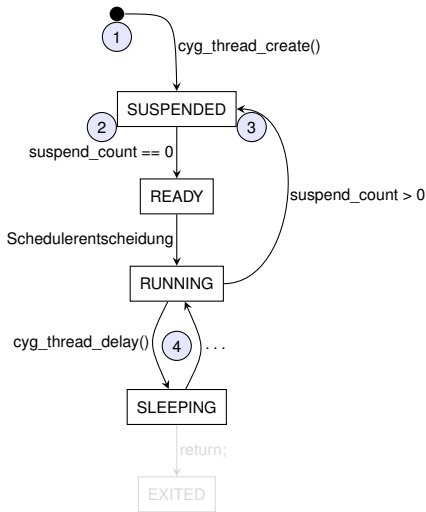
- 1 Thread wird im Zustand *suspended* erzeugt.
 - `suspend_count = 1`
- 2 `cyg_thread_resume()` aktiviert
 - `suspend_count--`
- 3 `cyg_thread_suspend()` suspendiert
 - `suspend_count++`
- 4 bereit
- 5 delay, mutex, semaphore wait
- 6 Threadfunktion kehrt zurück



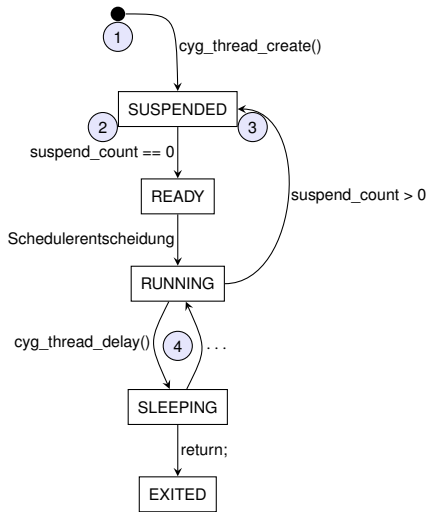
- 1 Thread wird im Zustand *suspended* erzeugt.
 - `suspend_count = 1`
- 2 `cyg_thread_resume()` aktiviert
 - `suspend_count--`
- 3 `cyg_thread_suspend()` suspendiert
 - `suspend_count++`
- 4 bereit
- 5 delay, mutex, semaphore wait
- 6 Threadfunktion kehrt zurück



- 1 Thread wird im Zustand *suspended* erzeugt.
 - `suspend_count = 1`
- 2 `cyg_thread_resume()` aktiviert
 - `suspend_count--`
- 3 `cyg_thread_suspend()` suspendiert
 - `suspend_count++`
- 4 bereit
- 5 delay, mutex, semaphore wait
- 6 Threadfunktion kehrt zurück



- 1 Thread wird im Zustand *suspended* erzeugt.
 - `suspend_count = 1`
- 2 `cyg_thread_resume()` aktiviert
 - `suspend_count--`
- 3 `cyg_thread_suspend()` suspendiert
 - `suspend_count++`
- 4 bereit
- 5 delay, mutex, semaphore wait
- 6 Threadfunktion kehrt zurück



```
#include <cyg/kernel/kapi.h>
void cyg_thread_create
(
    cyg_addrword_t sched_info,
    cyg_thread_entry_t* entry,
    cyg_addrword_t entry_data,
    char* name,
    void* stack_base,
    cyg_ucount32 stack_size,
    cyg_handle_t* handle,
    cyg_thread* thread
);
```

- Einbinden der nötigen Headerdatei
- Anlegen eines neuen eCos-Threads

Ausführliche Dokumentation

<http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-thread-create.html>



```
#include <cyg/kernel/kapi.h>
void cyg_thread_create
(
    cyg_addrword_t sched_info,
    cyg_thread_entry_t* entry,
    cyg_addrword_t entry_data,
    char* name,
    void* stack_base,
    cyg_ucount32 stack_size,
    cyg_handle_t* handle,
    cyg_thread* thread
);
```

- Scheduling-Informationen
- z. B. MLQ-Scheduler
- Threadpriorität
- Datentyp cyg_uint8

Ausführliche Dokumentation

<http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-thread-create.html>



```
#include <cyg/kernel/kapi.h>
void cyg_thread_create
(
    cyg_addrword_t sched_info,
    cyg_thread_entry_t* entry,
    cyg_addrword_t entry_data,
    char* name,
    void* stack_base,
    cyg_ucount32 stack_size,
    cyg_handle_t* handle,
    cyg_thread* thread
);
```

■ Thread Einsprungpunkt

■ Funktionszeiger

■ Signatur:

`void (*)(cyg_addrword_t)`

Ausführliche Dokumentation

<http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-thread-create.html>



```
#include <cyg/kernel/kapi.h>
void cyg_thread_create
(
    cyg_addrword_t sched_info,
    cyg_thread_entry_t* entry,
    cyg_addrword_t entry_data,
    char* name,
    void* stack_base,
    cyg_ucount32 stack_size,
    cyg_handle_t* handle,
    cyg_thread* thread
);
```

■ Thread Parameter

■ Beliebige
Übergabeparameter

■ z. B. Zeiger auf threadlokale
Daten

Ausführliche Dokumentation

<http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-thread-create.html>



```
#include <cyg/kernel/kapi.h>
void cyg_thread_create
(
    cyg_addrword_t sched_info ,
    cyg_thread_entry_t* entry ,
    cyg_addrword_t entry_data ,
    char* name ,
    void* stack_base ,
    cyg_ucount32 stack_size ,
    cyg_handle_t* handle ,
    cyg_thread* thread
);
```

- Beliebiger Threadname
- Tipp: (gdb) info threads

Ausführliche Dokumentation

<http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-thread-create.html>



```
#include <cyg/kernel/kapi.h>
void cyg_thread_create
(
    cyg_addrword_t sched_info,
    cyg_thread_entry_t* entry,
    cyg_addrword_t entry_data,
    char* name,
    void* stack_base,
    cyg_ucount32 stack_size,
    cyg_handle_t* handle,
    cyg_thread* thread
);
```

- Basisadresse des Threadstacks (→ &stack[0])
- cyg_uint8-Array
- Global definieren
→ Datensegment!
- *Warum ist die notwendig?*

Ausführliche Dokumentation

<http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-thread-create.html>



```
#include <cyg/kernel/kapi.h>
void cyg_thread_create
(
    cyg_addrword_t sched_info ,
    cyg_thread_entry_t* entry ,
    cyg_addrword_t entry_data ,
    char* name,
    void* stack_base ,
    cyg_ucount32 stack_size ,
    cyg_handle_t* handle ,
    cyg_thread* thread
);
```

■ Stackgröße in Bytes

Ausführliche Dokumentation

<http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-thread-create.html>



```
#include <cyg/kernel/kapi.h>
void cyg_thread_create
(
    cyg_addrword_t sched_info,
    cyg_thread_entry_t* entry,
    cyg_addrword_t entry_data,
    char* name,
    void* stack_base,
    cyg_ucount32 stack_size,
    cyg_handle_t* handle,
    cyg_thread* thread
);
```

■ Eindeutiger Identifikator

■ zur “Steuerung” z. B.:

cyg_thread_resume(handle)

Ausführliche Dokumentation

<http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-thread-create.html>



```
#include <cyg/kernel/kapi.h>
void cyg_thread_create
(
    cyg_addrword_t sched_info,
    cyg_thread_entry_t* entry,
    cyg_addrword_t entry_data,
    char* name,
    void* stack_base,
    cyg_ucount32 stack_size,
    cyg_handle_t* handle,
    cyg_thread* thread
);
```

- Speicher für interne Fadeninformationen
 - Fadenzustand u. a. suspend_count
- Vermeidung dynamischer Speicherallokation im Kernel

Ausführliche Dokumentation

<http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-thread-create.html>



Wichtig!

Zu jeder Übungsaufgabe wird eine eCos-Konfiguration bereitgestellt. Makefiles werden mit „*cmake*“ generiert.

- 1 Vorgabe herunterladen, entpacken, Verzeichnis betreten
- 2 **Nötige Umgebungsvariablen setzen:** `source ecosenv.sh`
- 3 Eigene Quelldateien (**nur**) in `CMakeLists.txt` eintragen
- 4 `build` Verzeichnis betreten → out-of-source build²
- 5 Makefiles erzeugen: `cmake ..` (*cmake PUNKT PUNKT!*)
- 6 Alles kompilieren: `make`
- 7 Flashen, ausführen, debuggen: `make flash`
→ Lauterbach-Debugger (kommt später ausführlicher dran)

²www.cmake.org/Wiki/CMake_FAQ#Out-of-source_build_trees



```
1 #include <cyg/hal/hal_arch.h>
2 #include <cyg/kernel/kapi.h>
3 #include <stdio.h>
4
5 #define MY_PRIORITY      11
6 #define STACKSIZE      (CYGNUM_HAL_STACK_SIZE_MINIMUM+4096)
7 static cyg_uint8 my_stack[STACKSIZE];
8 static cyg_handle_t my_handle;
9 static cyg_thread my_thread;
10
11 static void my_entry(cyg_addrword_t data) {
12     int message = (int) data;
13     printf("Beginning execution: thread data is %d\n", message);
14     for (;;) {
15         diag_printf("Hello World!\n"); // \n flushes output
16         cyg_thread_delay(1000); // Delay for 1000 * 1ms = 1 second
17     }
18 }
19
20 void cyg_user_start(void) {
21     diag_printf("Entering cyg_user_start() function\n");
22     cyg_thread_create(MY_PRIORITY, &my_entry, 0, "thread 1",
23                     my_stack, STACKSIZE, &my_handle, &my_thread);
24     cyg_thread_resume(my_handle);
25 }
```



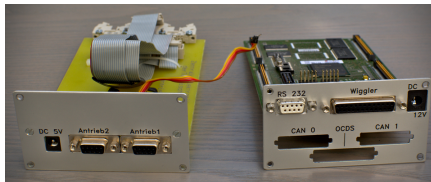
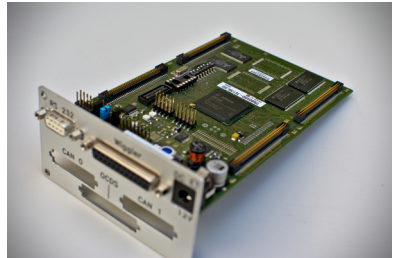
1 Einführung in eCos

2 Übungssystem

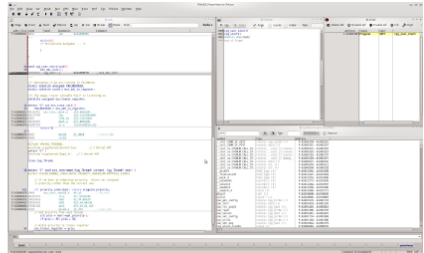


TriBoard TC1796

- Tricore TC1796b-Prozessor
- reichhaltige Peripherie
 - Flash-Speicher
 - SRAM
 - RS232
 - GPTAs, GPIOs, ADCs, ...
 - CAN-Bus
 - OCDS-Debugging-Schnittstelle
 - ...



Wie programmiert man sowas?



- Hardware für Kommunikation: Lauterbach Power Debug USB3
- Software für Kommunikation: Lauterbach Trace32
 - Programmiergerät
 - Debugger
 - Tracer
 - sehr umfangreich und komfortabel



Übersicht Trace 32

Ausführung (Wieder-)Aufnehmen/Anhalten

Schrittweises Ausführen

Modus: Assembler/C Code

Stack

Breakpoints

Quelltext/Assembler Funktionen





Besprechung der Übungsaufgabe

„Hallo Welt!“



Fragen?



² <https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Pensiero~commonswiki>

