Hallo Welt!

Erster Teil

Florian Franzmann Tobias Klaus Peter Wägemann

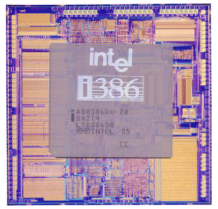
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl Informatik 4 (Verteilte Systeme und Betriebssysteme)
http://www4.cs.fau.de

15.10.2015

Prozessorvielfalt in der Echtzeitwelt

freescale semiconductor

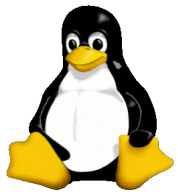
ARM. Cortex
Intelligent Processors by ARM



Noch mehr Betriebssysteme

freeRTOS

µClinux



android

eCos

QNX

TinyOS

µC/OS-II™
The Real-Time Kernel

HIGH TEC

eCos

Embedded **C**onfigurable **O**perating **S**ystem

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.sourceware.org

eCos

Unterstützte Plattformen

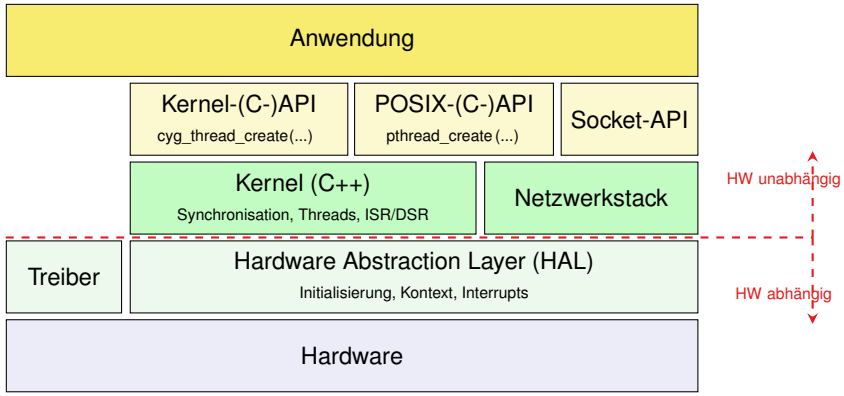
http://www.ecoscentric.com/ecos/examples.shtml

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




eCos-Systemarchitektur

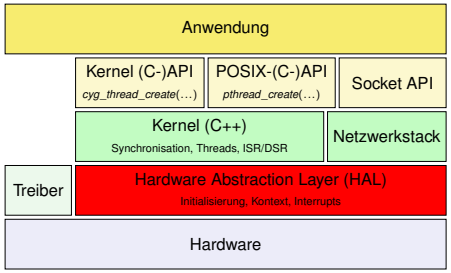
Überblick



eCos-Systemarchitektur

Hardware Abstraction Layer

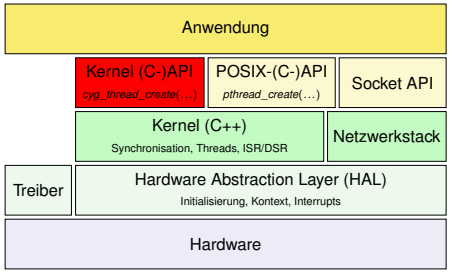
- Abstrahiert CPU- und plattformspezifische Eigenschaften
  - Kontextwechsel
  - Interruptverwaltung
  - CPU-Erkennung, Startup
  - Zeitgeber, I/O-Registerzugriffe



eCos-Systemarchitektur

Kernel

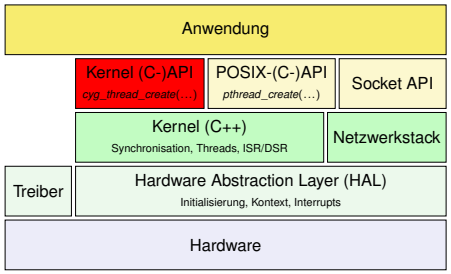
- Implementiert in C++
- Feingranular konfigurierbar
  - Verschiedene Schedulingstrategien (Bitmap/Multilevel Queue)
  - Zeitscheibenbasiert, präemptiv, prioritätenbasiert
- Verschiedene Synchronisationsstrategien
  - Mutexe, Semaphore, Bedingungsvariablen
  - Messages Boxes



eCos-Systemarchitektur

Kernel – Interruptbehandlung

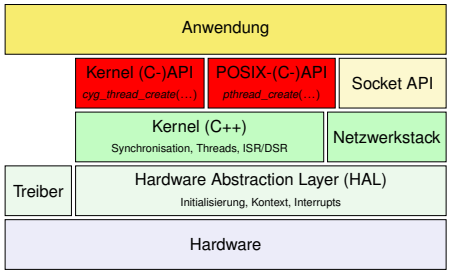
- Interrupt Service Routine (ISR)
  - Unverzügliche Ausführung
  - Asynchron
  - Kann DSR anfordern
- Deferred Service Routine (DSR)
  - Verzögerte Ausführung (beim Verlassen des Kernels)
  - Synchron



eCos-Systemarchitektur

Application Programming Interface (API)

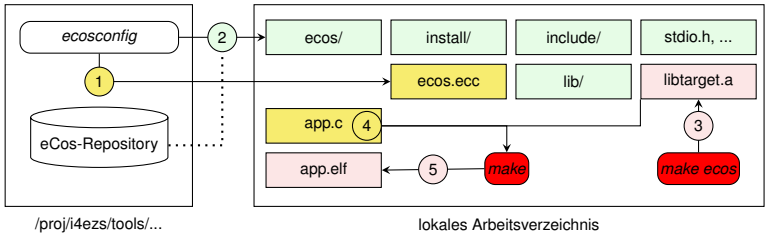
- Kernel API
  - vollständige C-Schnittstelle
  - siehe Dokumentation[1]
- (Optionale) POSIX-Kompatibilitätsschicht
  - Scheduling-Konfiguration, *pthread_∗*
  - Timer, Semaphore, Message Queues, Signale, ...



[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 Betriebssystem**bibliothek**
4. Entwicklung der eigentlichen Anwendung
5. Kompilieren des Gesamtsystems

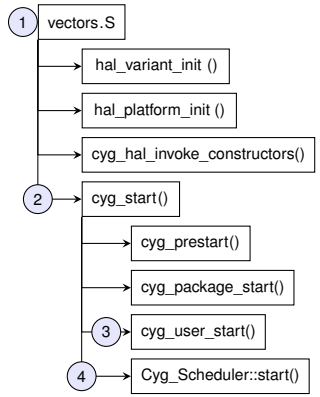


Wichtig!

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

eCos-Systemstart

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

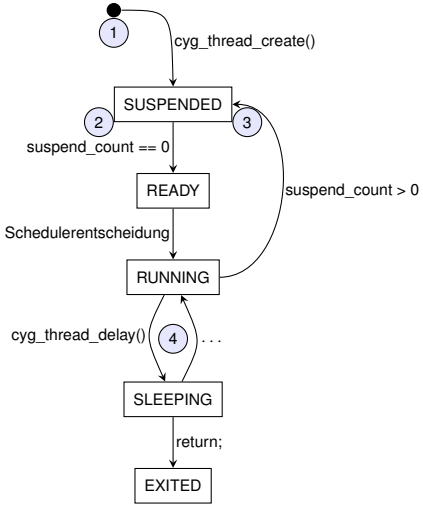


Wichtig!

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

eCos-Threads

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



eCos-Beispielanwendung


```
#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`

eCos-Beispielanwendung


```
#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`

eCos-Beispielanwendung


```
#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

eCos-Beispielanwendung Threads erzeugen

```
#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

FF, TK, PW Hallo Welt! (15.10.2015) Einführung in eCos 14

eCos-Beispielanwendung Threads erzeugen

```
#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 ($\rightarrow$ `&stack[0]`)
- `cyg_uint8`-Array
- Global definieren $\rightarrow$ Datensegment!
- *Warum ist die notwendig?*

Ausführliche Dokumentation

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

FF, TK, PW Hallo Welt! (15.10.2015) Einführung in eCos 14

eCos-Beispielanwendung Threads erzeugen

```
#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

FF, TK, PW Hallo Welt! (15.10.2015) Einführung in eCos 14

```
#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 build[2]
5. Makefiles erzeugen: `cmake ..` (*cmake PUNKT PUNKT!*)
6. Alles kompilieren: `make`
7. Flashen, ausführen, debuggen: `make flash`

   ⇝ Lauterbach-Debugger (kommt später ausführlicher dran)

[2] `www.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 }
```

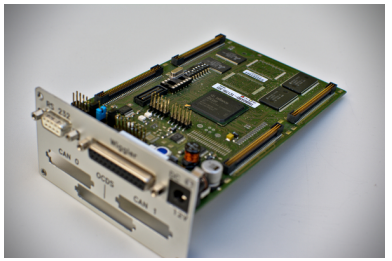
Übersicht

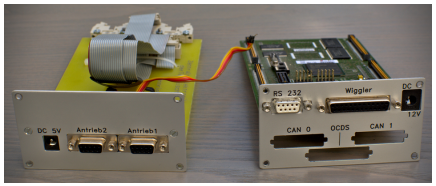
1 Einführung in eCos

2 Übungssystem

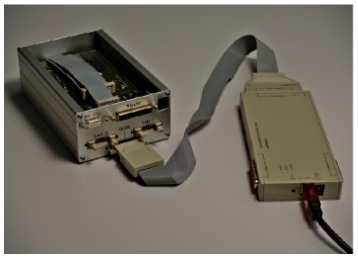
TriBoard TC1796

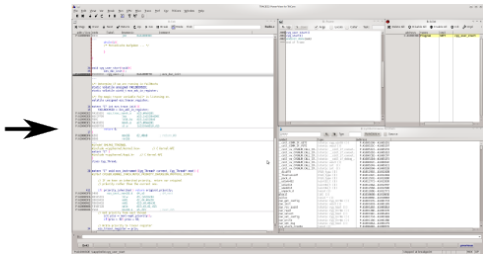
- Tricore TC1796b-Prozessor
- reichhaltige Peripherie
  - Flash-Speicher
  - SRAM
  - RS232
  - GPTAs, GPIOs, ADCs, ...
  - CAN-Bus
  - OCDS-Debugging-Schnittstelle
  - ...





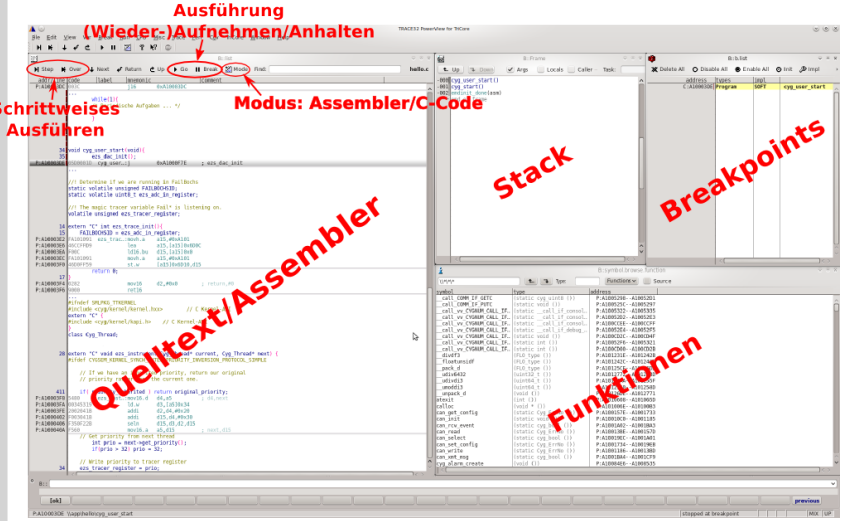
Wie programmiert man sowas?



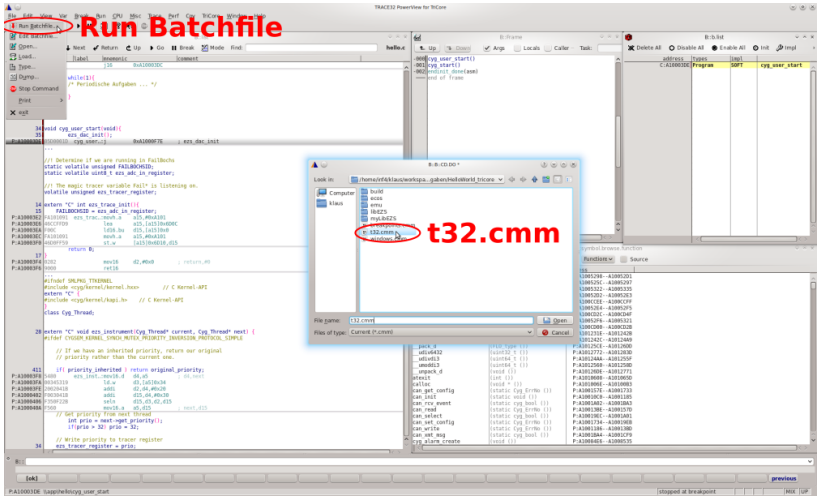


- Hardware für Kommunikation: Lauterbach Power Debug USB3
- Software für Kommunikation: Lauterbach Trace32
  - Programmiergerät
  - Debugger
  - Tracer
  - sehr umfangreich und komfortabel

Übersicht Trace 32



Neu flashen



Besprechung der Übungsaufgabe

„Hallo Welt!“