

Eingebettete Systeme

Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

12. Juni 2025

Eingebettete Systeme

<https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/es>

- 1 Einführung**
- 2 Hardwarenahe Programmierung**
- 3 Einführung in Unix**
- 4 TCP/IP in der Praxis**
- 5 Bus-Systeme**
- 6 Echtzeit**
 - 6.1** Was ist Echtzeit?
 - 6.2** Echtzeitprogrammierung
 - 6.3** Multitasking
 - 6.4** Ressourcen
 - 6.5** Prioritäten

6.2 Echtzeitprogrammierung

Echtzeitanforderungen erfüllen, ohne Ressourcen zu verschwenden

Aber wie?

- ZigBee-Modul:
Funk- vs. UART-Protokoll
→ dedizierte Hardware

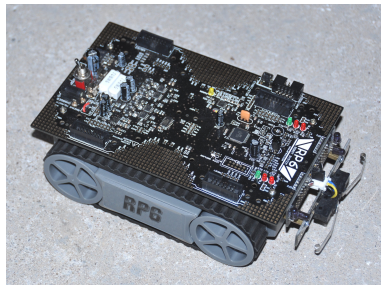


6.2 Echtzeitprogrammierung

Echtzeitanforderungen erfüllen, ohne Ressourcen zu verschwenden

Aber wie?

- ZigBee-Modul:
Funk- vs. UART-Protokoll
→ dedizierte Hardware
- RP6:
Motorsteuerung vs. Anwender-Software
→ spezielle Software



6.2 Echtzeitprogrammierung

Echtzeitanforderungen erfüllen, ohne Ressourcen zu verschwenden

Aber wie?

- ZigBee-Modul:
Funk- vs. UART-Protokoll
→ dedizierte Hardware
- RP6:
Motorsteuerung vs. Anwender-Software
→ spezielle Software
- Quadrocopter:
Motorsteuerung vs. Sensoren-Abfrage
vs. Funk-Fernsteuerung ...
→ spezielle Software



6.2 Echtzeitprogrammierung

Echtzeitanforderungen erfüllen, ohne Ressourcen zu verschwenden

Aber wie?

- ZigBee-Modul:
Funk- vs. UART-Protokoll
→ dedizierte Hardware
- RP6:
Motorsteuerung vs. Anwender-Software
→ spezielle Software
- Quadrocopter:
Motorsteuerung vs. Sensoren-Abfrage
vs. Funk-Fernsteuerung ...
→ spezielle Software
- Flugzeugkabinensimulatortür:
Türsteuerung vs. Bedienung
→ Echtzeitbetriebssystem



6.2 Echtzeitprogrammierung

Quadrocopter-Steuerung *MultiWii*

- Konfiguration durch bedingte Compilierung (Präprozessor)
- In der Hauptschleife wird 50mal pro Sekunde der RC-Task aufgerufen, ansonsten zyklisch einer von bis zu 5 weiteren Tasks.

6.2 Echtzeitprogrammierung

Quadrocopter-Steuerung *MultiWii*

- Konfiguration durch bedingte Compilierung (Präprozessor)
- In der Hauptschleife wird 50mal pro Sekunde der RC-Task aufgerufen, ansonsten zyklisch einer von bis zu 5 weiteren Tasks.

RP6-Steuerung

- Konfiguration durch bedingte Compilierung (Präprozessor)
- Lichtschranken an Encoder-Scheiben lösen bei Bewegung Interrupts aus. Die Interrupt-Handler zählen Variable hoch.
- 10000mal pro Sekunde: Timer-Interrupt
Durch Zähler im Interrupt-Handler: verschiedene Taktraten
1000mal pro Sekunde: Stopwatches
5mal pro Sekunde: Blinkende Power-On-LED
1000mal pro Sekunde: Bumper, ACS, PWM zur Motorsteuerung
Geschwindigkeitsmessung durch Zählen der Ticks in 0.2 s
Anpassung der Motorkraft in ± 1 -Schritten

6.2 Echtzeitprogrammierung

Quadrocopter-Steuerung *MultiWii*

- Konfiguration durch bedingte Compilierung (Präprozessor)
- In der Hauptschleife wird 50mal pro Sekunde der RC-Task aufgerufen, ansonsten zyklisch einer von bis zu 5 weiteren Tasks.

RP6-Steuerung

- Konfiguration durch bedingte Compilierung (Präprozessor)
- Lichtschranken an Encoder-Scheiben lösen bei Bewegung Interrupts aus. Die Interrupt-Handler zählen Variable hoch.
- 10000mal pro Sekunde: Timer-Interrupt
Durch Zähler im Interrupt-Handler: verschiedene Taktraten
1000mal pro Sekunde: Stopwatches
5mal pro Sekunde: Blinkende Power-On-LED
1000mal pro Sekunde: Bumper, ACS, PWM zur Motorsteuerung
Geschwindigkeitsmessung durch Zählen der Ticks in 0.2 s
Anpassung der Motorkraft in ± 1 -Schritten
- Nebenbei: Benutzerprogramm

6.2 Echtzeitprogrammierung

Quadrocopter-Steuerung *MultiWii*

- Konfiguration durch bedingte Compilierung (Präprozessor)
- In der Hauptschleife wird 50mal pro Sekunde der RC-Task aufgerufen, ansonsten zyklisch einer von bis zu 5 weiteren Tasks.

RP6-Steuerung

- Konfiguration durch bedingte Compilierung (Präprozessor)
- Lichtschranken an Encoder-Scheiben lösen bei Bewegung Interrupts aus. Die Interrupt-Handler zählen Variable hoch.
- 10000mal pro Sekunde: Timer-Interrupt
Durch Zähler im Interrupt-Handler: verschiedene Taktraten
1000mal pro Sekunde: Stopwatches
5mal pro Sekunde: Blinkende Power-On-LED
1000mal pro Sekunde: Bumper, ACS, PWM zur Motorsteuerung
Geschwindigkeitsmessung durch Zählen der Ticks in 0.2 s
Anpassung der Motorkraft in ± 1 -Schritten
- Nebenbei: 1 Benutzerprogramm