Echtzeit-BS vs. Standard-BS

Unterschiede zwischen Realzeit- und Standard-BS

Einsatz von Standardbetriebssystemen in technischen Bereichen

Vorteile:

- **Applikationsvielfalt**
- **Einarbeitungsaufwand**
- **gute Entwicklungswerkzeuge (bis auf spezielle RT-Werkzeuge)**
- **grafische Benutzeroberfläche mit gewohnter Benutzerführung**
- **lauffähig auf preiswerter Hardware**
- **Einbettung von Parametern aus dem technischen Prozess in Office-Produkte (DCOM/OLE)**

Echtzeit-BS vs. Standard-BS

Unterschiede zwischen Realzeit- und Standard-BS

Einsatz von Standardbetriebssystemen in technischen Bereichen

Nachteile:

- **Die preiswerte Hardware ist nicht industrietauglich**
- **Die Lizenzkosten von Standardbetriebssystemen sind für den Einsatz in eingebetteten Systemen zu hoch (Lizenzgebühren für Echtzeitbetriebssysteme schwanken abhängig von der abgenommenen Anzahl zwischen 1$ und 50$)**
- **Einarbeitungsaufwand in ein Realzeitbetriebssystem fällt bei der Entwicklung an. In dem Fall, dass das Betriebssystem in einem eingebetteten System eingesetzt wird, ist für die Bedienung der Einarbeitungsaufwand unrelevant. Auch die Applikationsvielfalt spielt in diesem Falle keine Rolle**

Echtzeit-BS vs. Standard-BS

Unterschiede zwischen Realzeit- und Standard-BS

Einsatz von Standardbetriebssystemen in technischen Bereichen

Nachteile:

- **Realzeitfähigkeit, oftmals nicht deterministisch:**
  - **Paging**
  - **Swapping**
  - **Caching (Determinismus vs. Performance)**
- **File I/O (Determinismus, Interruptlast, Flash/RAM-Filesysteme in Standard-BS oft nicht unterstützt)**
- **Headless und Diskless-Betrieb häufig nicht möglich**
- **Schedulingstrategien (unterschiedliche Ziele zwischen RT- und Standard-BS, kommt gleich)**
- **Abhängigkeit von Dienstprogrammen (Standard-BS erfordert oft viele Services oder Dämonen)**
- **Anforderungen an Ressourcen (Hauptspeicher, Verarbeitungsleistung, Hintergrundspeicher)**

Echtzeit-BS vs. Standard-BS

Standard-Betriebssystem versus Realzeit-Betriebssystem

Standard-Betriebssystem	Realzeit-Betriebssystem
Optimiert für Effizienz und Durchsatz.	Optimiert auf Determinismus.
Sammeln von Systemaufträgen (effizienter Plattenzugriff).	Aufträge werden direkt abgearbeitet.
Abschnitte werden längere Zeit gelockt.	Kurzes Locking.
Kein deterministisches Schedulingverfahren.	Deterministisches Scheduling.
Beim Scheduling wird jede Task berücksichtigt.	Solange hochpriore Tasks lauffähig sind, bleiben andere Tasks unberücksichtigt.
Headless und Diskless-Betrieb nicht möglich.	OS ist für den eingebetteten Betrieb geeignet.
Paging und Swapping.	Paging und Swapping wird nicht unterstützt.

Echtzeit-BS vs. Standard-BS

Einsatz von Standard-BS in technischen Bereichen

Windows 95/98/XP/7/8/10

- Selten, z.B. Visualisierungsplattform (z.B. HP-Logicanalyzer) ohne Realzeitaufgaben
- Nachteilig bei Windows XX
  - Ressourcenverbrauch (Rechenzeit, Speicherplatz ...),
  - mangelnde Realzeitfähigkeit
  - (Instabilität)

Windows NT, Windows Server 2000,2003,2008 R2…2019

- Verwendung z.B. in Bankautomaten
- Für kleinere Systeme wegen hoher Ressourcenanforderungen ungeeignet
- Realzeiteigenschaften (Memory-Locking, RT-Scheduling), nicht deterministisch
- Latenzzeiten bis in den Millisekundenbereich (500 ms ???)
- Es gibt Erweiterungen, die NT realzeitfähig machen

Echtzeit-BS vs. Standard-BS

Einsatz von Standard-BS in technischen Bereichen

Windows IoT Core/Enterprise/Mobile

- Abgespeckte Windows 10 Version
- ist nicht realzeitfähig
- Vorteil: *Universal Apps* sind auf allen Plattformen lauffähig
- Enterprise läuft nur auf x86
- Core läuft auf raspberry pi
- Mobile läuft auf x86 und Arm

Echtzeit-BS vs. Standard-BS

Einsatz von Standard-BS in technischen Bereichen

Linux

- verschiedenste Prozessoren (mit und ohne MMU)
- Skalierbar
- lauffähig auf Systemen mit 256 KByte ROM und 1 MByte RAM.
- keine Lizenzkosten
- (noch)-nicht realzeitfähig, immerhin einige Realzeiterweiterungen (Memory-Locking, POSIX-Scheduling) PREEMPTION_PATCH, LOW_LATENCY_PATCH
- Echtzeit-Varianten RTAI, XENOMAI und RTLinux
- Linux für CPUs ohne MMU (Microcontroller): μCLinux

Echtzeit-BS vs. Standard-BS

Realzeiteigenschaften von Standard-Betriebssystemen

In Windows 10 und Linux findet man die folgenden Realzeiteigenschaften

- **Memory-Locking**
- **POSIX-Scheduling**
- **Disablen von Caches (Determinismus, aber erheblicher Performanceverlust!!!)**

In Linux zusätzlich:

- **POSIX-Threads**

Echtzeit-BS vs. Standard-BS

Standard-Betriebssysteme in Realzeitanwendungen

Realzeitanwendungen mit unmodifiziertem Standard-BS

Zeitanforderungen im Sekundenbereich (bis einige 10 ms)

- **auf Applikationsebene**

Zeitanforderungen im Millisekunden- oder Mikrosekundenbereich

- **Bearbeitung von Echtzeitaufgaben im Betriebssystemkern, z.B. innerhalb eines Gerätetreibers**

Zeitanforderungen im Mikrosekundenbereich

- **ISR (Latenzzeit: Interruptsperrung durch Kernel- oder Treiberfunktionen)**
  - **keine langwierigen Berechnungen**
  - **meist kein bzw. nur erschwerter Floating Point Zugriff möglich**
  - **keine komplizierte Programmstrukturen möglich**
- **Vorteil: Standardbetriebssystem!!!**
- **Nachteil: Lösung der Echtzeitaufgabe verteilt sich auf unterschiedliche Komponenten und wird auf das Betriebssystem angepasst**
- **Beispiel aus dem Automatisierungsbereich: TwinCAT**

Echtzeit-BS vs. Standard-BS

Realzeiterweiterungen von Standard-Betriebssystemen

Um die Skalierbarkeit und Flexibilität eines Standard-Betriebssystems auch im Realzeitbereich zu bekommen, gibt es die folgenden beiden Möglichkeiten:

- **Erweiterung des Standard-BS um Eigenschaften für harte Echtzeit**
  - **Extrem aufwändig**
  - **Eingriffe an vielen Stellen: Synchronisationspunkte für Datenstrukturen, Scheduling, Interruptverarbeitung,Gerätetreiber, critical sections, memory management,...**
  - **Zusätzlich: verminderte Effizienz**
- **Parallelbetrieb des Standardbetriebssystems mit dem Realzeitsystem.**
  - **Echtzeitkern, unter dem ein Standard-BS als Task läuft (gibt‘s für Windows, Linux,...)**
    - **Wenig aufwändig**
    - **Standard-BS-Komponenten (z.B. TCP/IP-Stack, ...) nicht von Echtzeittask nutzbar (Verlust des Determinismus)**
  - **Hardwarevirtualisation (z.B. Realtime Systems) → EchtzeitBS läuft direkt auf der Hardware mit realem Hardwarezugriff aber hat nicht gesamten Speicher zur Verfügung → StandardBS läuft in virtueller Maschine mit gekapselter virtueller Hardware**

Echtzeit-BS vs. Standard-BS

RT-Linux

- **Entwickelt am *Department of Computer Science* der Universität New Mexico**
- **Echtzeitkern, der Linux in einer eigenen Task ablaufen lässt (als *Idletask*, wenn keine Echtzeittask bereit)**
- **Versuch der Linux-Task, Interrupts zu sperren wird**
  - **abgefangen (Emulation der Interrupt-Hardware) und vermerkt**
  - **auftretende Interrupts im RT-Kontext beantwortet oder**
  - **zurückgestellt (*pending)*, bis Linux Interrupts wieder freigibt**
- **Interrupt sperren durch Linux führt zu keiner Latenzzeit**

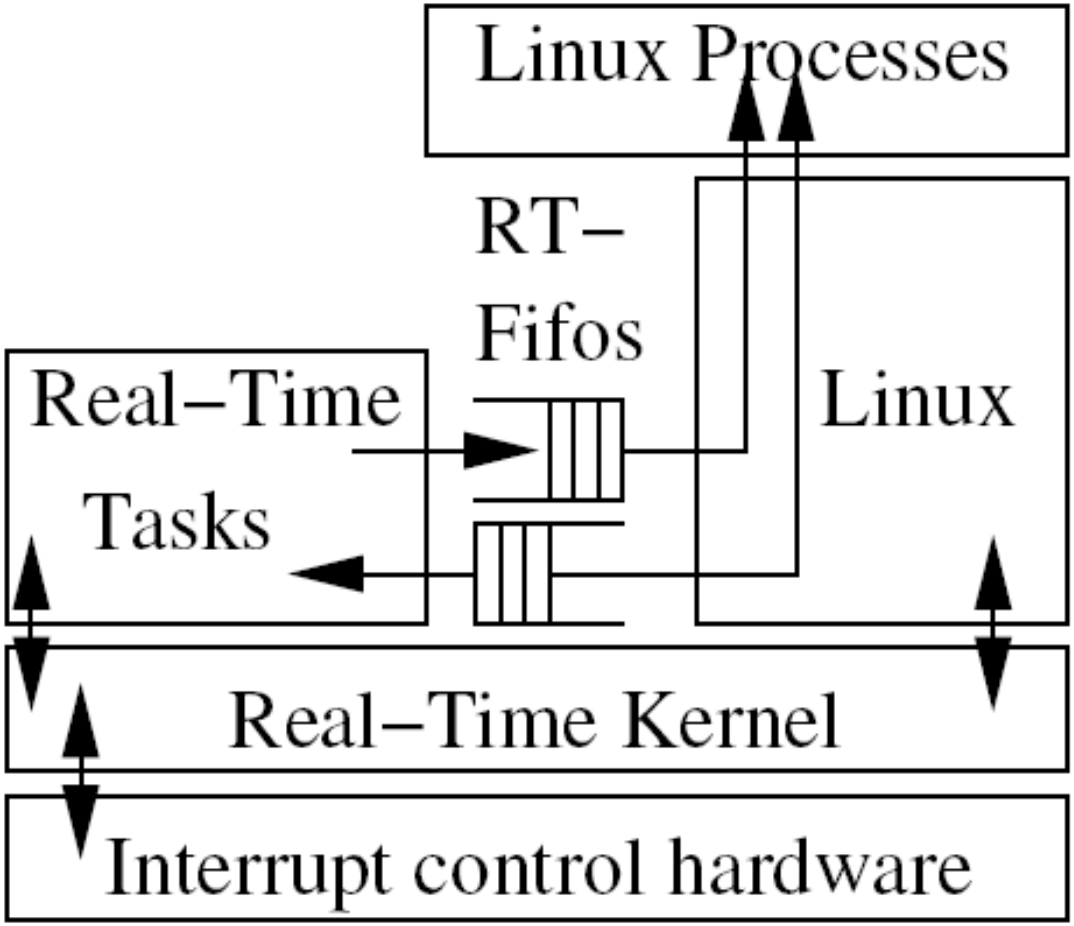
Standard- und Echtzeitbetriebssystem parallel betreibbar, Informationsaustausch:

1. Real-Time-Fifos und

2. Shared-Memory

Echtzeit-BS vs. Standard-BS

RT-Linux



Echtzeit-BS vs. Standard-BS

RT-Linux

- RTLinux mittlerweile kommerzialisiert, freie Version verfügbar, allerdings ohne Weiterentwicklung
- RTAI /XENOMAI sehr ähnlich, sehr aktive Entwicklercommunity
- Problem: RT-Entwicklungswerkzeuge fehlen (s. später)
- Geeignet für einfache Anwendungen

Echtzeit-BS vs. Standard-BS

Trend: Mehrere BS auf einer CPU

z.B. VMWare, XEN,...

Auch möglich mit RT-BS:

- **VxWin, CeWin**
  - **Windows + VxWorks/WinCE**
  - **Ähnlich RT-Linux: Non-RT-BS als Idle-Task des RT-BS**
- **PikeOS**
  - **„BS-Partitionen“**
  - **Mikro-Kernel**
  - **Verwaltung von Zeitquanten pro BS-Partition!!!**