

# Speicher

## Teil 3: Address Translation

Prof. Dr.-Ing. Andreas Heil

 Licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license. Icons by The Noun Project.

v1.0.1

# Lernziele und Kompetenzen

- Funktionsweise einer MMU **verstehen** und einfache Adressberechnungen selbst **durchführen können**

# Hardware-basierte-Address-Translation

- Jeder Zugriff auf den virtuellen Adressraum wird durch die Hardware übersetzt
- Virtuelle Adresse wird dabei in physikalische Adresse umgewandelt
- Aufgabe des Betriebssystems
  - Verwaltung des Speichers (engl. memory management)
  - Verwaltung der freien Speicherbereiche

Annahmen zum Einstieg:

- Annahme 1: Adressraum ist kleiner als der physikalische Speicher
- Annahme 2: Jeder Adressraum ist gleich groß

# Code-Beispiel

Code-Beispiel, das einen Wert aus dem Speicher liest, um drei erhöht und wieder zurück schreibt.

C-Code:

```
void func() {  
    int x = 3000; // thanks, Perry.  
    x = x + 3;    // line of code we are interested in  
    ...  
}
```

x86-Code:

```
128: movl 0x0(%ebx), %eax    ;load 0+ebx into eax  
132: addl $0x03, %eax        ;add 3 to eax register  
135: movl %eax, 0x0(%ebx)    ;store eax back to mem
```

# Kurze Erläuterung

1. Adresse von `x` wird in Register `ebx` geladen
2. Wert an der Adresse wird in register `eax` geladen (via move)
3. Addieren von 3 auf den Wert in Register `eax`
4. Wert in `eax` wird zurück in den Speicher geschrieben (selbe Stelle, von der geladen wurde)

# Speicherzugriffe

- Instruktion von Adresse 128 laden
- Instruktion ausführen (Lade von Adresse 15KB)
- Instruktion von Adresse 132 laden
- Instruktion ausführen (keine Speicherreferenz)
- Instruktion von Adresse 135 laden
- Instruktion ausführen (Speichern in Adresse 15KB)



# Blickwinkel

- Aus Sicht des Prozesses beginnt der Adressraum bei 0KB und endet bei 16KB
- Alle Speicherreferenzen des Programms müssen sich in diesem Bereich wiederfinden
- In Wirklichkeit liegt der Adressraum jedoch nicht bei 0KB sondern ganz woanders
- Und jetzt soll dieser Adressraum auch noch neu organisiert (verlagert) werden



# Base ,n‘ Bounds und die MMU

- Zwei spezielle Register auf der CPU: »Base« und »Bounds«
- Jedes Programm wird so kompiliert, als würde es an die Speicheradresse 0 geladen und dort starten
- Betriebssystem entscheidet jedoch wohin das Programm geladen wird und setzt das Base-Register auf diese Adresse
- Bei jedem Speicherzugriff übersetzt die CPU folgendermaßen
$$\text{physical address} = \text{virtual address} + \text{base}$$
- Bounds-Register gibt das Limit des physikalischen Adressraums an
- Teil des Prozessors, der bei der Übersetzung hilft wird auch »Memory Management Unit« oder kurz MMU genannt



# Hardware Anforderungen (1)

Damit ein Betriebssystem, das alles kann, existieren einige Anforderungen an die Hardware:

## 1. **Privilegierter Modus**

Wird benötigt, um Programme im User Modus daran zu hindern privilegierte Operationen auszuführen

## 2. **Base- & Bounds-Register**

Registerpaar (pro CPU) für Address Translation und Prüfungen der Speicherlimits

## Hardware Anforderungen (2)

3. **Übersetzung und Prüfung virtueller Adressen, Prüfung ob diese innerhalb der vorgegebenen Grenzen liegen**

Schaltung für die Berechnung und Prüfung

4. **Privilegierte Instruktionen um Base-/Bounds-Register zu ändern**

Betriebssystem muss dies vor Programmstart setzen können

# Hardware Anforderungen (3)

## 5. **Privilegierte Instruktionen, um Exception Handler zu registrieren**

Betriebssystem muss der Hardware sagen, welcher Code im Fehlerfall ausgeführt werden soll

## 6. **Möglichkeit Exceptions zu werfen**

Wenn Prozess versucht außerhalb des virtuellen Adressraums auf Speicher zuzugreifen oder beim Versuch privilegierte Operationen auszuführen

# Herausforderungen

- Bei Prozessstart muss das Betriebssystem einen geeigneten freien Speicherbereich finden und allozieren
- Bei Prozessende (freiwillig oder anderweitig) muss der Speicher wieder in die Liste mit freiem Speicher eingetragen werden, Datenstrukturen etc. sollten aufgeräumt werden
- Beim Context Switch müssen Base- und Bounds-Register weggespeichert bzw. wiederhergestellt werden (Vereinfachte Annahme: alle Prozesse liegen im Speicher)
- Wird ein Prozess im Speicher re-alloziert, muss der Prozess vorübergehend gestoppt werden  
Exception Handlers werden benötigt und müssen vom Betriebssystem bereitgestellt werden

# Referenzen

# Bildnachweise