

D-1 Übersetzen - Objektmodule

■ 1. Schritt: Präprozessor

- ◆ entfernt Kommentare, wertet Präprozessoranweisungen aus
 - ▶ fügt include-Dateien ein
 - ▶ expandiert Makros
 - ▶ entfernt Makro-abhängige Code-Abschnitte (*conditional code*)
- Beispiel:

```
#define DEBUG
...
#ifndef DEBUG
    printf("Zwischenergebnis = %d\n", wert);
#endif DEBUG
```

- ◆ Zwischenergebnis kann mit `cc -P datei.c` als `datei.i` erzeugt werden oder mit `cc -E datei.c` ausgegeben werden

D-1 Übersetzen - Objektmodule

■ 2. Schritt: Compilieren

- ◆ übersetzt C-Code in Assembler
- ◆ Zwischenergebnis kann mit `cc -S datei.c` als `datei.s` erzeugt werden

■ 3. Schritt: Assemblieren

- ◆ assembliert Assembler-Code, erzeugt Maschinencode (Objekt-Datei)
- ◆ standardisiertes Objekt-Dateiformat: ELF (Executable and Linking Format) (vereinfachte Darstellung) - in nicht-UNIX-Systemen andere Formate

- ▶ Maschinencode
- ▶ Informationen über Variablen mit Lebensdauer static (ggf. Initialisierungswerte)
- ▶ Symboltabelle: wo stehen welche globale Variablen und Funktionen
- ▶ Relokationsinformation: wo werden welche "nicht gefundenen" globalen Variablen bzw. Funktionen referenziert

- ◆ Zwischenergebnis kann mit `cc -c datei.c` als `datei.o` erzeugt werden

D-2 Binden und Bibliotheken

■ 4. Schritt: Binden

- ◆ Programm `ld` : (linker), erzeugt ausführbare Datei (executable file)
 - ▶ ebenfalls ELF-Format (früher a.out-Format oder COFF)
- ◆ Objekt-Dateien (.o-Dateien) werden zusammengebunden
 - ▶ noch nicht abgesättigte Referenzen auf globale Variablen und Funktionen in anderen Objekt-Dateien werden gebunden (Relokation)
- ◆ nach fehlenden Funktionen wird in Bibliotheken gesucht

■ statisch binden

- ◆ alle fehlenden Funktionen werden aus Bibliotheken genommen und in die ausführbare Datei einkopiert
 - ▶ ausführbare Datei ggf. sehr groß
- ▶ Funktionen die in vielen Programmen benötigt werden (z. B. `printf`) werden überall einkopiert

D-2 Binden und Bibliotheken

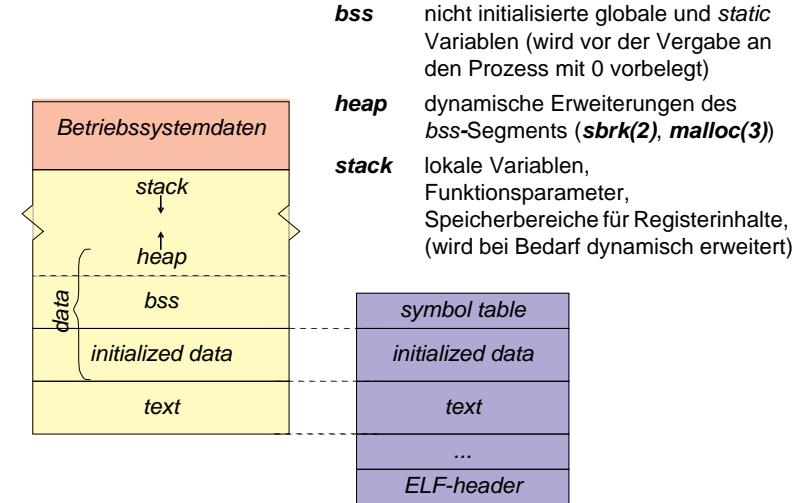
■ dynamisch binden

- ◆ Funktionen in gemeinsam nutzbare Bibliotheken (shared libraries) werden nicht in die ausführbare Datei einkopiert
 - ▶ ausführbare Datei enthält weiterhin nicht-relokierte Referenzen
 - ▶ ausführbare Dateien sind kleiner, mehrfach genutzte Funktionen sind nur einmal in der shared library abgelegt
 - ▶ Relokation erfolgt beim Laden

D-3 Programme und Prozesse

- **Programm:** Folge von Anweisungen
(hinterlegt beispielsweise als ausführbare Datei auf dem Hintergrundspeicher)
- **Prozess:** Programm, das sich in Ausführung befindet, und seine Daten
(Beachte: ein Programm kann sich mehrfach in Ausführung befinden)
 - ein Prozess ist damit ein **abstraktes Gebilde**
- **Prozessinkarnation:**
eine physische Instanz des abstrakten Gebildes "Prozess"
 - eine konkrete Ausführungsumgebung für ein Programm
(Speicher, Rechte, Verwaltungsinformation)
- Sprachgebrauch in der Praxis etwas schlampig:
mit "Prozess" wird meistens eine Prozessinkarnation gemeint

2 Speicherorganisation eines Prozesses



1 Speicherorganisation eines Programms

- definiert durch das ELF-Format
- wichtigste Elemente (stark vereinfacht dargestellt)

ELF header	Identifikator und Verwaltungsinformationen (z. B. verschiedene executable Formate möglich)
symbol table	
initialized data	
text	Programmkode
initialized data	initialisierte globale und static Variablen
symbol table	Zuordnung der im Programm verwendeten symbolischen Namen von Funktionen und globalen Variablen zu Adressen (z. B. für Debugger)
ELF header	

D-4 Laden eines Programms

- in eine konkrete Ausführungsumgebung ("Prozessinkarnation") kann ein Programm geladen werden
 - Loader
- Laden statisch gebundener Programme
 - ◆ Segmente der ausführbaren Datei werden in den Speicher geladen
 - abhängig von der jeweiligen Speicherorganisation des Betriebssystems
 - ◆ Speicher für nicht-initialisierte globale und static Variablen (bss) wird bereitgestellt
 - ◆ Speicher für lokale Variablen (stack) wird bereitgestellt
 - ◆ Aufrufparameter werden in Stack- oder Datensegment kopiert, argc und argv-Zeiger werden entsprechend initialisiert
 - ◆ main-Funktion wird angesprungen

D-4 Laden eines Programms

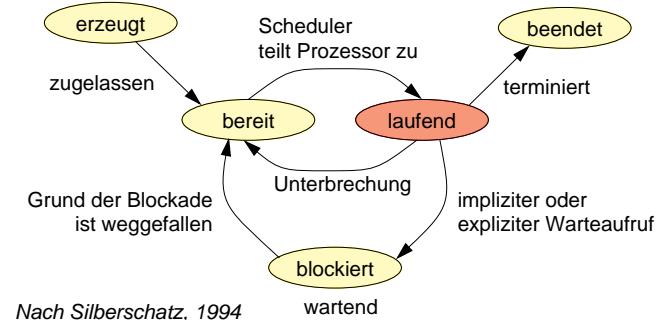
Laden dynamisch gebundener Programme

- ◆ Spezielles Lade-Programm wird gestartet: **ld.so** (*dynamic linker/loader*)
ld.so erledigt die weiteren Aufgaben
 - Segmente der ausführbaren Datei werden in den Speicher geladen und Speicher für nicht-initialisierte globale und static Variablen (bss) wird angelegt
 - fehlende Funktionen werden aus shared libraries geladen (ggf. rekursiv)
 - noch offene Referenzen werden abgesättigt (Relokation)
 - wenn notwendig werden Initialisierungsfunktionen der shared libraries aufgerufen (z. B. Klasseninitialisierungen bei C++)
 - Parameter für main werden bereigestellt
 - main-Funktion wird angesprungen
 - bei Bedarf können auch während der Laufzeit des Programms auf Anforderung desd Programms weitere Funktionen nachgeladen werden (z. B. für plugins)

- S00

1 Prozesszustände (2)

Zustandsdiagramm



Nach Silberschatz, 1994

- ◆ Scheduler ist der Teil des Betriebssystems, der die Zuteilung des realen Prozessors vornimmt.

D-5 Prozesse

1 Prozesszustände

- Ein Prozess befindet sich in einem der folgenden Zustände:
 - ◆ **Erzeugt (New)**
Prozess wurde erzeugt, besitzt aber noch nicht alle nötigen Betriebsmittel
 - ◆ **Bereit (Ready)**
Prozess besitzt alle nötigen Betriebsmittel und ist bereit zum Laufen
 - ◆ **Laufend (Running)**
Prozess wird vom realen Prozessor ausgeführt
 - ◆ **Blockiert (Blocked/Waiting)**
Prozess wartet auf ein Ereignis (z.B. Fertigstellung einer Ein- oder Ausgabeoperation, Zuteilung eines Betriebsmittels, Empfang einer Nachricht); zum Warten wird er blockiert
 - ◆ **Beendet (Terminated)**
Prozess ist beendet; einige Betriebsmittel sind aber noch nicht freigegeben oder Prozess muss aus anderen Gründen im System verbleiben

- S00

2 Prozesserzeugung (UNIX)

Erzeugen eines neuen UNIX-Prozesses

- ◆ Duplizieren des gerade laufenden Prozesses

```
pid_t fork( void );  
  
pid_t p; Vater  
...  
p= fork();  
if( p == (pid_t)0 ) { /* child */  
    ...  
} else if( p!=(pid_t)-1 ) { /* parent */  
    ...  
} else { /* error */  
    ...  
}
```

- S00

2 Prozesserzeugung (UNIX)

■ Erzeugen eines neuen UNIX-Prozesses

- ◆ Duplizieren des gerade laufenden Prozesses

```
pid_t fork( void );
```

```
pid_t p;          Vater
...
p= fork();
if( p == (pid_t)0 ) {
    /* child */
    ...
} else if( p==(pid_t)-1 ) {
    /* parent */
    ...
} else {
    /* error */
    ...
}
```

```
pid_t p;          Kind
...
p= fork();
if( p == (pid_t)0 ) {
    /* child */
    ...
} else if( p!=(pid_t)-1 ) {
    /* parent */
    ...
} else {
    /* error */
    ...
}
```

3 Ausführen eines Programms (UNIX)

■ Prozess führt ein neues Programm aus

```
int execve( const char *path, char *const argv[],
            char *const envp[] );
```

```
Prozess A
...
execve( "someprogram", argv, envp );
...
```

2 Prozesserzeugung (2)

◆ Der Kind-Prozess ist eine perfekte Kopie des Vaters

- Gleiches Programm
- Gleiche Daten (gleiche Werte in Variablen)
- Gleicher Programmzähler (nach der Kopie)
- Gleicher Eigentümer
- Gleiches aktuelles Verzeichnis
- Gleiche Dateien geöffnet (selbst Schreib-, Lesezeiger ist gemeinsam)
- ...

◆ Unterschiede:

- Verschiedene PIDs
- `fork()` liefert verschiedene Werte als Ergebnis für Vater und Kind

3 Ausführen eines Programms (UNIX)

■ Prozess führt ein neues Programm aus

```
int execve( const char *path, char *const argv[],
            char *const envp[] );
```

```
Prozess A
...
execve( "someprogram", argv, envp );
...
```

```
Prozess A
...
execve( "someprogram", argv, envp );
...
Prozess A
...
int main( int argc, char *argv[] )
{
    ...
}
```

das vorher ausgeführte Programm ist dadurch endgültig beendet

- execve kehrt im Erfolgsfall nie zurück

4 Operationen auf Prozessen (UNIX)

■ Prozess beenden

```
void _exit( int status );
[ void exit( int status ); ]
► Prozess terminiert - exit kehrt nicht zurück
```

■ Prozessidentifikator

```
pid_t getpid( void );           /* eigene PID */
pid_t getppid( void );          /* PID des Vaterprozesses */
```

■ Warten auf Beendigung eines Kindprozesses

```
pid_t wait( int *statusp );
► Prozess wird so lange blockiert bis Kindprozess terminiert
► über den Parameter werden Informationen über den exit-Status des
Kindprozesses zurückgeliefert
```

