

U5 5. Übung

- Besprechung 3. Aufgabe (halde)
- Erstellen von C-Funktionsbibliotheken
- RCS

U5-1 Überblick C-Funktionsbibliotheken

■ statische Bibliotheken

- Archiv, in dem mehrere Objekt-Dateien (.o) zusammengefasst werden
- beim statischen Binden eines Programms werden die benötigten Objekt-Dateien zu der ausführbaren Datei hinzukopiert
- Bibliothek ist bei der Ausführung des Programms nicht mehr sichtbar

■ dynamische, gemeinsam genutzte Bibliotheken (shared libraries)

- Zusammenfassung von übersetzten C-Funktionen
- beim Binden werden Referenzen auf die Funktionen offen gelassen
- Shared Library ist nur einmal im Hauptspeicher vorhanden
- Shared Library wird in virtuellen Adressraum dynamisch gebundener Programme beim Laden eingeblendet, noch offene Referenzen werden danach gebunden

U5-1 Symboltabellen

- Zugriff auf Funktionen und Variablen über symbolische Namen
- Eine Übersetzungseinheit (C-Datei) **definiert** und **verwendet** Symbole
 - ◆ Hauptprogramm definiert das Symbol *main* für die main-Funktion
 - ◆ Programm ruft (verwendet) eine Funktion der C-Bibliothek (z.B. malloc)
 - ◆ C-Datei definiert eine globale (nicht-static) Variable
 - ◆ Programm verwendet eine globale Variable, die u.U. in einer anderen Übersetzungseinheit definiert wurden
- Der Namensraum ist flach
 - ◆ jeder Name muss eindeutig sein
 - ◆ es darf auch keine Funktion mit dem Namen einer globalen Variable geben
- Kompilierte Übersetzungseinheit (Objekt-Datei) enthält Symboltabelle
 - ◆ Liste mit Symbolen, die von der Einheit verwendet werden
 - ◆ Liste von Symbolen, die von der Einheit definiert werden

U5-1 Symboltabellen

- Anzeige von Symboltabellen mit dem Programm **nm(1)**

```
mikey@keira[src] nm halde.o
                 U __errno_location
                 U abort
                 U memcpy
                 U memset
                 U sbrk
00000000 b begin
00000004 b freemem
00000190 T calloc
00000080 T free
000000b0 T malloc
000002a0 T realloc
```

- Offsets im Segment für def. Symbole (ungebundene Objektdatetei)
- Segment: U=unresolved, B=bss, D=data, T=text
- Sichtbarkeit: z.B. B = globales Symbol, b = modullokales Symbol

U5-2 Statische Bibliotheken

- Statisches Binden: Binden der Übersetzungseinheiten zum Binärabbild
- Offene Symbolreferenzen werden aufgelöst
 - ◆ definiert in anderen Übersetzungseinheiten
 - ◆ Suche in Programmbibliotheken
- GCC sucht beim Binden implizit in der Standard C-Bibliothek (**libc.a**)
- weitere Bibliotheken können vom Entwickler angegeben werden

1 Statische Bibliotheken erstellen

■ Archiv (Dateiendung **.a**) von Objekt-Dateien (**.o**-Dateien)

☞ Erstellen einer Bibliothek mit dem Kommando **ar**

```
ar -r -c -s libexample.a bar.o foo.o
```

■ Jede Objekt-Datei enthält wiederum eine Symboltabelle

☞ Anzeige mit dem Kommando **nm libexample.a** bzw. **nm bar.o**

■ Die Bibliothek kann dem Linker als Symbolquelle angeboten werden

◆ Parameter **-Lpfad**: Suche nach Bibliotheken (**.a**-Dateien) in *pfad*

◆ Parameter **-llibname**: Binden mit der Bibliothek *libname*

☞ diese wird in einer Datei *liblibname.a* in den Suchpfaden gesucht

■ Der Linker bindet dann alle Objekt-Dateien, die **bis dahin** unaufgelöste Symbole definieren, zum Binärabbild dazu

■ Die Reihenfolge von Objekt-Dateien und Bibliotheken ist wichtig

2 Beispiel: Kompilieren mit statischen Bibliotheken

```
#include <bar.h>
```

```
void main ( void ) {
    bar ( 42 );
}
```

main.c

```
#ifndef BAR_H
```

```
#define BAR_H
```

```
void bar ( int );
```

```
#endif
```

bar.h (Schnittstelle)

```
#include <bar.h>
```

```
void bar ( int param ) {
    /* do stuff */
}
```

bar.c (Implementierung)

- Module exportieren eine Schnittstelle (Header-Datei)
 - ◆ Funktionsdeklarationen und ggf. Deklarationen (*extern*) globaler Variablen
- Beim Übersetzen muss der Compiler den Typen eines Symbols kennen
 - ◆ Einbinden der Schnittstellenbeschreibung mit *#include <bar.h>*
 - ◆ Die Adresse der Funktion bzw. Variable ist an dieser Stelle nicht notwendig
- Parameter *-Ipfad*: Teilt Compiler zusätzlichen Suchpfad für Headerdateien mit

```
gcc -c <...> -I/myincludes main.c
```

3 Beispiel: Binden mit statischen Bibliotheken

```
#include <bar.h>

void main ( void ) {
    bar ( 42 );
}
```

main.c

```
#ifndef BAR_H
#define BAR_H

void bar ( int );

#endif
```

bar.h (Schnittstelle)

```
#include <bar.h>

void bar ( int param ) {
    /* do stuff */
}
```

bar.c (Implementierung)

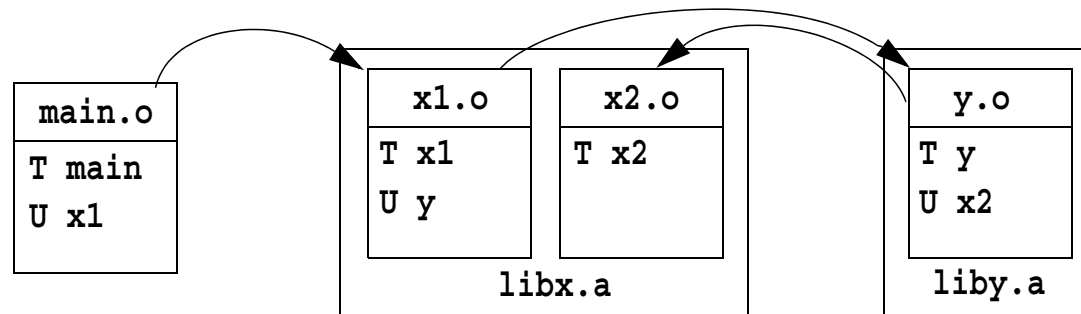
- Modul *bar* **definiert** Symbol *bar*(Funktion `void bar(int);`)
- Hauptprogramm ruft die Funktion *bar* auf (**verwendet** Symbol *bar*)
- Annahme: Modul *bar.o* ist Teil der Bibliothek *libexample.a* in */libdir*
- Übersetzung mit Kommando:

```
gcc -static -L/libdir -o main <...> main.o -lexample
```

- Falsch (warum?):

```
gcc -static -L/libbdir -o main <...> -lexample main.o
```

4 Beispiel 2: Binden mit statischen Bibliotheken



- Wie lautet der Bindeaufruf in diesem Beispiel?

```
gcc -static -L/libdir -o main main.o -lx -ly
```

- Beim Einbinden von `y.o` tritt ein neues undefiniertes Symbol `x2` auf
- `x2` wird nicht mehr aufgelöst, da `libx.a` nicht erneut durchsucht wird
- Lösung: Mehrfachangabe von `-lx`

```
gcc -static -L/libdir -o main main.o -lx -ly -lx
```

5 Statische Bibliotheken: Verwendung

- Relevanz heute hauptsächlich im Umfeld eingebetteter Systeme
- Auf dem PC z.B. in Rescue-Binaries, Backup-Restore-Programmen, etc.
- Seit Solaris 10 nicht mehr unterstützt
 - ◆ keine statische Version der C-Bibliothek mehr installiert
- Auf Debian (CIP-Pool) noch unterstützt, aber Problem mit halde
 - ◆ malloc-Modul in **libc.a** exportiert nicht-standardisierte Symbole
 - ◆ andere Module in **libc.a** verwenden diese Symbole
 - ◆ clash verwendet solche Module
 - ◆ das eigene halde-Modul definiert malloc, free, aber nicht die internen GNU-libc-Symbole
 - ◆ malloc-Modul aus der GNU-libc wird also trotzdem hinzugebunden
 - ◆ malloc, free, etc. werden mehrfach definiert

U5-3 Shared Libraries

- Kein Dateiarhiv sondern eine ladbare Funktionssammlung
 - Erzeugen mit gcc
- Code der Funktionen liegt nur einmal im Hauptspeicher, kann aber in verschiedenen Anwendungen an unterschiedlichen Adressen im logischen Adressraum positioniert sein
 - keine absoluten Adressen (Sprünge, Unterprogrammaufrufe) im Code erlaubt -> PIC (*position independent code*)
 - muss beim Kompilieren der Quellen berücksichtigt werden

```
gcc -fPIC -c file1.c
gcc -fPIC -c file2.c
...
```

- Bibliothek wird durch Binden mehrerer .o-Dateien erzeugt

```
gcc -shared -o libutil.so file1.o file2.o ...
```

1 Shared Libraries

- Beim Binden einer Anwendung werden Funktionen nicht aus Bibliothek kopiert

```
gcc prog.c -L. -lutil -o prog
```

- Aufruf analog zum statischen Binden (aber Option `-static` hat dort verhindert, dass dynamisch gebunden wird)
- Bibliothek `libutil.so` wird gesucht

- Endgültiges Binden erfolgt erst beim Laden

- Beim Laden von `prog` (exec) wird zunächst der *dynamic linker/loader* (`ld.so`) geladen
- `ld.so` lädt `prog` und die Bibliothek (wenn noch nicht im Hauptspeicher vorhanden) und bindet noch offene Referenzen
- Bibliothek wird von `ld.so` in mehreren Directories gesucht (über Environment-Variable `LD_LIBRARY_PATH` einstellbar)

- Reihenfolge von Bibliotheken und Objekt- bzw. Quelldateien unwichtig

- Mehrfachangabe einer Bibliothek nicht notwendig

U5-4 Revision Control System – RCS

1 Einführung

- RCS ist ein Versionskontrollsystem, das
 - ◆ Änderungen an Dateien mit dem Namen des Ändernden, dem Zeitpunkt und einem Kommentar speichert
 - ◆ Zugriffe auf Versionen kontrolliert und koordiniert
 - ◆ eindeutige Identifizierung verwendeter Versionen erlaubt
 - ◆ redundante Speicherung von Versionen vermeidet
 - ➔ es wird jeweils die letzte Version einer Datei gespeichert
 - ➔ zusätzlich werden sog. *reverse deltas* (Beschreibungen, wie aus Version n Version n-1 erzeugt wird) abgelegt

2 Einführung (2)

- RCS besteht aus einer Reihe von Kommandos, die es dem Benutzer erlauben
 - ◆ Dateien unter RCS-Kontrolle zu stellen und Kopien aller Versionen zu bekommen, die danach erstellt wurden
 - ◆ eine Version zum Editieren zu entnehmen und diese gegen gleichzeitige Änderungen zu sperren
 - ◆ Neue Versionen (mit Kommentar) zu erzeugen
 - ◆ Unbrauchbare Änderungen rückgängig zu machen
 - ◆ Zustandsinformation von Dateien abzufragen
 - Zeilenweise Unterschiede zwischen verschiedenen Versionen auszugeben
 - Log-Informationen über Versionen: Urheber, Datum, usw.

3 Terminologie

■ Delta

- ◆ Menge von zeilenweisen Änderungen an der Version einer Datei unter der Kontrolle von RCS
(die Begriffe “Version” und “Delta” werden oft synonym gebraucht)

■ Revision-Id

- ◆ Jede Version erhält zur Identifikation eine Identifikation zugewiesen:
`Release-Nummer.Level-Nummer`

■ RCS-Datei

- ◆ enthält die neueste Version und alle vorhergehenden Versionen in Form von Deltas zusammen mit Verwaltungsinformationen
- ◆ der Dateiname endet auf `,v`, die RCS-Datei ist entweder im Unterdirectory `RCS`, oder im gleichen Directory wie die Arbeitsdatei abgelegt

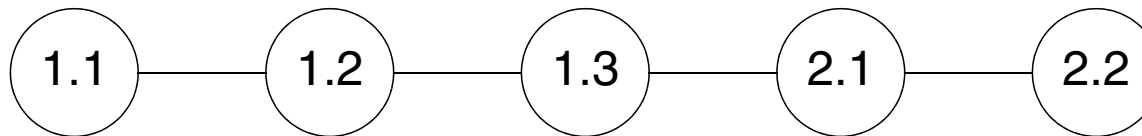
■ Arbeitsdatei

- ◆ Kopie einer Version aus der RCS-Datei

4 Nummerierung von Versionen

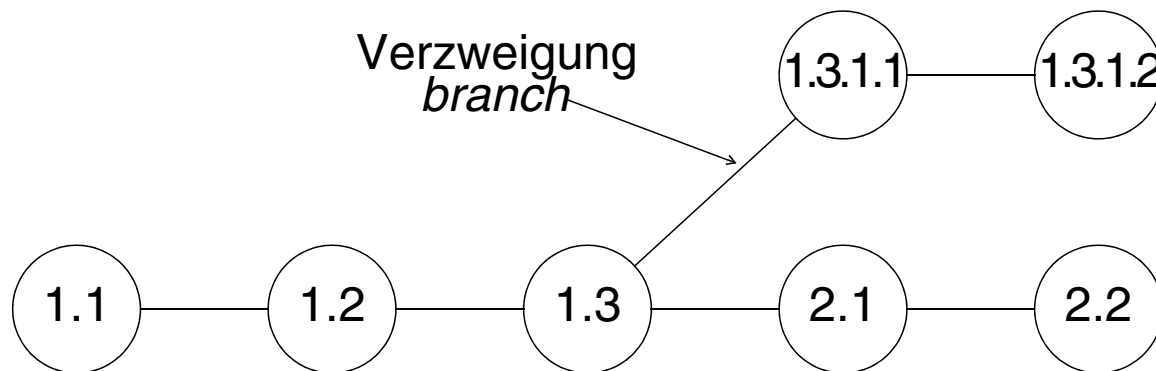
- Versionen werden ausgehend von der Ur-Version nummeriert:

`release.level`



- Versionen in einer Verzweigung erhalten

`release.level.branch.branchlevel`



5 Kommandos — Überblick

<i>ci(1)</i>	<i>check in</i> speichert die Arbeitsdatei als neue Version in der RCS-Datei ab falls noch nicht vorhanden, wird eine neue RCS-Datei erzeugt
<i>co(1)</i>	<i>check out</i> extrahiert eine existierende Version aus der RCS-Datei (nur zum Lesen oder exklusiv zum Schreiben)
<i>rcs(1)</i>	Modifikation von RCS-Datei-Attributen
<i>rlog(1)</i>	Ausgabe von <i>log</i> -Information und RCS-Datei-Attributen
<i>ident(1)</i>	extrahiert RCS-Identifikatoren aus einer Datei
<i>rcsclean(1)</i>	nicht-modifizierte Arbeitsdateien löschen
<i>rcsdiff(1)</i>	<i>diff</i> zwischen Versionen einer RCS-Datei
<i>rcsmerge(1)</i>	erzeugt aus zwei Versionen (insbes. bei Verzweigungen) eine neue Version

- bei allen Kommandos kann als ***filename*** immer sowohl der
Arbeitsdateiname oder der RCS-Dateiname angegeben werden

5 Kommandos — *ci(1)*

■ *check in RCS-Revisions* — Erzeugen neuer Versionen

- ◆ *ci(1)* übernimmt neue Versionen in RCS-Dateien
- ◆ die neue Version wird aus der jeweiligen Arbeitsdatei entnommen, die Arbeitsdatei wird anschließend gelöscht
- ◆ existierte zu der Arbeitsdatei noch keine RCS-Datei, wird eine neue RCS-Datei erzeugt

■ Aufrufsyntax (nur die wichtigsten Optionen angeben!):

```
ci [-rrev] [-lrev] [-urev] filename ...
```

- rrev** die neue Version erhält Version **rev**
 - **rev** muß größer als die letzte existierende Version sein
 - soll eine neue *Release* erzeugt werden, genügt die Angabe der *Release*-Nummer (z. B. -r5)
- lrev** wie **ci -r**, anschließend wird automatisch ein **co -l** durchgeführt
- urev** wie **ci -r**, anschließend erfolgt ein **co**

5 Kommandos — *ci(1)*

■ Beispiel *ci, rlog*

```
% ci prog.c
RCS/prog.c,v <-- prog.c
initial revision: 1.1
enter description, terminated with single '.' or end of file:
NOTE: This is NOT the log message!
>> Program to demonstrate RCS
>> .
done
% rlog prog.c

RCS file: RCS/prog.c,v
Working file: prog.c
head: 1.1
branch:
locks: strict
access list:
symbolic names:
comment leader: " * "
keyword substitution: kv
total revisions: 1;      selected revisions: 1
description:
Program to demonstrate RCS
-----
revision 1.1
date: 1992/07/20 11:56:43;  author: jklein;  state: Exp;
Initial revision
=====
```

5 Kommandos — *co(1)*

◆ *check out RCS Revisions* — Versionen entnehmen

- ***co(1)*** entnimmt eine Version aus allen angegebenen RCS-Dateien
- die entnommene Version wird als Arbeitsdatei abgespeichert
- der Name der Arbeitsdatei ergibt sich aus dem Namen der RCS-Datei, wobei die Endung *.v* und ggf. der Pfad-Prefix *RCS/* weggelassen werden

◆ Aufrufsyntax (nur die wichtigsten Optionen angeben!):

```
co [-rrev] [-lrev] [-urev] filename ...
```

-rrev extrahiert die neueste Version, der Versionsnummer kleiner oder gleich **rev** ist

-lrev wie **co -r**, extrahiert die Version für den Aufrufer exklusiv zum Schreiben (für weitere **co**-Aufrufe gesperrt)

-urev wie **co -r**, falls eine Sperre der Version durch den Aufrufer existiert, wird diese aufgehoben

5 Kommandos — *co(1)*

■ Beispiel *co, rlog*

```
% co -l prog.c
RCS/prog.c,v --> prog.c
revision 1.1 (locked)
done
% rlog prog.c

RCS file: RCS/prog.c,v
Working file: prog.c
head: 1.1
branch:
locks: strict
      jklein: 1.1
access list:
symbolic names:
comment leader: " * "
keyword substitution: kv
total revisions: 1;      selected revisions: 1
description:
Program to demonstrate RCS
-----
revision 1.1      locked by: jklein;
date: 1992/07/20 11:56:43;  author: jklein;  state: Exp;
Initial revision
=====
%
```

6 Identifikation von RCS-Versionen

- RCS ersetzt bei einem **check out** im Text alle Vorkommen der Zeichenkette
`$Id$`
 durch
`$Id: filename revisionnumber date time author state locker$`
- **co(1)** sorgt dafür, dass diese Zeichenkette automatisch auf aktuellem Stand gehalten wird
- um diese Zeichenkette in Objekt-Code zu implantieren, reicht es, sie in als *String* im Programm anzugeben — in C z. B.
`static volatile const char rcsid[] = "$Id$";`
- mit dem Kommando **ident(1)** können solche RCS-Identifikatoren aus beliebigen Dateien extrahiert werden
 - ➔ damit ist z. B. feststellbar, aus welchen Versionen der Quelldateien ein ausführbares Programm entstanden ist