Präprozessor

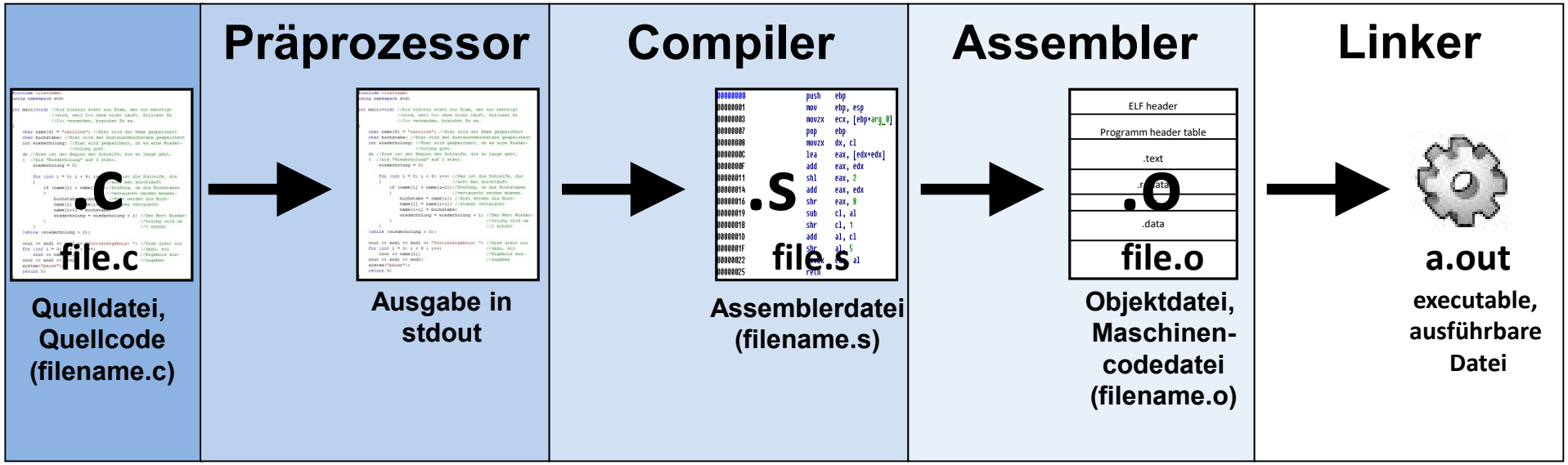
Einführung in die Programmierung

Michael Felderer

Institut für Informatik, Universität Innsbruck

Übersetzungsvorgang beim gcc (Wiederholung)

- Wie läuft der Übersetzungsvorgang ab?



Wichtige Suffixe:

file.c	C-Quelldatei muss Präprozessorphase durchlaufen
file.i	C-Quelldatei darf nicht die Präprozessorphase durchlaufen
file.s	Assemblerdatei
file.o	Objektdatei
a.out	Ausführbare Datei

Allgemein

- Beim Aufruf eines C-Compilers wird vor den eigentlichen Compiler-Läufen der Präprozessor gestartet.
- Die wichtigsten Aufgaben eines Präprozessors:
  - Textformatierung (Kommentare entfernen, Whitespaces entfernen etc.)
  - Einfügen von Dateien
  - Ersetzen von Codeteilen (`#define`)
  - Bedingte Übersetzung
- Die allgemeine Syntax für einen Präprozessor-Befehl (Präprozessor-Direktive) lautet

```
#Direktive Text
```

- Präprozessor-Befehl endet mit dem Zeilenende und **nicht** mit einem Semikolon!

Einfügen von Dateien (1)

- Mit Hilfe der include-Direktive

```
#include  <filename>
#include  "filename"
```

- Präprozessor legt eine temporäre Datei an.
  - Entfernt Direktive und fügt den Quelltext der Datei an dieser Stelle ein.
  - Wenn die Header-Datei auch eine `include`-Direktive enthält, wird diese auch aufgelöst usw.
  - `filename` kann auch ein relativer oder absoluter Pfad sein.
  - Auflösung von `filename` ist implementierungsabhängig.
- 2 Varianten für die Auflösung (typisches Verhalten)
  - <> - Suche startet in den Systemverzeichnissen (z.B. unter Linux `/usr/include`)
  - " " - Suche startet im aktuellen (oder gegebenen) Arbeitsverzeichnis und wenn nicht erfolgreich, dann in den Systemverzeichnissen.

Einfügen von Dateien (2)

- Was steht in solchen Header Dateien?
  - Konstanten
  - Deklarationen von Typen und Funktionen
  - Makros
  - weitere Include-Direktiven etc.
- Man sollte nicht weitere C-Dateien einbinden!

Symbolische Konstanten und Makros

- Ersetzt Text

```
#define Bezeichner Ersatztext
```

- Beispiele

```
#define PI 3.1415
#define HUND DOG
```

- Aufheben

```
#undef Bezeichner
```

  - Wenn ein Makro nicht bis zum Ende einer Datei gültig sein sollte.

- Ersatztext kann auch entfallen. `#define SOME_TAG`
- Bei mehrzeiligem Ersatztext muss am Ende jeder Zeile ein "\" stehen.

```
#define MULTILINE Dies \
ist ein mehrzeiliger \
Ersatztext
```

Interaktive Aufgabe

Das folgende Programm gibt nur einmal 0 aus, sollte aber mindestens von 0 bis 9 hochzählen und diese Werte ausgeben. Welcher (logische) Fehler wurde gemacht und wie kann man ihn beheben?

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define DEBUG_ERR printf("Fataler Debug-Fehler\n"); \
                  return EXIT_FAILURE
#define MAX 10

int main(void) {

  int i=0;
  do {
    printf("%d\n", i);
    if( ++i >= MAX)
      DEBUG_ERR;
  } while(1);
  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Interaktive Aufgabe

Wie oft wird die for-Schleife ausgeführt und warum?

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define CNT 10

int main(void) {

  int i;
#undef CNT
#define CNT 5
  for( i=0; i<CNT; i++) {
#undef CNT
#define CNT 20
    printf("%d\n",i);
  }
  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Makros mit Parametern

- Mit der `define`-Direktive kann man parametrisierte Makros schreiben.
  - Ein parametrisiertes Makro erkennt man daran, dass unmittelbar nach dem Makronamen eine Klammer folgt.
- Allgemeine Form

```
#define Bezeichner(Param1, …, ParamN) Ersatztext
```

- Beispiel
  - `#define eval(z) ((z) *= ((z) + 1) / 2)`
  - `…`
  - `int a = 5;`
  - `eval(a);// ersetzt mit ((a) *= ((a) + 1) / 2)`

Stringersetzung

- Ist in einem Ersetzungstext vor dem Parameter das Zeichen # gesetzt, werden beim Aufruf des Makros das # und der Parameter durch das entsprechende Argument, das dann als String eingesetzt wird, ersetzt.
- Beispiel
  - `#define ausgabe(variable) printf(#variable"=%d\n",variable)`
- Programm
  - `ausgabe(Zahl);`

    wird zu
  - `printf("Zahl""=%d\n", Zahl);`
    - Strings die direkt aufeinander folgen werden zu einem String vereinigt:
  - `printf("Zahl=%d\n", Zahl);`

Beispiel (Makros)

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

#define wurzel(zahl)\
   printf(#zahl" von %f = %f\n",zahl,sqrt(zahl))
#define summe(zahl1,zahl2)\
   printf(#zahl1 " + " #zahl2 " = %d\n",zahl1 + zahl2)
#define gibaus(string)\
   printf(#string"\n")
#define wertvon(zahl,format)\
   printf(#zahl" = "format"\n", zahl)

int main(void) {
   float Wurzel;
   int Wert1 = 100, Wert2 = 150, integer = 20;
   char character = 's';
   float floating = 5.550f;
   printf("Zahl eingeben : ");
   scanf("%f", &Wurzel);
   wurzel(Wurzel);
   summe(Wert1, Wert2);
   gibaus(Hallo Welt);
   wertvon(character, "%c");
   wertvon(integer, "%d");
   wertvon(floating, "%f");
   return EXIT_SUCCESS;
}
```

Ausgabe:

```
Zahl eingeben : 16
Wurzel von 16.000000 = 4.000000
Wert1 + Wert2 = 250
Hallo Welt
character = s
integer = 20
floating = 5.550000
```

Eigenschaften und Seiteneffekte von Makros

- Falsche Operatoren-Zuordnung
  - Alle Parameter im Ersatztext immer klammern!
- Mehrmalige Auswertung der angegebenen Argumente
- Keine Typüberprüfung
- Makros haben keine Adressen
- Leerzeichen sind bei Makrodefinitionen wichtig
- Eventuell Codeaufblähung durch Makros
- Makros laufen schneller als Funktionen ab (Durch verbesserte Compiler nimmt der Unterschied aber stetig ab.)

Beispiel (Makros – Seiteneffekte)

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#define MINUS(a,b) ((a)-(b))
#define MAX(a,b) ((a) > (b) ? (a) : (b))
#define QUADRAT(x) x * x
#define QUADRAT2(x) ((x) * (x))

int main(void) {
    int a = 5, b = 2;
    printf("%d\n", MINUS(a, b));
    printf("%f\n", MINUS(5.0, 2.5 + 0.5));
    printf("%d\n", MAX(a--, b));
    printf("%d\n", a);
    printf("%d\n", QUADRAT(a));
    printf("%d\n", QUADRAT(a + 1));
    printf("%d\n", QUADRAT2(a));
    printf("%d\n", QUADRAT2(a + 1));
    return EXIT_SUCCESS;
}
```

Ausgabe:

```
3
2.000000
4
3
9
7
9
16
```

Interaktive Aufgabe

Im folgenden Beispiel gibt die Multiplikation den Wert 190 zurück. Korrekt wäre allerdings der Wert 100 (10*(20-10)). Wie kann man das Problem beheben?

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MULTI(a,b) (a*b)

int main(void) {

  int val1=10, val2=20;
  printf("Multiplikation = %d\n", MULTI(val1,val2-10));
  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Bedingte Übersetzung

- Für die bedingte Übersetzung gibt es folgende Direktiven

```
#if Konstanter_Ausdruck
#elif Konstanter_Ausdruck
#else
#endif
#ifdef Symbol
#ifndef Symbol
```

- Damit kann man festlegen, welcher Teil des Codes übersetzt wird.

```
#ifdef __MINGW32__
    #define SYS printf("Code für Windows-Rechner\n");
    … // weiterer Code nur für Windows-Rechner
#endif
```

- Damit können auch Testversionen gekennzeichnet werden.

Beispiel (Bedingte Übersetzung)

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#ifdef __unix__
   #define clrscr() printf("\x1B[2J")
#elif __BORLANDC__ && __MSDOS__
   #include <conio.h>
#elif __WIN32__ || _MSC_VER
   #define clrscr() system("cls")
#else
   #define clrscr() printf("clrscr() - Fehler!!\n")
#endif

int main(void) {
   /* universelle Routine zum Löschen des Bildschirms */
   clrscr();
   return EXIT_SUCCESS;
}
```

Bedingte Übersetzung bei Header-Dateien

- Beispiel

```
#ifndef _STDIO_H_
    #define _STDIO_H_
     …
#endif
```

- Hier überprüft der Präprozessor, ob er die Headerdatei `<stdio.h>` noch nicht eingebunden hat.
  - Erforderlich, wenn mehrere Headerdateien und Module benutzt werden, die `<stdio.h>` benötigen.
  - Somit würden alle Makros in der Headerdatei `<stdio.h>` mehrmals definiert werden, was im schlimmsten Fall sogar einen Fehler auslösen kann.

Unterstützung beim Debugging

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define DEBUG

int main(void) {
    int ival;
    printf("Bitte Wert eingeben: ");
    scanf("%d", &ival);
#ifdef DEBUG
    printf("DEBUG: %d\n", ival);
#endif
    ival *= ival * 100;
#ifdef DEBUG
    printf("DEBUG: %d\n", ival);
#endif
    ival = ival/100;
    printf("%d\n", ival);
    // ....
    return EXIT_SUCCESS;
}
```

Zur Entwicklungszeit -
kann danach entfernt werden!

Ausgabe:

```
Bitte Wert eingeben: 12
DEBUG: 12
DEBUG: 14400
144
```

defined Operator

- In der Bedingung von `#if` oder `#elif` kann der Operator `defined` benutzt werden.

```
#if !defined (_NO_OLDNAMES)
…
```

- Vorteil gegenüber `#ifdef` und `#ifndef` ist, dass man damit komplexere Ausdrücke formulieren kann.

```
#if (defined (__STDC_VERSION__) && __STDC_VERSION__ >= 199901L) \
|| !defined __STRICT_ANSI__ || defined __cplusplus
…
```

Weitere Präprozessor-Direktiven

Direktive	Beschreibung
`#error "zeichenkette"` `(#warning "zeichenkette")`	Das Programm lässt sich nicht übersetzen und gibt die Fehlermeldung `zeichenkette` zurück. Sinnvoll, wenn ein nicht fertiges Programm noch nicht übersetzt werden sollte, oder innerhalb von `#if`-Konstrukten, die von externen Definitionen abhängen.
`#line n` `#line n "dateiname"`	Diese Direktive hat keinen Einfluss auf das Programme selbst. Damit kann man die Zeilennummer festlegen und den Dateinamen auf `dateiname` setzen.
`#pragma`	Diese Direktiven sind compilerspezifisch. Wenn ein Compiler diese Direktive nicht kennt, wird diese ignoriert.

Vorgeschriebene Makros etc. (ANSI-C)

Makroname	Beschreibung
`__LINE__`	Gibt als Ganzzahl die aktuelle Zeilennummer in der Programmdatei zurück.
`__FILE___`	Gibt den Namen der Programmdatei als String-Literal zurück.
`__DATE__`	Gibt das Übersetzungsdatum (Präprozessor) der Programmdatei als String-Literal zurück.
`__TIME__`	Gibt die Übersetzungszeit der Programmdatei als String-Literal zurück.
`__STDC__`	Besitzt den Wert 1, wenn es sich beim Compiler um einen ANSI-C-konformen Compiler handelt.
`__STDC_HOSTED__`	Besitzt den Wert 1, wenn das Programm auf einer gehosteten Umgebung abläuft.
`__STDC_VERSION__`	Enthält eine ganzzahlige Konstante vom Typ `long`, wenn der Compiler den C99-Standard unterstützt (nur C99).
`__func__`	Gibt den Namen der Funktion aus (**kein Makro, in C vordefiniert**).

Beispiel (Programm tester.c)

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main(void) {
    // ...
    printf("%d\n", __LINE__);
    printf("%s\n", __FILE__);
    printf("%s\n", __DATE__);
    printf("%s\n", __TIME__);
    printf("%d\n", __STDC__);
    printf("%s\n", __func__);
    printf("%d\n", __LINE__);
    // ...
    return EXIT_SUCCESS;
}
```

Ausgabe:

```
6
..\tester.c
Dec  4 2012
10:08:15
1
main
12
```

gcc – Präprozessor-Optionen

- `-D macro[=defn]`
  - Das Präprozessormakro mit dem Namen `macro` wird definiert.
    - Es können auch komplexere Makros definiert werden; hierbei müssen Buchstaben, welche in der bash eine Bedeutung haben, unter Anführungszeichen gesetzt werden (z.B. Leerzeichen).
  - Die Optionen -D und -U werden in der Reihenfolge auf der Konsole abgearbeitet, in welcher sie auftreten.
- `-E`
  - Stoppt nach dem Aufruf des Präprozessors, und der Compiler wird nicht aufgerufen.
    - Die Ausgabe wird an den Standardausgabekanal (stdout) geschickt.
- `-U macro`
  - Hebt vorangegangene Makros auf (sowohl solche die im Programm definiert wurden, als auch solche, die mit der -D Option erstellt wurden).

Viele weitere Punkte …

- Während der Expansion können zwei Token mit ## verbunden werden.

```
#define TEXT_A "HELLO"
#define msg(x) printf("%s", TEXT_ ## x);
msg(A); // printf("%s", "HELLO");
```

- Makros können auch eine variable Anzahl von Argumenten akzeptieren.
- Makros können sich selbst referenzieren.
  - `#define foo (4 + foo)`
  - Sie sind aber nicht rekursiv!
  - Es gibt nur eine Ersetzung!
- ….