

Systemnahe Programmierung in C

11 Präprozessor

J. Kleinöder, D. Lohmann, V. Sieh

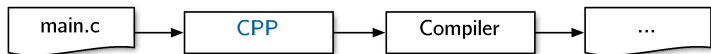
Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Sommersemester 2024

<http://sys.cs.fau.de/lehre/ss24>





- Bevor eine C-Quelldatei übersetzt wird, wird sie zunächst durch einen Makro-Präprozessor bearbeitet
 - Historisch ein eigenständiges Programm (**CPP** = **C PreProcessor**)
 - Heutzutage in die üblichen Compiler integriert
- Der CPP bearbeitet den Quellcode durch **Texttransformation**
 - Automatische Transformationen („Aufbereiten“ des Quelltextes)
 - Kommentare werden entfernt
 - Zeilen, die mit \ enden, werden zusammengefügt
 - ...
 - Steuerbare Transformationen (durch den Programmierer)
 - **Präprozessor-Direktiven** werden evaluiert und ausgeführt
 - **Präprozessor-Makros** werden expandiert



- **Präprozessor-Direktive** := Steueranweisung an den Präprozessor

`#include <Datei>`

Inklusion: Fügt den Inhalt von *Datei* an der aktuellen Stelle in den Token-Strom ein.



- **Präprozessor-Direktive** := Steueranweisung an den Präprozessor

`#include` *<Datei>*

Inklusion: Fügt den Inhalt von *Datei* an der aktuellen Stelle in den Token-Strom ein.

`#define` *Makro Ersetzung*

Makrodefinition: Definiert ein Präprozessor-Makro *Makro*. In der Folge wird im Token-Strom jedes Auftreten des Wortes *Makro* durch *Ersetzung* substituiert. *Ersetzung* kann auch leer sein.



■ Präprozessor-Direktive := Steueranweisung an den Präprozessor

`#include` <Datei>

Inklusion: Fügt den Inhalt von *Datei* an der aktuellen Stelle in den Token-Strom ein.

`#define` *Makro* *Ersetzung*

Makrodefinition: Definiert ein Präprozessor-Makro *Makro*. In der Folge wird im Token-Strom jedes Auftreten des Wortes *Makro* durch *Ersetzung* substituiert. *Ersetzung* kann auch leer sein.

`#if` *Bedingung*,
`#elif`, `#else`, `#endif`

Bedingte Übersetzung: Die folgenden Code-Zeilen werden in Abhängigkeit von *Bedingung* dem Compiler überreicht oder aus dem Token-Strom entfernt.

`#ifdef` *Makro*,
`#ifndef` *Makro*

Bedingte Übersetzung in Abhängigkeit davon, ob *Makro* (z. B. mit `#define`) definiert wurde.



■ Präprozessor-Direktive := Steueranweisung an den Präprozessor

`#include` *<Datei>*

Inklusion: Fügt den Inhalt von *Datei* an der aktuellen Stelle in den Token-Strom ein.

`#define` *Makro Ersetzung*

Makrodefinition: Definiert ein Präprozessor-Makro *Makro*. In der Folge wird im Token-Strom jedes Auftreten des Wortes *Makro* durch *Ersetzung* substituiert. *Ersetzung* kann auch leer sein.

`#if` *Bedingung*,
`#elif`, `#else`, `#endif`

Bedingte Übersetzung: Die folgenden Code-Zeilen werden in Abhängigkeit von *Bedingung* dem Compiler überreicht oder aus dem Token-Strom entfernt.

`#ifdef` *Makro*,
`#ifndef` *Makro*

Bedingte Übersetzung in Abhängigkeit davon, ob *Makro* (z. B. mit `#define`) definiert wurde.

`#error` *Text*

Abbruch: Der weitere Übersetzungsvorgang wird mit der Fehlermeldung *Text* abgebrochen.



■ Präprozessor-Direktive := Steueranweisung an den Präprozessor

`#include` *<Datei>*

Inklusion: Fügt den Inhalt von *Datei* an der aktuellen Stelle in den Token-Strom ein.

`#define` *Makro* *Ersetzung*

Makrodefinition: Definiert ein Präprozessor-Makro *Makro*. In der Folge wird im Token-Strom jedes Auftreten des Wortes *Makro* durch *Ersetzung* substituiert. *Ersetzung* kann auch leer sein.

`#if` *Bedingung*,
`#elif`, `#else`, `#endif`

Bedingte Übersetzung: Die folgenden Code-Zeilen werden in Abhängigkeit von *Bedingung* dem Compiler überreicht oder aus dem Token-Strom entfernt.

`#ifdef` *Makro*,
`#ifndef` *Makro*

Bedingte Übersetzung in Abhängigkeit davon, ob *Makro* (z. B. mit `#define`) definiert wurde.

`#error` *Text*

Abbruch: Der weitere Übersetzungsvorgang wird mit der Fehlermeldung *Text* abgebrochen.

Der Präprozessor definiert letztlich eine eingebettete **Meta-Sprache**. Die Präprozessor-Direktiven (Meta-Programm) verändern das C-Programm (eigentliches Programm) vor dessen Übersetzung.



■ Einfache Makro-Definitionen

Leeres Makro (Flag)

```
#define USE_7SEG
```

Quelltext-Konstante

```
#define NUM_LEDS (4)
```

„Inline“-Funktion

```
#define SET_BIT(m, b) (m | (1 << b))
```

Präprozessor-Anweisungen werden **nicht** mit einem Strichpunkt abgeschlossen!




■ Einfache Makro-Definitionen


Leeres Makro (Flag)	<code>#define USE_7SEG</code>
Quelltext-Konstante	<code>#define NUM_LEDS (4)</code>
„Inline“-Funktion	<code>#define SET_BIT(m, b) (m (1 << b))</code>

Präprozessor-Anweisungen werden **nicht** mit einem Strichpunkt abgeschlossen!

■ Verwendung

```
#if NUM_LEDS < 0 || 8 < NUM_LEDS
# error invalid NUM_LEDS           // this line is not included
#endif

void enlighten(void) {
    uint8_t mask = 0, i;
    for (i = 0; i < NUM_LEDS; i++) { // NUM_LEDS --> (4)
        mask = SET_BIT(mask, i);     // SET_BIT(mask, i) --> (mask | (1 << i))
    }
    sb_led_setMask(mask);           // --> 
}

#ifdef USE_7SEG
    sb_show_HexNumber(mask);        // --> 
#endif
}
```



- Funktionsähnliche Makros sind keine Funktionen!
 - Parameter werden nicht evaluiert, sondern **textuell** eingefügt
Das kann zu **unangenehmen Überraschungen** führen

```
#define POW2(a) 1 << a  
n = POW2(2) * 3
```

<< hat geringere Präzedenz als *

~> n = 1 << 2 * 3



- Funktionsähnliche Makros sind keine Funktionen!
 - Parameter werden nicht evaluiert, sondern **textuell** eingefügt
Das kann zu **unangenehmen Überraschungen** führen

```
#define POW2(a) 1 << a  
n = POW2(2) * 3
```

<< hat geringere Präzedenz als *

~ n = 1 << 2 * 3

- Einige Probleme lassen sich durch korrekte Klammerung vermeiden

```
#define POW2(a) (1 << a)  
n = POW2(2) * 3
```

~ n = (1 << 2) * 3



- Funktionsähnliche Makros sind keine Funktionen!
 - Parameter werden nicht evaluiert, sondern **textuell** eingefügt
Das kann zu **unangenehmen Überraschungen** führen

```
#define POW2(a) 1 << a  
n = POW2(2) * 3
```

<< hat geringere Präzedenz als *
~ n = 1 << 2 * 3

- Einige Probleme lassen sich durch korrekte Klammerung vermeiden

```
#define POW2(a) (1 << a)  
n = POW2(2) * 3
```

~ n = (1 << 2) * 3

- Aber nicht alle

```
#define max(a, b) ((a > b) ? a : b)  
n = max(x++, 7)
```

a++ wird ggf. zweimal ausgewertet
~ n = ((x++ > 7) ? x++ : 7)



■ Funktionsähnliche Makros sind keine Funktionen!

- Parameter werden nicht evaluiert, sondern **textuell** eingefügt
Das kann zu **unangenehmen Überraschungen** führen

```
#define POW2(a) 1 << a                << hat geringere Präzedenz als *  
n = POW2(2) * 3                       ~ n = 1 << 2 * 3
```

- Einige Probleme lassen sich durch korrekte Klammerung vermeiden

```
#define POW2(a) (1 << a)  
n = POW2(2) * 3                       ~ n = (1 << 2) * 3
```

- Aber nicht alle

```
#define max(a, b) ((a > b) ? a : b)    a++ wird ggf. zweimal ausgewertet  
n = max(x++, 7)                       ~ n = ((x++ > 7) ? x++ : 7)
```

■ Eine mögliche Alternative sind **inline**-Funktionen

C99

- Funktionscode wird eingebettet ~ ebenso effizient wie Makros

```
inline int max(int a, int b) {  
    return (a > b) ? a : b;  
}
```

