

# Systemnahe Programmierung in C (SPiC)

## 11 Präprozessor

**Jürgen Kleinöder, Daniel Lohmann, Volkmar Sieh**

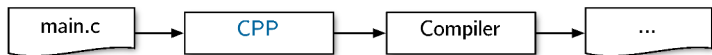
Lehrstuhl für Informatik 4  
Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg

Sommersemester 2019

[http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS19/V\\_SPiC](http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS19/V_SPiC)





- 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)            `#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!

## ■ 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_set_all_leds(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           << 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
```



- 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)
```



- 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;
}
```

