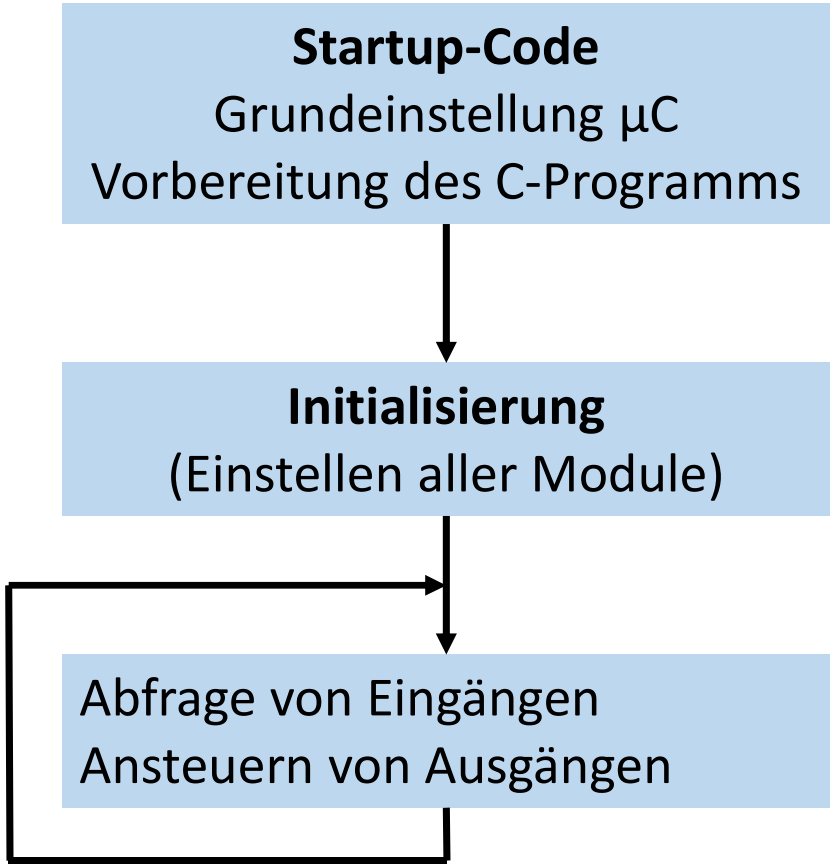
Aufbau eines µC-Programms

(Version 1: Ohne Betriebssystem, ohne Interrupts)



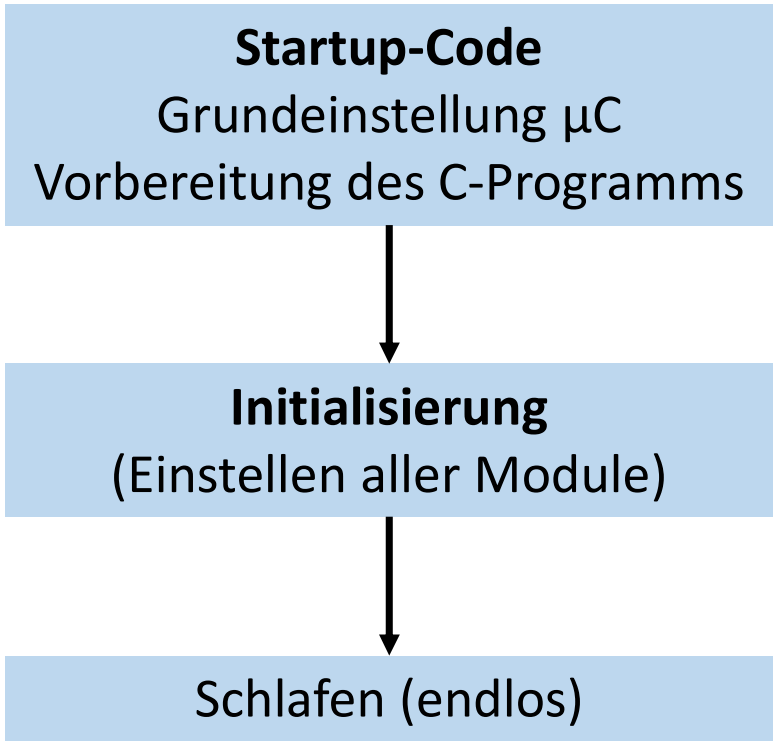
Vollautomatisch
Werkzeug erzeugt den gesamten Code
(Assembler, C)

Halbautomatisch
Programmierer gibt Vorgaben
Werkzeug erzeugt C-Code

Manuell
Programmierer erzeugt den C-Code
Werkzeug stellt Bibliotheken bereit

Aufbau eines µC-Programms

(Version 1: Ohne Betriebssystem, mit Interrupts)



ISR 1
Reaktion auf Ereignis 1

ISR 2
Reaktion auf Ereignis 2

ISR 3
Reaktion auf Ereignis 3

ISR n
Reaktion auf Ereignis n

Interrupts 1

- **Interrupt**
  - stellt eine Unterbrechung des aktuellen Programmflusses dar
  - nach der Unterbrechung wird das unterbrochene Programmfluss fortgesetzt
  - asynchron: tritt zu einem unvorhersehbaren Zeitpunkt auf
  - synchron: wird durch den Programmfluss selbst ausgelöst

- **Arbeitsmodell**
  - Langlaufender, zeitunkritischer Anteil -> main()
  - Kurze, aber zeitkritische Aktionen als Reaktion auf Ereignisse -> ISR()
  - Keine Verschwendung von Energie und Rechenzeit durch ständiges Nachsehen, ob etwas zu tun ist (Polling)

Interrupts 2

- **Ablauf, Teil 1 (bei jedem Takt)**
  - Wenn Ereignis x eintritt, dann wird ein Flag x gesetzt

- **Ablauf, Teil 2 (vor jedem Befehl, für alle Flags)**
  1. Sammle alle Flags i, die gesetzt sind und deren Maske i offen ist
  2. Falls Menge leer: mache im Programm wie vorgesehen weiter
  3. Sonst: Bestimme das Flag j mit der höchsten Priorität
  4. Merke aktuellen Programmzustand
  5. Führe ISR j aus

- **Ablauf, Teil 3 (ISR x)**
  1. Setze Flag x zurück
  2. Bearbeite Ereignis
  3. Kehre zum unterbrochenen Programmfluss zurück

Interrupts 3

Flag

Ein Flag ist ein Ereignismerker.
Es wird automatisch beim Eintritt eines Ereignisses gesetzt.
Für welche Ereignisse es Flags gibt, wird vom Herstelles des µC bestimmt.
Es muss ggf. manuell (im Programm) zurückgesetzt werden.

Maske

Eine Maske ist eine Schranke für ein oder mehrere Flags
Ist die Schranke geschlossen, passiert weiter nichts.
Ist die Schranke offen, wird die zum Flag gehörende ISR aufgerufen.

ISR Interrupt Service Routine

Ist eine ganz normale Funktion, die aber nicht im normalen Programmablauf von einer anderen Funktion aufgerufen wird.
Zweck: Bearbeitung eines Ereignisses
Soll zeitlich (vom Beginn bis zum Ende) so kurz wie möglich gehalten werden

Interrupts 4

Priorität

Legt fest, welche ISR ausgeführt wird, wenn mehrere Flags mit offener Maske gleichzeitig gesetzt sind.

Prioritäten können fest vom Hersteller vorgegeben sein oder vom Programmierer zur Laufzeit festgelegt werden. Mischformen sind üblich.

Vektor

Adresse der ISR x, die zum Flag x gehört. Wird heute automatisch vom Werkzeug (Linker) richtig bestimmt und ins Programm eingetragen. Kein Eingriff nötig

Nested Interrupts (Verschachtelung)

Eine gerade laufende ISR wird von einer anderen ISR mit noch höherer Priorität unterbrochen. Wer wen unterbrechen kann, wird über Masken und/oder Prioritätsebenen bestimmt. Das kann der Programmierer zur Laufzeit festlegen

Interrupts 5

- **Prioritäten**
  1. **Wer kann wen unterbrechen?**
     - Masken
     - Prioritätsebenen (typisch 4-8 Ebenen)
  2. **Wer kommt bei Gleichzeitigkeit zuerst dran?**
     - Feste Einstellung (Hersteller)
     - Programmierbar (ggf. begrenzt, z.B. 4-8 Stufen)

- **„Ereignis-Sharing“**
  - Module, die viele Ereignisquellen (Flags) haben, können oft nur eine einzige gemeinsame ISR auslösen
  - Abfrage in der ISR nötig, um das Ereignis/die Ereignisse zu finden, die zum Aufruf der ISR führten

Interrupts 6

- **Kommunikation ISR – „Rest“**
  - ISRs haben keine Parameter und keine Rückgabewerte
  - Kommunikation mit anderen Programmteilen über globale Variablen
  - Diese Variablen müssen als volatile gekennzeichnet sein