Programmiersprachen

Vorlesung 12 vom 21.12.23

Weihnachtsvorlesung

Christoph Lüth

Universität Bremen

Wintersemester 2023/24

Was machen wir heute?

- Eine kleine Sprache
- Eine besondere Sprache

Eine kleine Sprache

Kleine Sprachen

- Wieviele Anweisungen braucht man **mindestens**, um turingmächtig zu sein?
- **Eine** reicht.
- Beweis: Subleq (Subtract and Branch on result Less than or Equal to zero)
- Beispiel für OISC (One Instruction Set Computer)

Subleq Basics

- Syntax:

```
subleq a b c
```

- Semantik:

$$r \leftarrow mem[B] - mem[A]$$
$$mem[B] \leftarrow r$$
$$pc \leftarrow \begin{cases} pc + C & r \leq 0 \\ pc + 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Das ist genug?

- Invariante: $mem[0] = 0$ (genannt Z)
- Unbedingte Sprünge: branch c

```
subleq 0, 0, c    ;; 0 := 0- 0 = 0
                  ;; if 0 <= 0 then PC := PC+ C
```

- Addition: **add** a b

```
subleq a, 0, 0    ;; Z := 0- a = -a
subleq 0, b, 0    ;; b := b- Z = b+ a
subleq 0, 0, 0    ;; Z := Z- Z= 0
```

- Kopieren (Move): mov a b

```
subleq b, b, 0    ;; a := b- b = 0
subleq a, 0, 0    ;; Z := Z- a = -a
subleq 0, b, 0    ;; b := b- Z = 0+ a
subleq 0, 0, 0    ;; Z := 0
```

Source: https://en.wikipedia.org/wiki/One-instruction_set_computer#Subtract_and_branch_if_less_than_or_equal_to_zero

Ist das Turing-mächtig?

- Nicht ganz, aber es demonstriert das Prinzip.
- Weitere Instruktionen: **add** a b c, **beq** a c
- Formaler Beweis: Übersetzung einer Registermaschine nach Subleq.
- Nützlichkeit von Subleq:
  1. Einfach in Hardware zu implementieren
  2. Basis für kompakte Mikroarchitektur

Eine besondere Sprache

Brainfuck

- Brainfuck wurde 1993 von Urban Müller erfunden, um den "kleinstmöglichen Compiler für eine Turing-vollständige Sprache" zu schreiben.
- Abgeleitet von P'' (Corrado Boehm, 1964)
- Acht Kommandos, Turing-vollständig
- Kryptisch und von keinem praktischen Nutzen

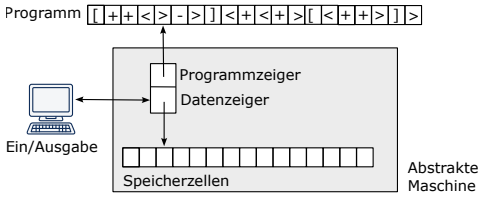
Ein Beispielprogramm

- Hello, world:

```
++++++++
[>++++[>++>+++>+++>+<<<<-]>+>+>->>+[<]<-]
>>.>---.+++++++..+++.>>.<-.
<.+++.------.--------.>>+.>++.
```


Die Sprache

- Syntax: acht Kommandozeichen
- Lexikalik: alles andere ist Kommentar
- Ausführungsmodell:



Kommandos

<	Datenzeiger erhöhen
>	Datenzeiger erniedrigen
+	Wert der aktuellen Zelle erhöhen
–	Wert der aktuellen Zelle erniedrigen
.	Wert der aktuellen Zelle ausgeben
,	Wert der aktuellen Zelle einlesen
[	Springt hinter das entsprechende] wenn Wert der aktuellen Zellen 0 ist
]	Springt hinter das entsprechende [wenn Wert der aktuellen Zellen nicht 0 ist

- [P] ist Iteration von P solange aktueller Zellenwert ungleich 0 ist.

Einfache Programme

- ,[. ,] Echo
- [>+<–] Addition p[i+1]= p[i+1]+p[i]
- [>–<–] Subtraktion p[i+1]= p[i+1]–p[i]
- >[–]<[>+<–] Verschieben p[i+1]= p[i]; p[i]= 0

Größere Programme

- Kopieren:

```
>[-]>[-]<<      Initialisierung
[>+>+<<-]       Verschiebe p[i] nach p[i+1],p[i+2]
>>[<<+>>-]      Verschiebe p[i+2] nach p[i]
<<
```


Zusammenfassung

- Brainfuck ist:
  - Turing-vollständig
  - extrem kompliziert zu benutzen
  - extrem einfach zu implementieren
  - in der Praxis unbrauchbar
- Weitere skurrile Programmiersprachen (siehe `https://esolangs.org/`):
  - Intercal: eine der ersten dieser Art.
  - Whitespace: Token sind TAB, LF, Space. Programme sind 'unsichtbar' und können in andere Programmiersprachen (oder Texte) eingebettet werden.