Application Binary Interface

Beschreibt Schnittstelle auf Maschinencode-Ebene:

- Datentypen (Größe, Alignment, Layout)
- Calling Convention
  - Ort der Funktionsparameter
  - Ort der Rückgabewerte
  - Welche Register zu sichern sind oder überschrieben werden können
- Speicherstruktur
- Betriebssystemschnittstelle

Quiz: In welchen Registern liegt der...

C-Source

```
1 long sub(long a, long b) {
2     return a - b;
3 }
```

(Dis-)Assembly

```
1 mov    rax,rdi
2 sub    rax,rsi
3 ret
```

	Rückgabewert	1.Parameter	2.Parameter
☐	eax	rax	rdi
☐	rsi	rsi	rax
☐	rax	rdi	rsi

Funktionsparameter

- Parameter: `rdi`, `rsi`
- Rückgabewert: `rax`, `rdx`

Quiz: Wie werden weitere Parameter übergeben?

C-Source

```
1 long add_sub_many(long a0,
2          long a1, long a2,
3          long a3, long a4,
4          long a5, long a6,
5          long a7) {
6   return a0 - a1 + a2 - a3
7       + a4 - a5 + a6 - a7;
8 }
```

(Dis-)Assembly

```
1 sub    rdi,rsi
2 add    rdi,rdx
3 sub    rdi,rcx
4 add    rdi,r8
5 sub    rdi,r9
6 mov    rax,rdi
7 add    rax,qword ptr [rsp+0x8]
8 sub    rax,qword ptr [rsp+0x10]
9 ret
```

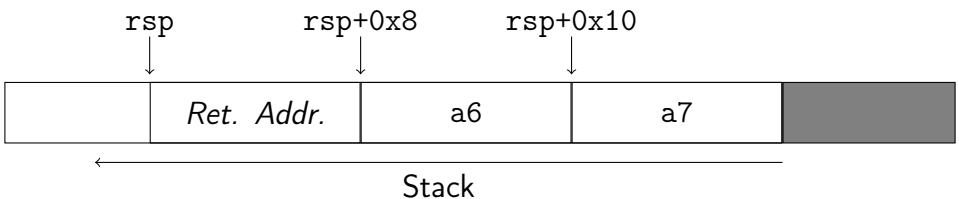
☐ `rdi`, `rsi`, `rdx`, `rcx`, `r8`, `r9`

☐ Ab Parameter 7 über den Stack

☐ Ab Parameter 7 gibt es keine feste Regelung mehr

Funktionsparameter

- Parameter: `rdi`, `rsi`, `rdx`, `rcx`, `r8`, `r9`, Stack
- Rückgabewert: `rax`, `rdx`



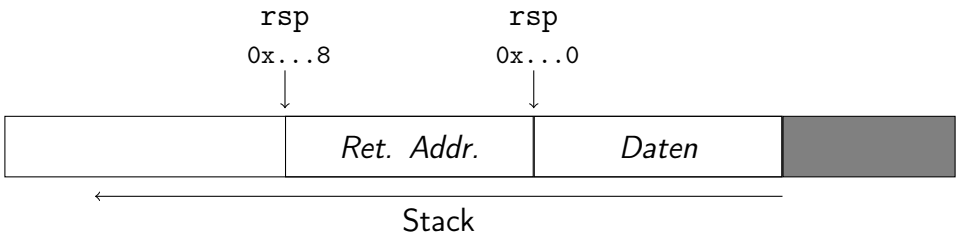
Registertypen

- Callee-Saved Register:
  - Gehören aufrufender Funktion
  - Müssen vom callee gesichert werden
  - Nach Funktionsende unverändert
  - `rbx`, `rbp`, `r12`–`r15`, `rsp`
- Temporäre/caller-saved Register:
  - Gehören aufgerufener Funktion
  - Dürfen frei verwendet werden
  - Nach Funktionsende undefiniert
  - `rax`, `rcx`, `rdx`, `rsi`, `rdi`, `r8`–`r11`

```
1 myfun:
2     push    rbx
3     mov     rbx, [rdi]
4     ...
5     pop     rbx
6     ret
```

Stack-Alignment

- Calling Convention stellt Anforderung an *Stack-Alignment*
- 16-Byte-Alignment vor einem Funktionsaufruf `rsp % 16 == 0`
- `call` legt weitere 8 Byte auf den Stack $\rightsquigarrow$ `rsp % 16 == 8`



Stack-Alignment

```
1 myfun:
2     push    rbx
3     mov     rbx, [rdi]
4     ...
5     call    do_sth
6     add     rax, rbx
7     pop     rbx
8     ret
```

Quiz: Wurde die Calling Convention eingehalten?

Signatur: `long fun0(long x, long y)`

```
1 fun0:
2     mov rax, rdi
3     imul rax, rdi
4     mov r10, rax
5     mov rax, rsi
6     imul rax, rsi
7     add rax, r10
8     ret
```

Ja

Nein

Quiz: Wurde die Calling Convention eingehalten?

Signatur: `long fun1(long x)`

```
1 fun1:
2     mov r10, rdi
3     sar r10, 1
4     mov rdi, 1
5     mov rsi, 1
6     call fun0
7     mov rax, r10
8     ret
```

Ja

Nein

Quiz: Wurde die Calling Convention eingehalten?

Signatur: `long fun2(long x)`

```
1 fun2:
2     push rbp
3     mov rbp, rsp
4     sub rsp, 0x8
5     mov qword ptr [rbp-0x8], rdi
6     mov rax, qword ptr [rbp-0x8]
7     sar rax, 1
8     pop rbp
9     ret
```

Ja

Nein

Struct-Layout

Wie sind Felder eines Structs im Speicher angeordnet?

- Abhängig von Reihenfolge und Alignment der Felder
- Padding um Alignment der Felder sicherzustellen
- Alignment des structs ist das seines Felds mit dem größten Alignment
- Größe des structs ist ein Vielfaches davon $\rightarrow$ Padding am Ende

Quiz: Padding (1)

Welche Aussage bezüglich `struct s` ist korrekt?

```
1 struct s {
2     char c;
3     int  i;
4 };
```

- ☐ `offsetof(struct s, i) == 1`
  `sizeof(struct s) == 5`
- ☐ `offsetof(struct s, i) == 2`
  `sizeof(struct s) == 6`
- ☐ `offsetof(struct s, i) == 4`
  `sizeof(struct s) == 8`
- ☐ `offsetof(struct s, i) == 8`
  `sizeof(struct s) == 16`

Quiz: Padding (2)

Welche Aussage bezüglich `struct s` ist korrekt?

```
1 struct s {
2     short     s;
3     long long l;
4     char      c;
5 };
```

- ☐ `offsetof(struct s, c) == 16`
  `sizeof(struct s) == 24`
- ☐ `offsetof(struct s, c) == 10`
  `sizeof(struct s) == 11`
- ☐ `offsetof(struct s, c) == 16`
  `sizeof(struct s) == 17`
- ☐ `offsetof(struct s, c) == 10`
  `sizeof(struct s) == 16`

Structs als Funktionsparameter

Wie werden structs als Funktionsparameter übergeben?

- Größer als 16 Byte oder Felder die nicht aligned sind:
  - Übergabe via Stack
- Sonst:
  - Aufteilen in max. 2 Teile mit jeweils 64 Bit
  - Diese werden als Int-Parameter behandelt
  - Mehrere benachbarte Felder können zusammengefasst werden

Structs als Funktionsparameter – Beispiele

- 2 64-Bit Integer

```
1 void func(struct { uint64_t a; uint64_t b; } param);
2 // a -> rdi, b -> rsi
```

- 2 32-Bit Integer

```
1 void func(struct { uint32_t a; uint32_t b; } param);
2 // a -> rdi[31:0], b -> rdi[63:32]
```

- mehrere zusammengefasste Felder

```
1 void func(struct { uint16_t a; uint16_t b; uint8_t c; } param);
2 // a -> rdi[15:0], b -> rdi[31:16], c -> rdi[39:32]
```

- `struct` größer als 16 Byte

```
1 void func(struct { uint64_t a; uint64_t b; uint64_t c; } param);
2 // a -> [rsp], b -> [rsp + 8], c -> [rsp + 16]
```

Structs als Rückgabewerte

- Ort wird wie bei der Parameterübergabe bestimmt
- Register:
  - `rax` und `rdx` für die 64-Bit-Blöcke
- Stack:
  - *Caller* reserviert ausreichend Speicher
  - Pointer darauf wird in `rdi` "verdeckt" übergeben
  - Funktion gibt den Pointer in `rax` zurück

Structs als Rückgabewerte – Beispiele

```
1 struct ComputeRes { uint64_t a, b, c; };
2 struct ComputeRes compute(int param);
3 // verhält sich wie:
4 struct ComputeRes* compute(struct ComputeRes* retval, int param);
```

Quiz: Structs als Rückgabewerte

Wo werden `s.a` und `s.b` zurückgegeben?

```
1 struct s {
2   int  a;
3   long b;
4 };
5
6 struct s foo(void);
```

- ☐ `rax`, `edx`
- ☐ `eax`, `rdx`
- ☐ `[rax]`, `[rax + 4]`
- ☐ `[rax]`, `[rax + 8]`

Calling Convention: Zusammenfassung

- Parameter: `rdi`, `rsi`, `rdx`, `rcx`, `r8`, `r9`, Stack
- Rückgabewert: `rax`, `rdx` (bei 128-Bit)
- Callee-saved: `rbx`, `rbp`, `rsp`, `r12`–`r15`
  - Gleicher Wert nach Funktionsende, ggf. sichern und wiederherstellen
- Temporär/caller-saved: `rax`, `rcx`, `rdx`, `rsi`, `rdi`, `r8`–`r11`
  - Frei verwendbar, Wert nach Funktionsende unbekannt