IF-Bedingung bisher

```
1 // if (a[i] != b[i])
2 //   a[i] = 0;
3   mov  ecx, DWORD PTR [rsi]
4   cmp  DWORD PTR [rdi], ecx
5   je  .Lskip
6   mov  BYTE PTR [rdi], 0
7 .Lskip:
8   ...
```

- Ergebnis von `CMP` im Flag-Register
- Abhängig davon wird `MOV` übersprungen

- Probleme für SIMD:

- Kein Flag-Register für jedes Vektor-Element
- Instruktion kann nur für alle Elemente übersprungen werden

Maskierung

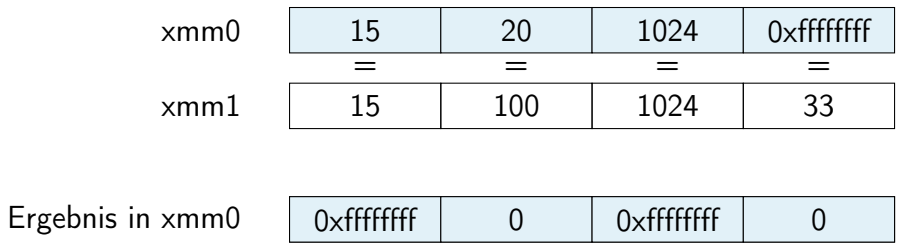
- Vergleiche mit SIMD funktionieren anders
- Bedingung bereits im Vergleich
- Ergebnis nicht in Flag-Register, sondern XMM-Register
- Ergebnis als Bitmaske
- Falls Bedingung erfüllt, alle Bits in Element auf 1 gesetzt
- Falls Bedingung nicht erfüllt, alle Bits in Element auf 0 gesetzt

Vergleichsbefehle

- `PCMPEQB` xmm1, xmm2/m128
  - Vergleicht Bytes von xmm1 mit xmm2/m128 auf Gleichheit
  - Ergebnis als Bitmaske in xmm1
- `PCMPEQW` xmm1, xmm2/m128
- `PCMPEQD` xmm1, xmm2/m128
- `PCMPEQQ` xmm1, xmm2/m128

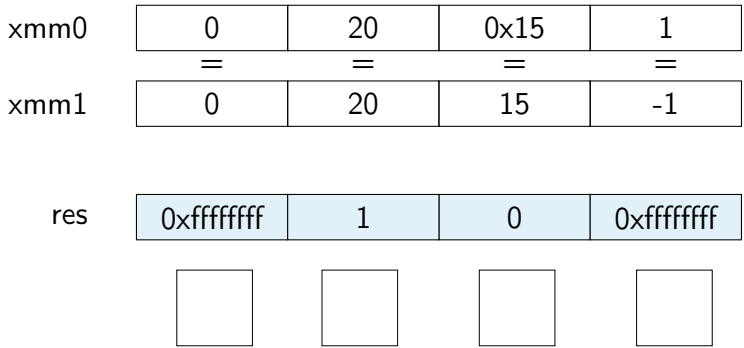
Beispiel

```
pcmpeqd xmm0, xmm1
```



Quiz

Welche der Elemente in res stimmen mit dem Ergebnis von `pcmpeqd xmm0, xmm1` überein?

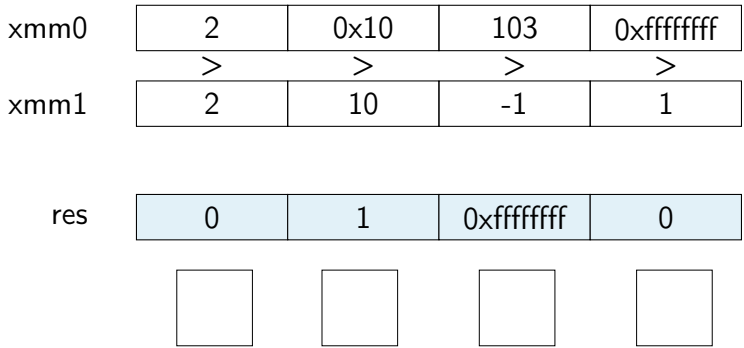


Vergleichsbefehle

- `PCMPGTB` xmm1, xmm2/m128
- `PCMPGTW` xmm1, xmm2/m128
- `PCMPGTD` xmm1, xmm2/m128
- `PCMPGTQ` xmm1, xmm2/m128

Quiz

Welche der Elemente in res stimmen mit dem Ergebnis von `pcmpgtd xmm0, xmm1` überein?



Quiz

Wie kann man eine Bitmaske erstellen die prüft ob die 16-Bit großen Elemente von xmm0 kleiner sind als die von xmm1?

- ☐ `pcmpgtw xmm1, xmm0`
- ☐ `pcmpltw xmm0, xmm1`
- ☐ `pcmpgtb xmm1, xmm0`

Maske anwenden

- Problem: Instruktion kann nicht für einzelne Elemente übersprungen werden
- Bitmaske auf Eingabe von Instruktion anwenden
  - Instruktion hat nur einen Effekt falls die Bedingung erfüllt ist

Maske anwenden

```
1  // if (a[i] != b[i])
2  //    a[i] = 0;
3
4  // xmm0=a[i]
5   movdqa   xmm0, xmmword ptr [rdi]
6  // xmm1=b[i]
7   movdqa   xmm1, xmmword ptr [rsi]
8   pcmpeqd  xmm1, xmm0
9   pand     xmm0, xmm1
10  movdqa   xmmword ptr [rdi], xmm0
```

- Die nächsten 4 Werte in xmm-Register laden
- Mit pcmpeqd Bitmaske erstellen
- Bitmaske überschreibt xmm1
- Falls Bedingung nicht erfüllt:
  - PAND setzt Element auf 0
- Falls Bedingung erfüllt:
  - Element bleibt unverändert

Quiz

Wie kann man eine Bitmaske erstellen die prüft ob die 32-Bit großen Elemente von xmm0 kleiner oder gleich sind wie die von xmm1?

```
pcmpged xmm1, xmm0
```

```
pcmpgtd  xmm1, xmm0
pcmpeqd  xmm0, xmm1
por      xmm0, xmm1
```

```
movdqu   xmm2, xmm1
pcmpgtd  xmm1, xmm0
pcmpeqd  xmm0, xmm2
por      xmm0, xmm1
```

Quiz

Wie kann man eine Bitmaske erstellen die prüft ob die **vorzeichenlosen** 8-Bit Elemente von xmm0 kleiner sind als die von xmm1?

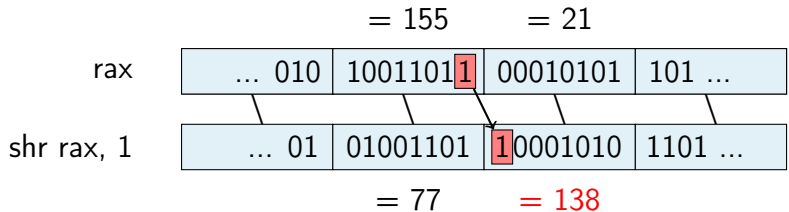
- ☐ zuerst alle Elemente beider Register mit -1 multiplizieren, dann: `pcmpgtb xmm0, xmm1`
- ☐ zuerst 128 auf alle Elemente beider Register addieren, dann: `pcmpgtb xmm1, xmm0`
- ☐ zuerst 128 von allen Elemente beider Register abziehen, dann: `pcmpgtb xmm1, xmm0`

SIMD mit General Purpose Registern

- SIMD: Single Instruction, Multiple Data
- Bis jetzt mit Hilfe von SSE und AVX
- SIMD geht auch mit General Purpose Registern
- Manuell durchsetzen dass ein Element keinen Einfluss auf ein anderes hat

SIMD mit General Purpose Registern

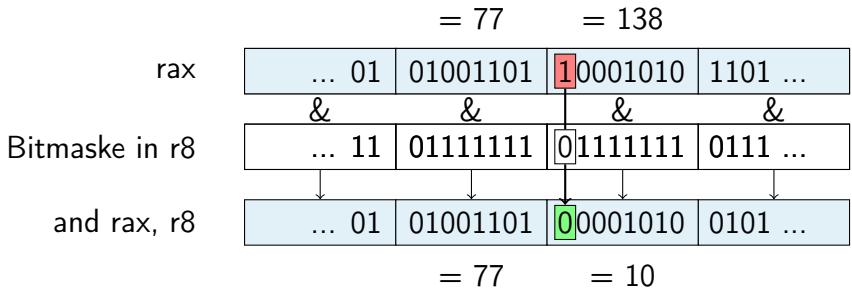
- Beispiel: Elemente von `uint8_t` Array durch 2 teilen
- 8 Elemente in rax laden, Division durch 2 mit Bitshift



- Problem: Niedrigstes Bit von einem Element wird ins nächste geschoben

SIMD mit General Purpose Registern

- Höchsten Bits sollen auf 0 gesetzt werden



Quiz

Wie kann man die Division durch 2 für einen Vorzeichenbehafteten `int8_t` Array anpassen?
(32 Bit Register werden hier für Immediates verwendet, geht aber auch mit 64 Bit)

```
mov eax, [rdi]
sar eax, 1
and eax, 0x7f7f7f7f
```

```
mov eax, [rdi]
shr eax, 1
and eax, 0x7f7f7f7f
mov edx, [rdi]
and edx, 0x80808080
or  eax, edx
```

```
mov eax, [rdi]
sar eax, 1
and eax, 0xff7f7f7f
mov edx, [rdi]
and edx, 0x00808080
or  eax, edx
```

Wann ist SIMD sinnvoll?

- Große Datenmengen
  - Bildbearbeitung
  - Matrixoperationen
- Gleiche oder ähnliche Instruktionen auf Elementen
- Daten müssen geschickt im Speicher liegen
  - z.B. Linked Lists schlechter als Arrays
- Keine anderen Funktionen in Schleife aufrufen
  - z.B. `a[i] = foo(i);`
- Auf loop carried dependeces aufpassen
  - z.B. `a[i] += a[i-1];`

Quiz

Welche der folgenden Programme können vektorisiert werden?

☐
```
a[i] += b[i-1];
```

☐
```
a[i] += a[i-40];
```

☐
```
a[i] += b[i-1];
b[i-1] = a[i];
```