



Overzichtscollege



Abstractieniveaus

- Een computersysteem bestaat uit een hiërarchie van lagen
- Elke laag heeft een goed gedefinieerde interface naar de bovenliggende en onderliggende lagen
- Essentieel bij de ondersteuning van opwaartse compatibiliteit



From High-Level Language to language of the hardware

Hogere programmeertaal

(C)

```
for( i = 0; i == 4; i = i + 1 ) {  
    a = a + 8;  
}
```

Compiler

Assembler code

```
LOADI tmp, 4      # i ← 4  
LOADI a, 0        # a ← 0  
for:              # if ( i == 4 ) goto end  
    BEQ i, tmp, end  
    ADDI i, i, 1   # i ← i + 1  
    ADDI a, a, 8   # (tussen)resultaat  
    BRA for       # goto for loop  
end: HALT         # einde programma
```

Assembler

Machinetaal

```
01011000000000001000000000000000100  
01011000000000000100000000000000000  
10101000000100000000000000000000100  
01000000000000000000000000000000001  
0100000010000000010000000000001000  
101010000000000000111111111111101  
10101000000000000000000000000000000
```



Instruction Set Architecture (ISA)

- Een heel belangrijke abstractie
 - interface tussen hardware en low-level software
 - gestandaardiseerde instructies, machinetaal, etc.
 - voordeel: *verschillende implementaties van dezelfde architectuur*
 - nadeel: *werpt drempel op voor totaal nieuwe ideeën*
- Modern instruction set architectures:
 - IA-32, PowerPC, MIPS, SPARC, ARM, and others



Welke abstracties bestaan er op dit vakgebied?

- Welke “lagen” van de software en de hardware bestaan er?
 - Applicatie software
 - Systeem software
 - Assembleertaal
 - Machinetaal
 - Onderwerpen over de architectuur zoals Caches, Virtual Memory, Pipelining, Dual Core
 - Sequentiële logica, finite state machines
 - Combinatorische logica en rekenschakelingen
 - Logische poorten, aangestuurd door nullen en enen
 - Transistoren om poorten samen te stellen (CMOS)
 - Halfgeleiders om transistoren te bouwen
 - Eigenschappen van halfgeleiders (atomen, elektronen etc.)

Welke abstracties komen in deze cursus aan bod?

- Welke “lagen” van de software en de hardware komen aan bod?
 - Applicatie software, nee
 - Systeem software, nee
 - Assembleertaal, ja, hoofdstuk 3, 7, 8 en 9.
 - Machinetaal, ja, hoofdstuk 3.
 - Onderwerpen over de architectuur zoals Caches, Virtual Memory, Pipelining, Dual Core nee.
 - Sequentiële logica, finite state machines, ja, hoofdstuk 5 en 6.
 - Combinatorische logica en rekenschakelingen, ja, hoofdstuk 2, 4 en 6.
 - Logische poorten aangestuurd door nullen en enen, ja, hoofdstuk 1.
 - Transistoren om poorten samen te stellen (CMOS), ja alleen de basis.
 - Halfgeleiders om transistoren te bouwen, nee
 - Eigenschappen van halfgeleiders (atomen, elektronen etc.), nee

De revolutionaire ontwikkeling van de processor

Sneller, sneller en... nog veel sneller

- Er was, is en blijft een vraag naar steeds snellere computers.
- Enkele voorbeelden:
 - Intelligentere programma's (b.v. spraakherkenning)
 - Multimedia
 - Spelletjes
 - Wetenschappelijke toepassingen
 - Medische toepassingen
 - etc.
- Waardoor werden en worden computers steeds sneller?

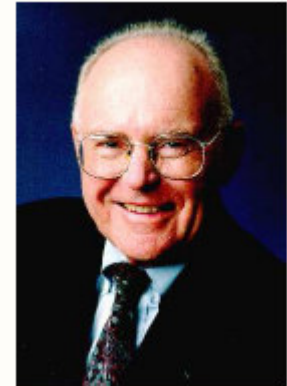


Prestatieverbeteringen van processoren

- Door technologie
 - Meer transistoren op hetzelfde oppervlak
 - Hogere klokfrequenties
 - Minder warmteontwikkeling
- Door verbeteringen van de architectuur
 - Pipeline
 - Cache
 - Meer processoren
 - Compilers

Meer transistoren: Wet van Moore

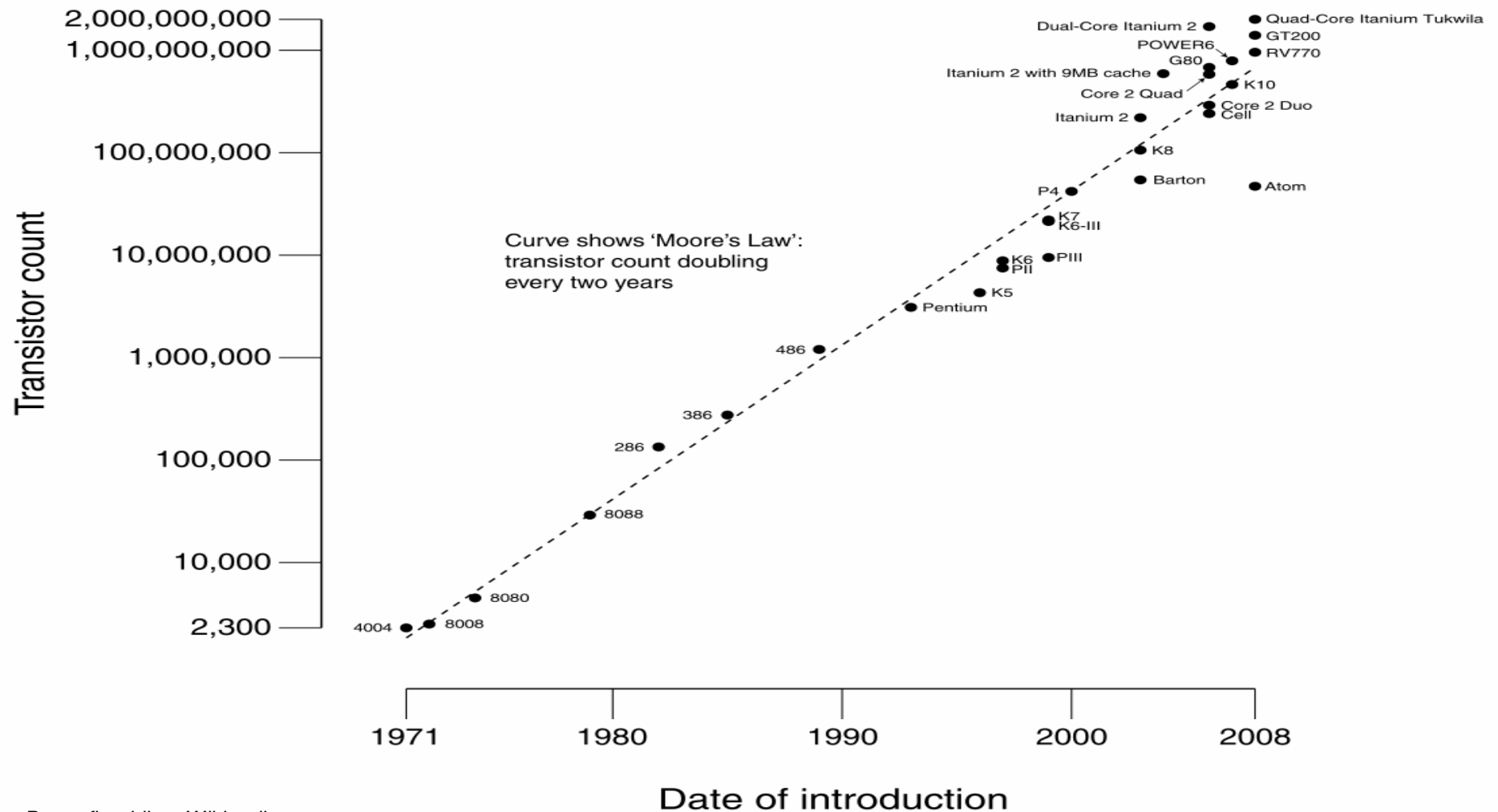
- Het aantal transistors op een computerchip wordt elke 18 maanden *** verdubbeld.
- De voorspelling werd in 1965 gedaan door Gordon Moore, één van de oprichters van chipfabrikant Intel.
- De wet geldt tot op de dag van vandaag (2009).
- Zal in de toekomst de technologische vooruitgang langzamer gaan verlopen?
- Voorlopig niet maar na 2020 wel!!
- Reden: fundamentele fysische barrières.



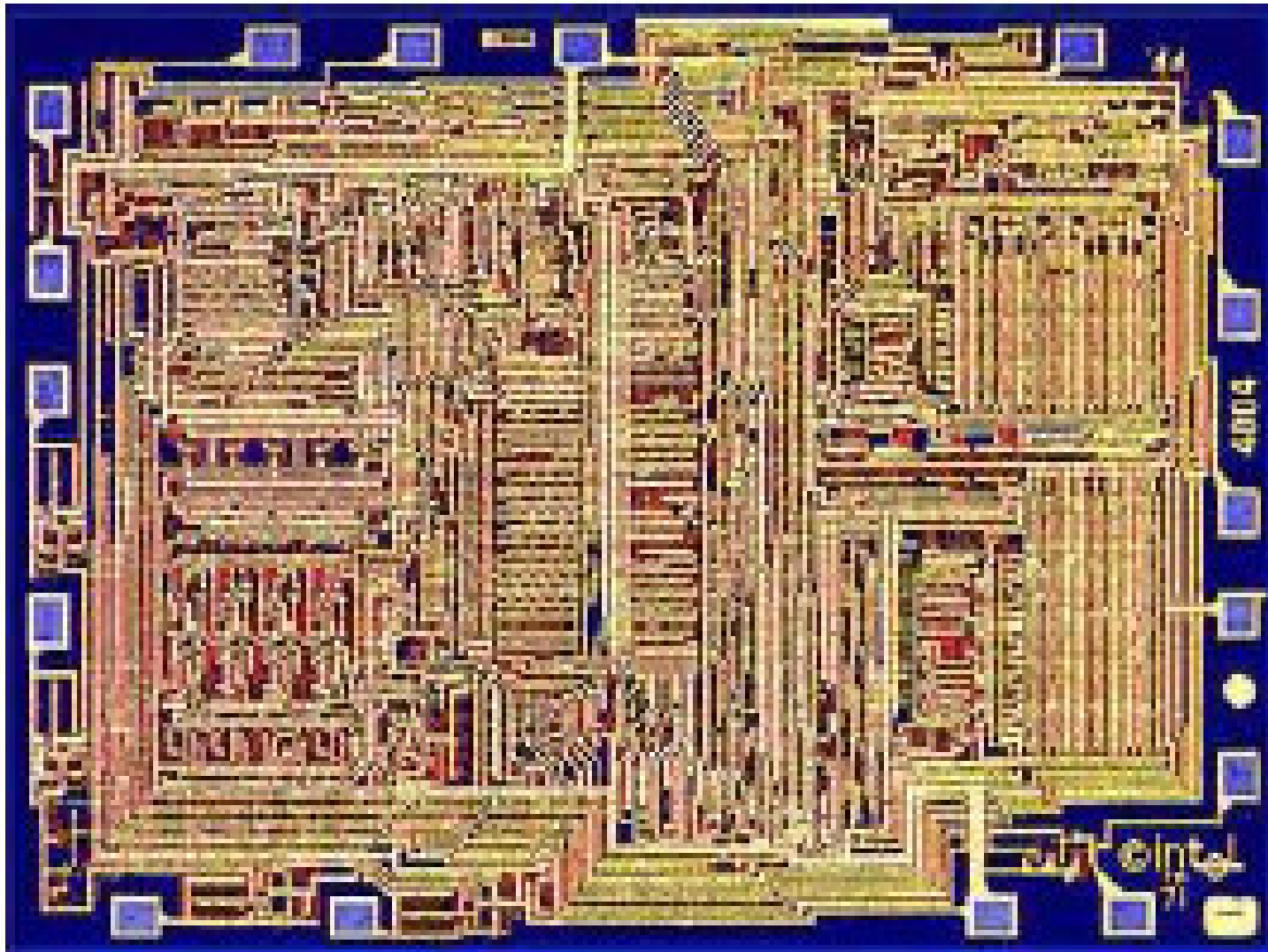




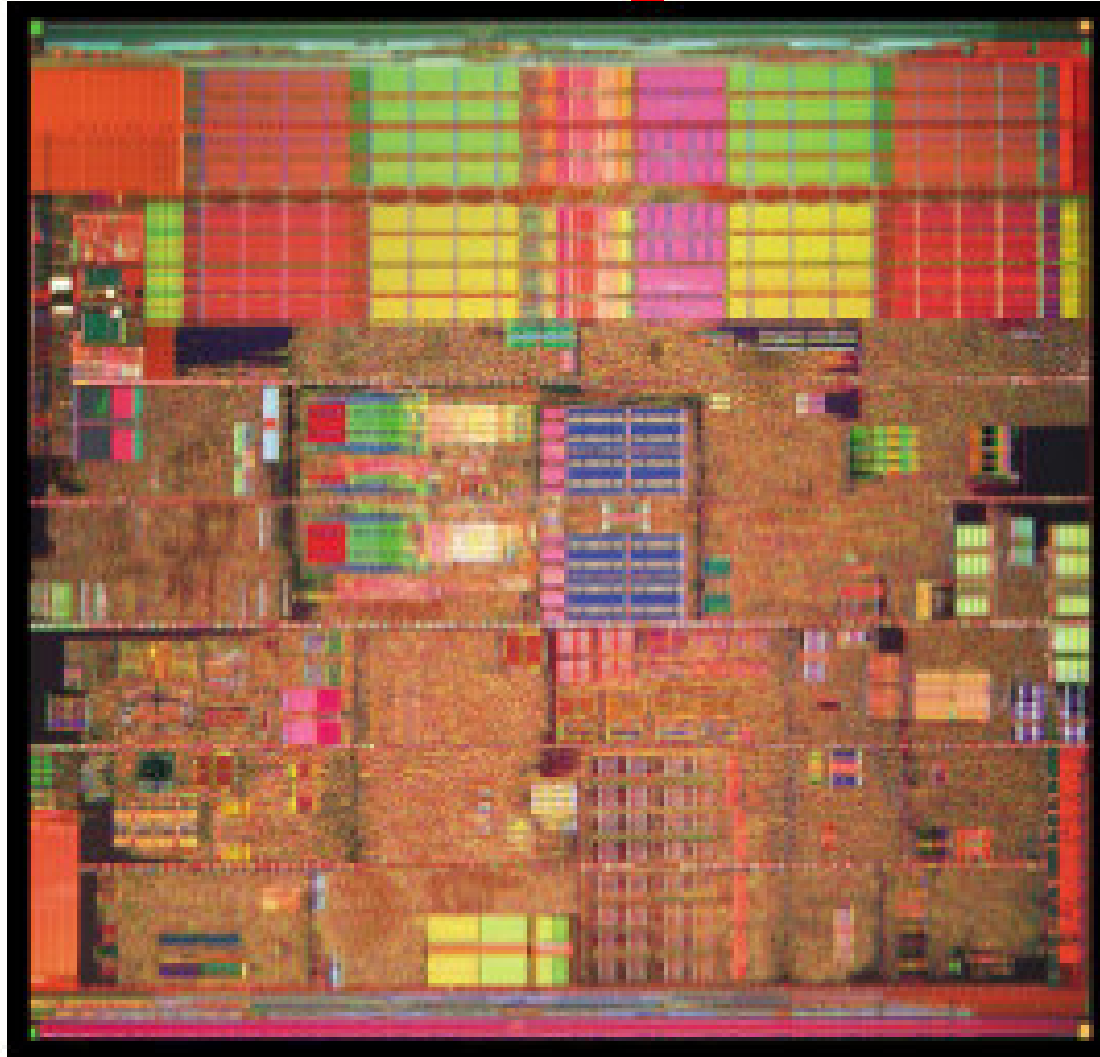
CPU Transistor Counts 1971-2008 & Moore's Law



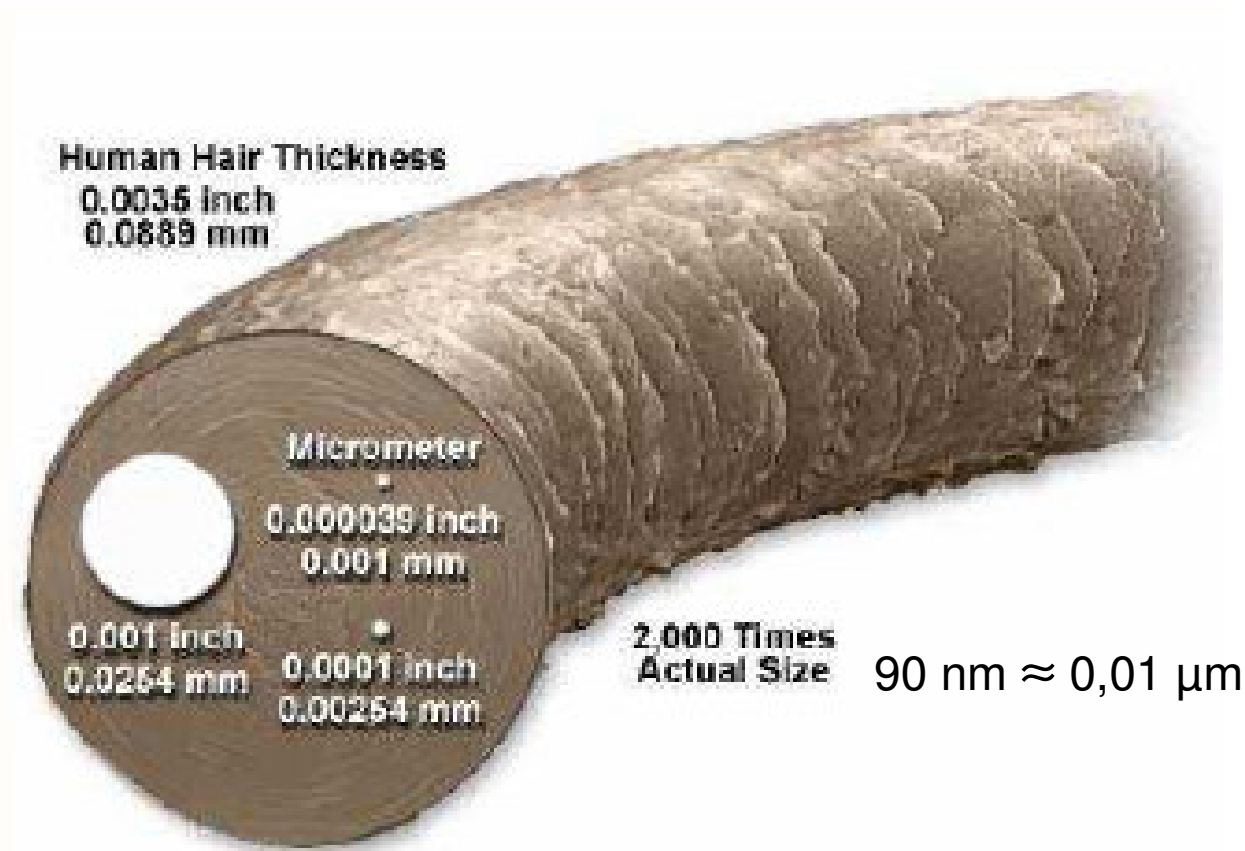
Intel 4004 (1971) → 2250 transistors



Intel Pentium 4 Prescott (2004) → 125.000.000 transistors
90 nm technologie $\approx 0,1$ micrometer transistors



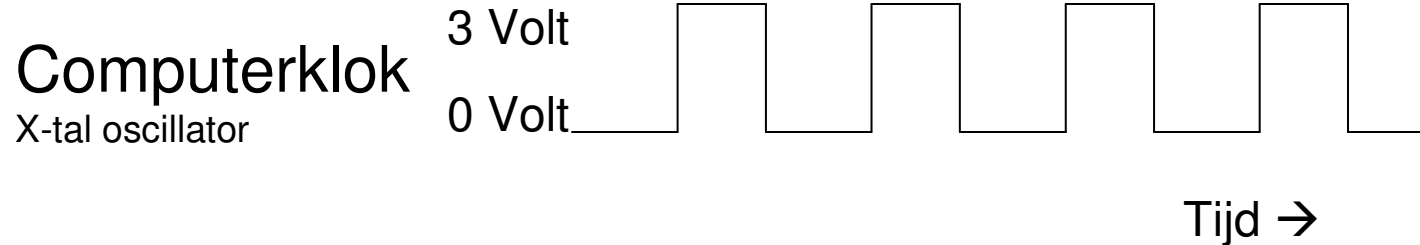
De grootte van één transistor in 2004: 90 nanometer



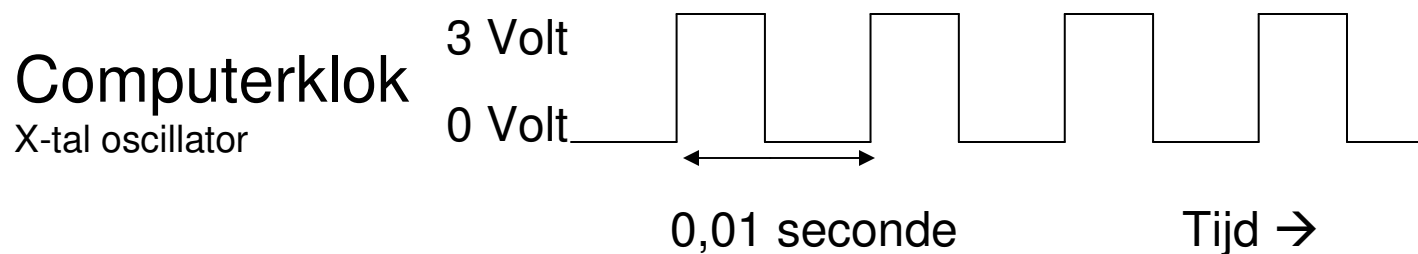
De grootte van één transistor in 2009: 45 nanometer



Hogere klokfrequenties



$$\text{Stel : } f = 100 \text{ Hz} \Rightarrow \text{periodetijd (t)} = \frac{1}{f} = \frac{1}{100} = 0,01 \text{ sec}$$

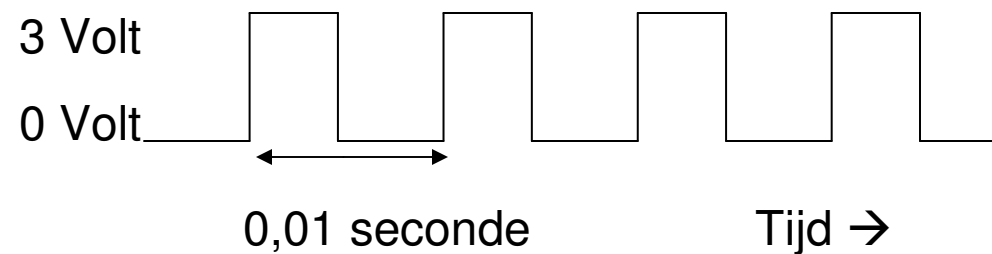




Klokfrequentie

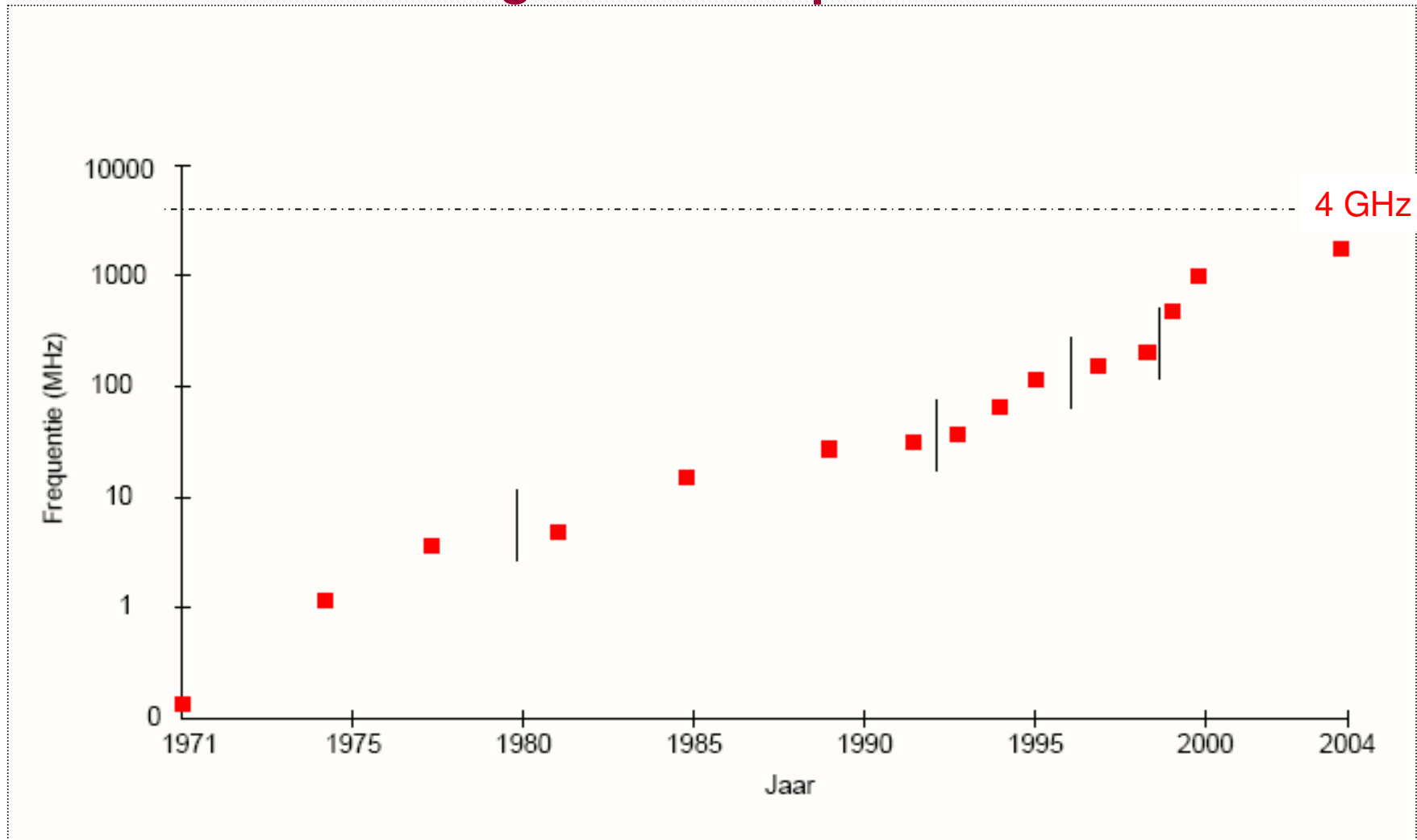
$$\text{Stel : } f = 100 \text{ Hz} \Rightarrow \text{periodetijd (t)} = \frac{1}{f} = \frac{1}{100} = 0,01 \text{ sec}$$

Computerklok
X-tal oscillator





Hogere klokfrequenties



Iedere computer heeft een klok

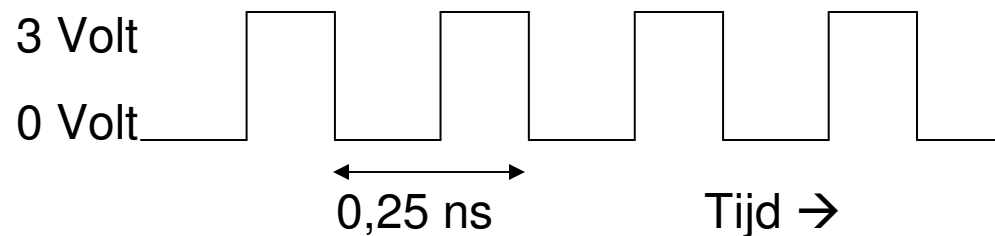
Waardoor wordt de frequentie f van deze klok bepaald?

Wat is de propagatietijd van een poort/schakeling/processor?

Stel de totale propagatietijd t_p voor het uitvoeren van één instructie is 0,25 ns

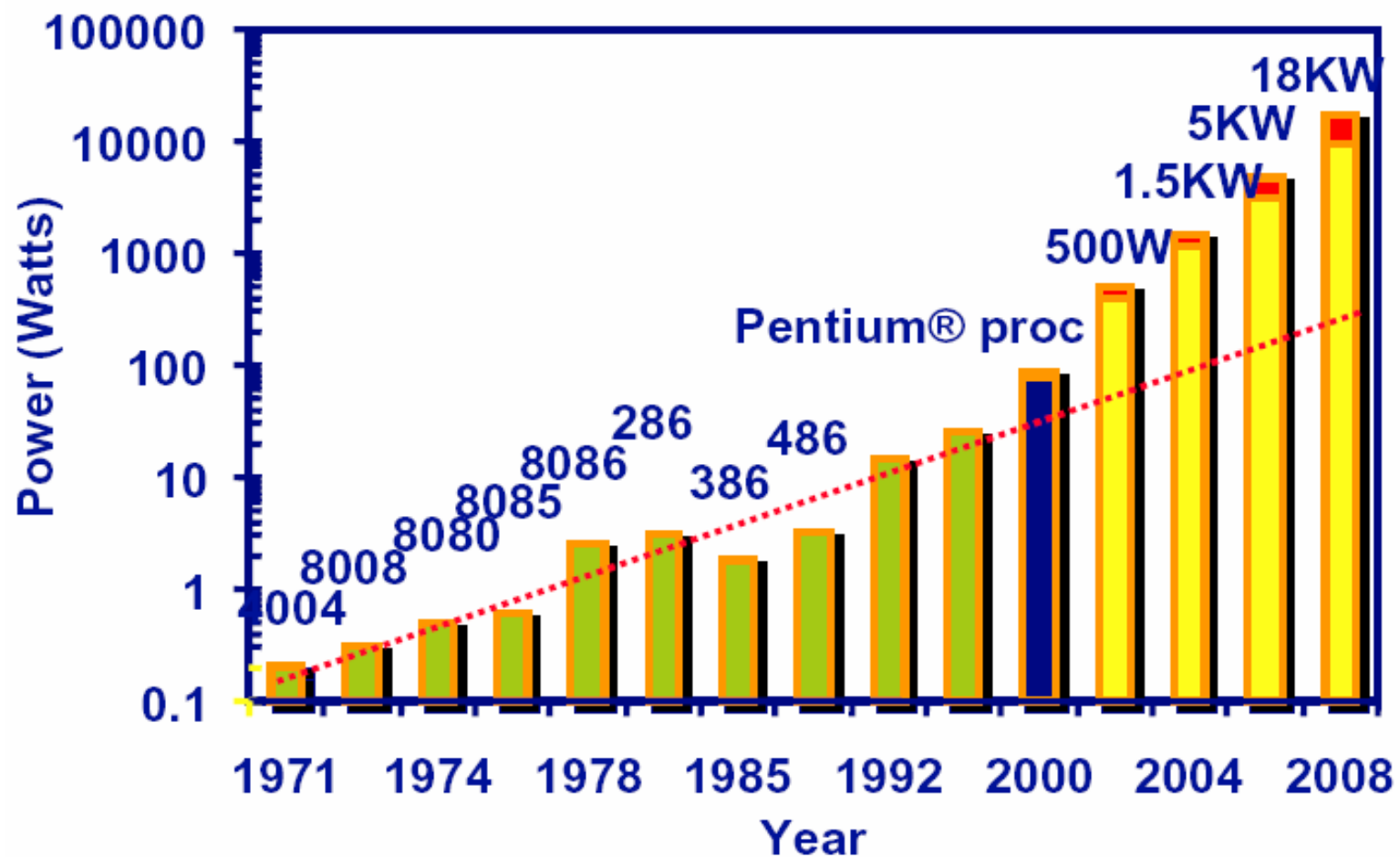
Wat is dan de klokfrequentie f ?

$$f = \frac{1}{t_p} = \frac{1}{0,25 * 10^{-9}} = 4 * 10^9 \text{ sec} = 4 \text{ GHz}$$



Limitatie: Lichtsnelheid = 300.000 km/sec. In 0,25 ns legt het licht 7,5 cm af

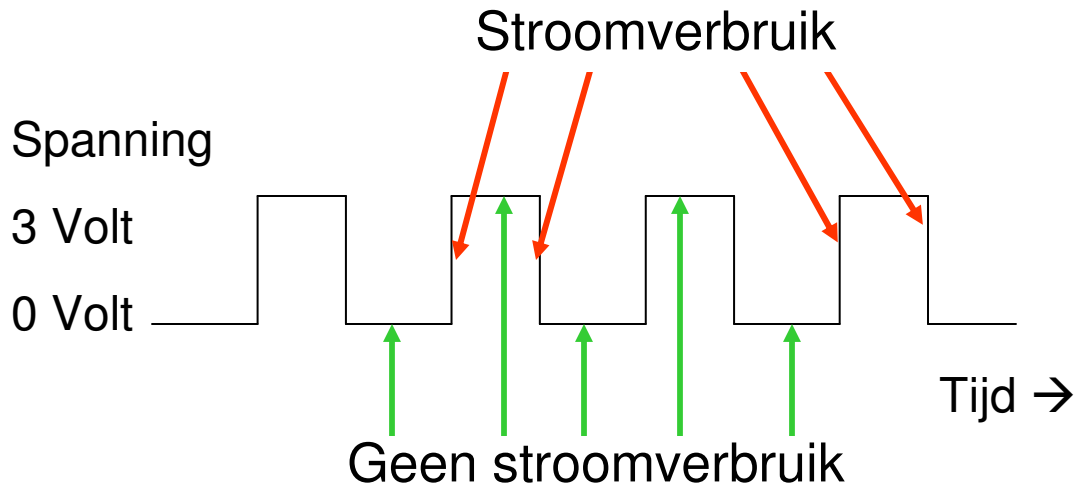
Verwachte energie verbruik in 2000



Energieverbruik en klokfrequentie

Klokfrequentie (f): 4 GHz = $4 * 10^9$ Hz

Er loopt alleen een stroom tijdens het schakelen van de transistoren.



Vermogen (Watt) = Stroom * Spanning = $I * U$

Energieverbruik = Vermogen * tijd (Watt sec)

$$\text{Energieverbruik} = \frac{U^2}{R} * t \quad (\text{Watt sec})$$



Energie verbruik in 2009

- Pentium Dual-Core T4200 P; 45 nm; 2 GHz; 35 W



Prestatieverbeteringen van processoren

- Door technologie
 - Meer transistoren op hetzelfde oppervlak
 - Hogere klokfrequenties
 - Minder warmteontwikkeling
- Door verbeteringen van de architectuur
 - Pipeline
 - Cache
 - Meer processoren
 - Compilers

Principe van pipelining

Methode om meer instructies tegelijkertijd uit te voeren

Voorbeeld: Baanvak Amsterdam CS – Utrecht CS

Er kan slechts één trein op het baanvak rijden.

Tijd (min) Trein nr	6	12	18	24	30	36	42	48	54
1	CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht					
2					CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht	
3									CS-Amstel
Een trein op baanvak Amsterdam CS – Utrecht CS									

Hoe lang doen 10 treinen over het hele traject?

Pipelining

Methode om meer instructies tegelijkertijd uit te voeren

Voorbeeld: Baanvak Amsterdam Utrecht bestaat uit

4 baanvakken: Amsterdam CS – Amstel; Amstel – Abcoude;
Abcoude – Breukelen en Breukelen – Utrecht CS.

Tijd (min) Trein nr	6	12	18	24	30	36	42	48	54
1	CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht					
2		CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht				
3			CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht			
4				CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht		
5					CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht	
6						CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht

Vier treinen op de diverse baanvakken

Hoe lang doen 10 treinen over het hele traject?



Pipelining

Methode om meer instructies tegelijkertijd uit te voeren

Voorbeeld: Baanvak Amsterdam Utrecht is
onderverdeelt in 4 baanvakken

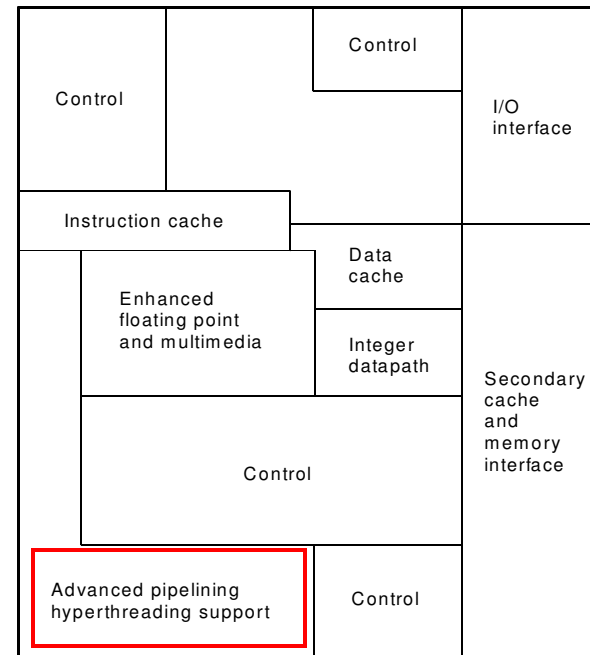
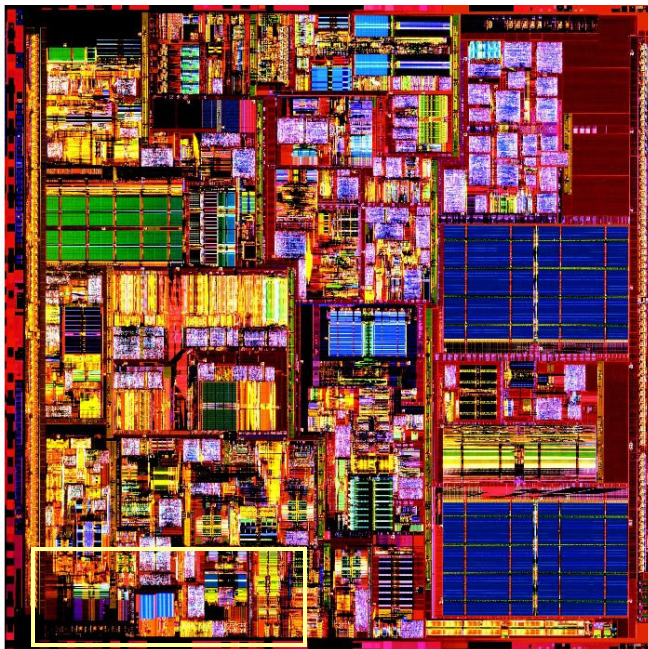
Tijd (min) Trein nr	6	12	18	24	30	36	42	48	54
1	CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht					
2		CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht				
3			CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht			
4				CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht		
5					CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht	
6						CS-Amstel	Amstel-Abcoude	Abcoude-Breukelen	Breukelen-Utrecht
Treinen op diverse baanvakken									

4 baanvakken: $(10 + 3) * 6 = 78$ min.

1 baanvak: $10 * 4 * 6 = 240$ min.

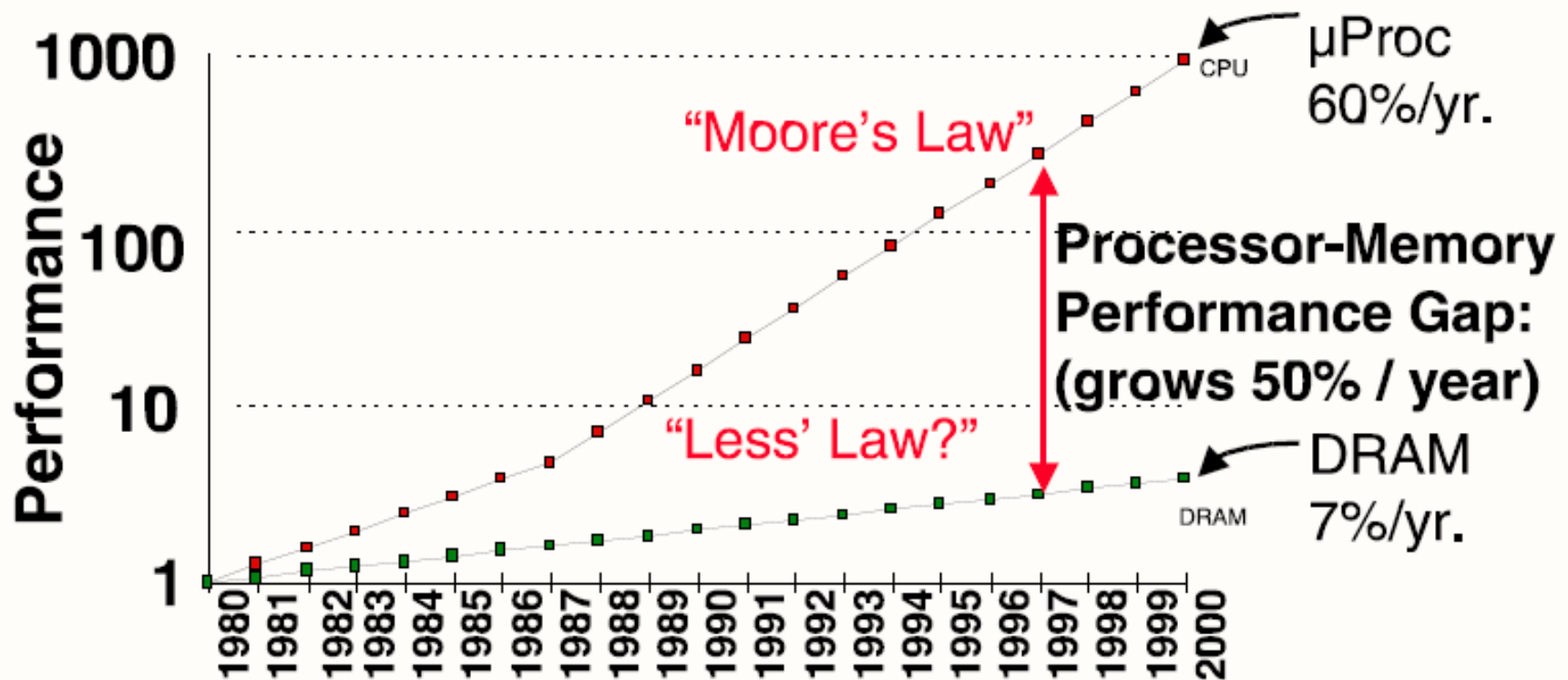
Pipelining

- Last processor without pipelining was 80386 in '85



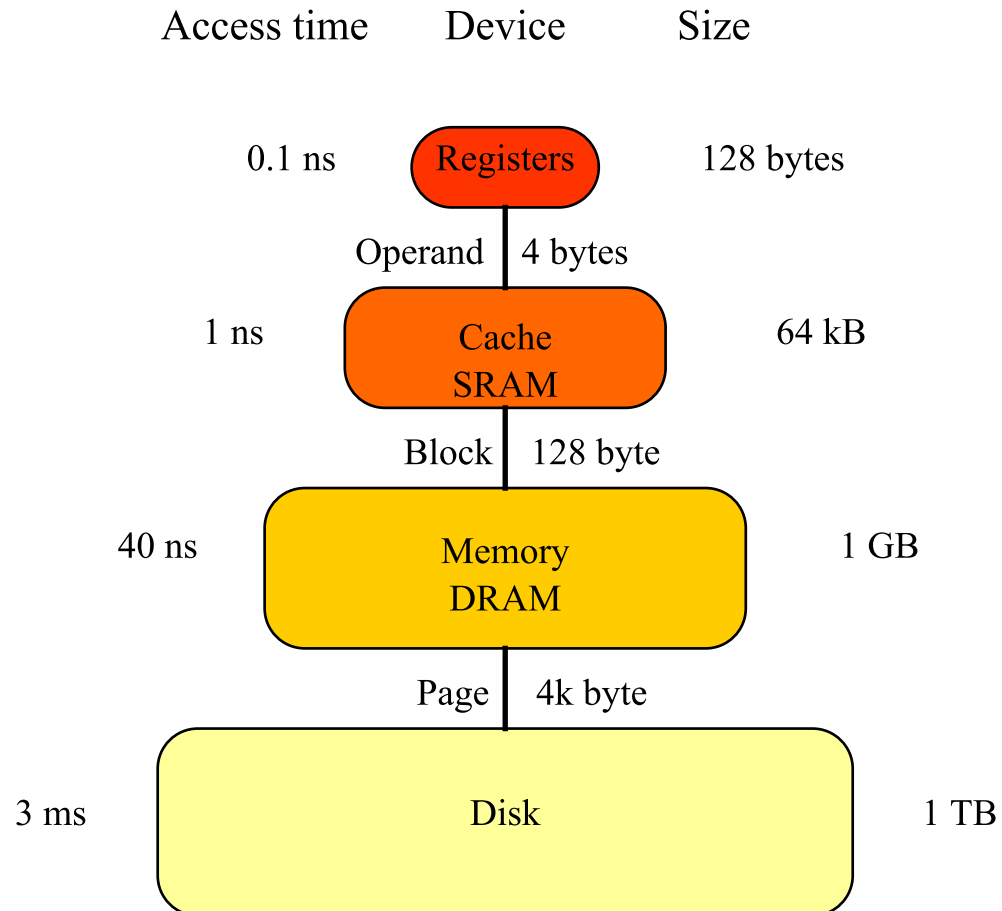
Pentium 4

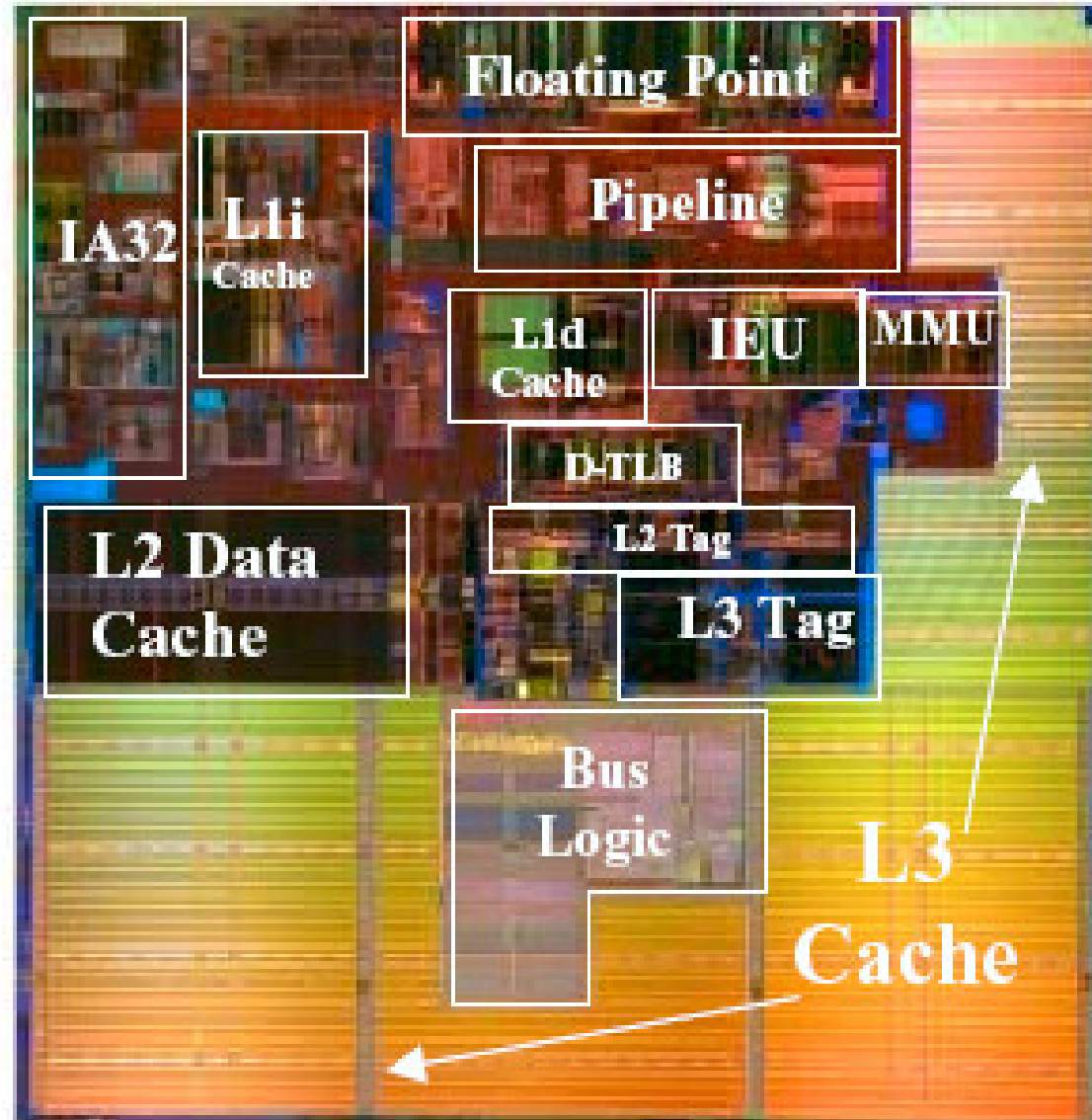
Processor-Memory Performance Gap





Memory hierarchy





Multi core machines

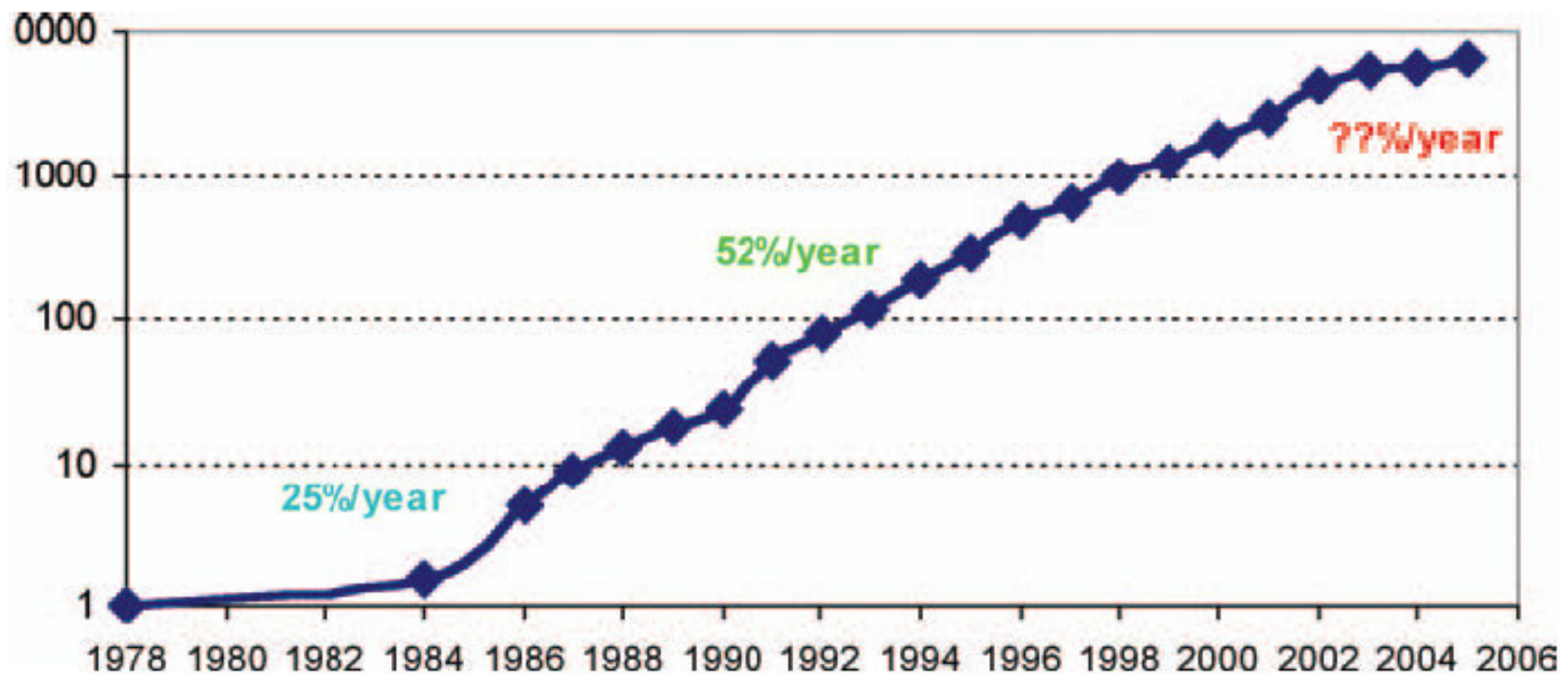
Manufacturer/Year	AMD/2005	Intel/2006	IBM/2004	Sun/2005
Processors/chip	2	2	2	8
Threads/Processor	1	2	2	4
Threads/Chip	2	4	4	32

The number of processors on a chip and number of hardware-supported threads per processor on current processors.

E6750 dual-core processor (Intel)



Toename prestaties van computers sinds 1978 t.o.v. VAX 11/780





Toekomstbeeld: Waar valt nog flink vooruitgang te boeken en waar niet?

- Beperkte vooruitgang (huidige) siliciumtechnologie door fysieke limitaties:
 - Kloksnelheid (lichtsnelheid)
 - Component-grootte gelimiteerd (b.v. enkele atomen)
- Beperkte verbeteringen bestaande architectuur
- Behoorlijke vooruitgang vermindering energieverbruik (door research t.b.v. draagbare apparatuur).
- Flinke vooruitgang: Parallelisme! Multi core

Snelste computer van Nederland in 2005

- ANP: 26-4-2005
- Minister van der Hoeven (Onderwijs) heeft dinsdag in Groningen de snelste computer van Europa officieel in gebruik gesteld. Het door IBM ontwikkelde systeem vormt het kloppend hart van het grootste sensornetwerk ter wereld (LOFAR), dat op dit moment in Noord-Nederland in ontwikkeling is (**15.000** kleine antennes).
- In totaal neemt de computer slechts 6 vierkante meter ruimte in beslag. **12.000** Processors staan garant voor een enorme rekenkracht van **27,4 biljoen** berekeningen per seconde.
- **27.400.000.000.000** berekeningen per seconde.

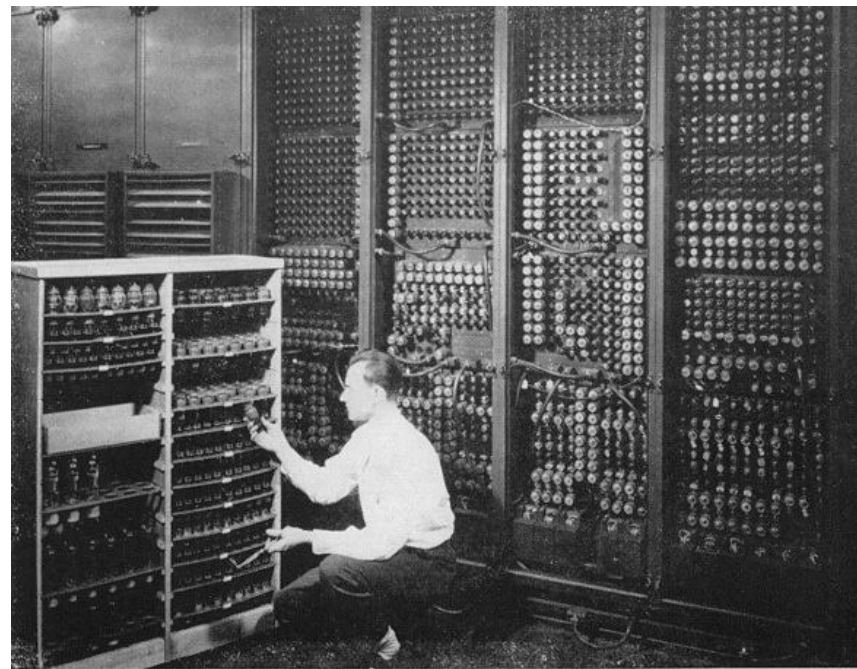


Toekomst

- **Algemeen wordt verondersteld dat de wet van Moore tot zeker 2020 doorgaat.**

Zo begon het

- ENIAC built in World War II was the first general purpose computer
 - Used for computing artillery firing tables
 - 80 feet long by 8.5 feet high and several feet wide
 - Each of the twenty 10 digit registers was 2 feet long
 - Used 19,000 vacuum tubes
 - Performed 1900 additions per second



Replacing a bad tube meant checking among ENIAC's 19,000 possibilities.



Programmeren van de ENIAC

