Corso di Programmazione Concorrente

anno accademico 2017-2018

Valter Crescenzi

crescenz@dia.uniroma3.it

http://crescenzi.inf.uniroma3.it

Informazioni Generali (I)

- Docente: Valter Crescenzi
- Email: *crescenz@dia.uniroma3.it*
- Web: *http://crescenzi.inf.uniroma3.it*
- Sito Web del Corso:

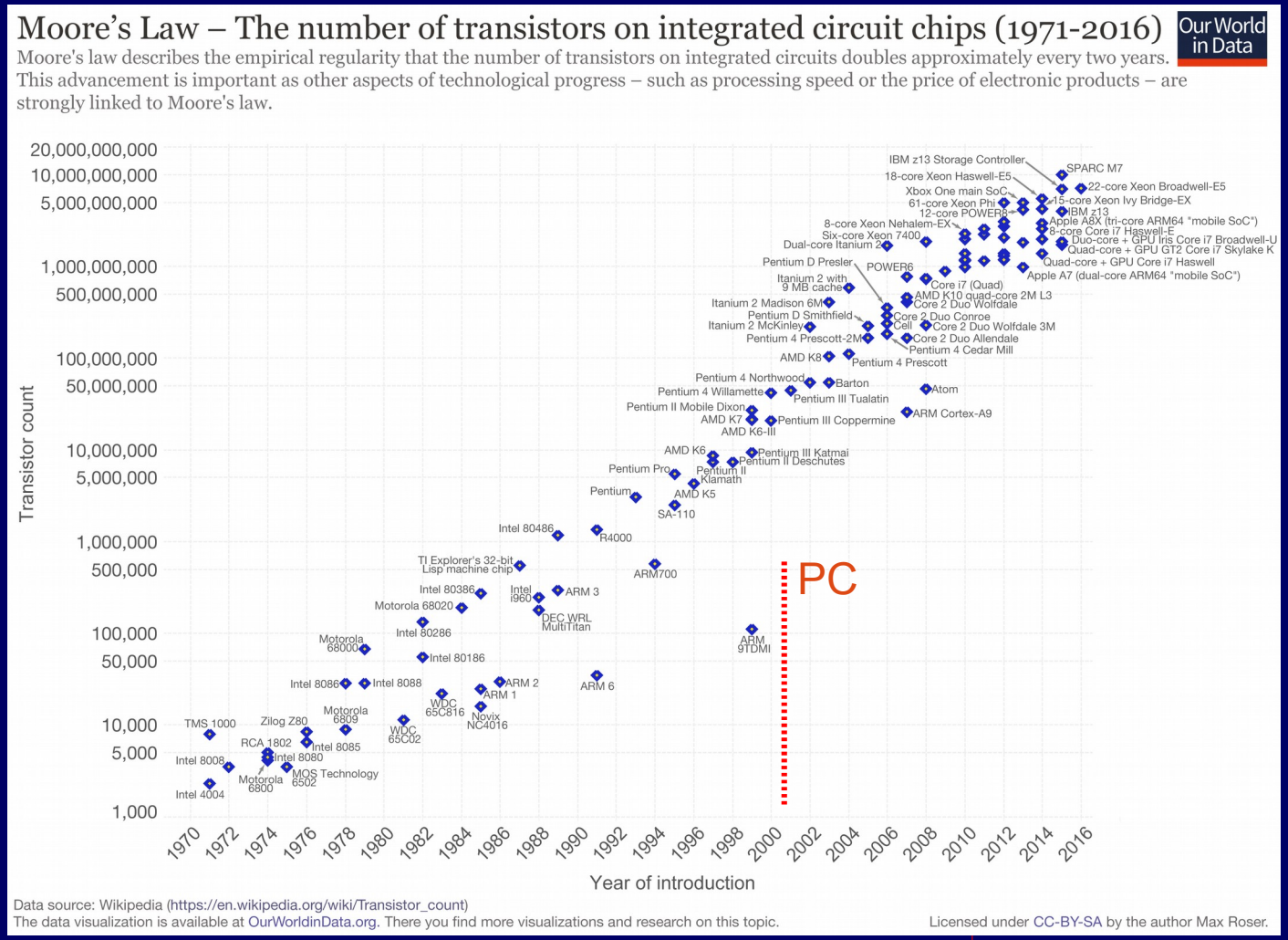
  http://crescenzi.inf.uniroma3.it/didattica/aa2017-2018/PC/index.html

- Orario di Ricevimento:
  - *lunedì alle 11:00 sino al primo appello, oppure previo appuntamento da fissare per email*
  - *durante il corso: anche a fine lezione*

Informazioni Generali (II)

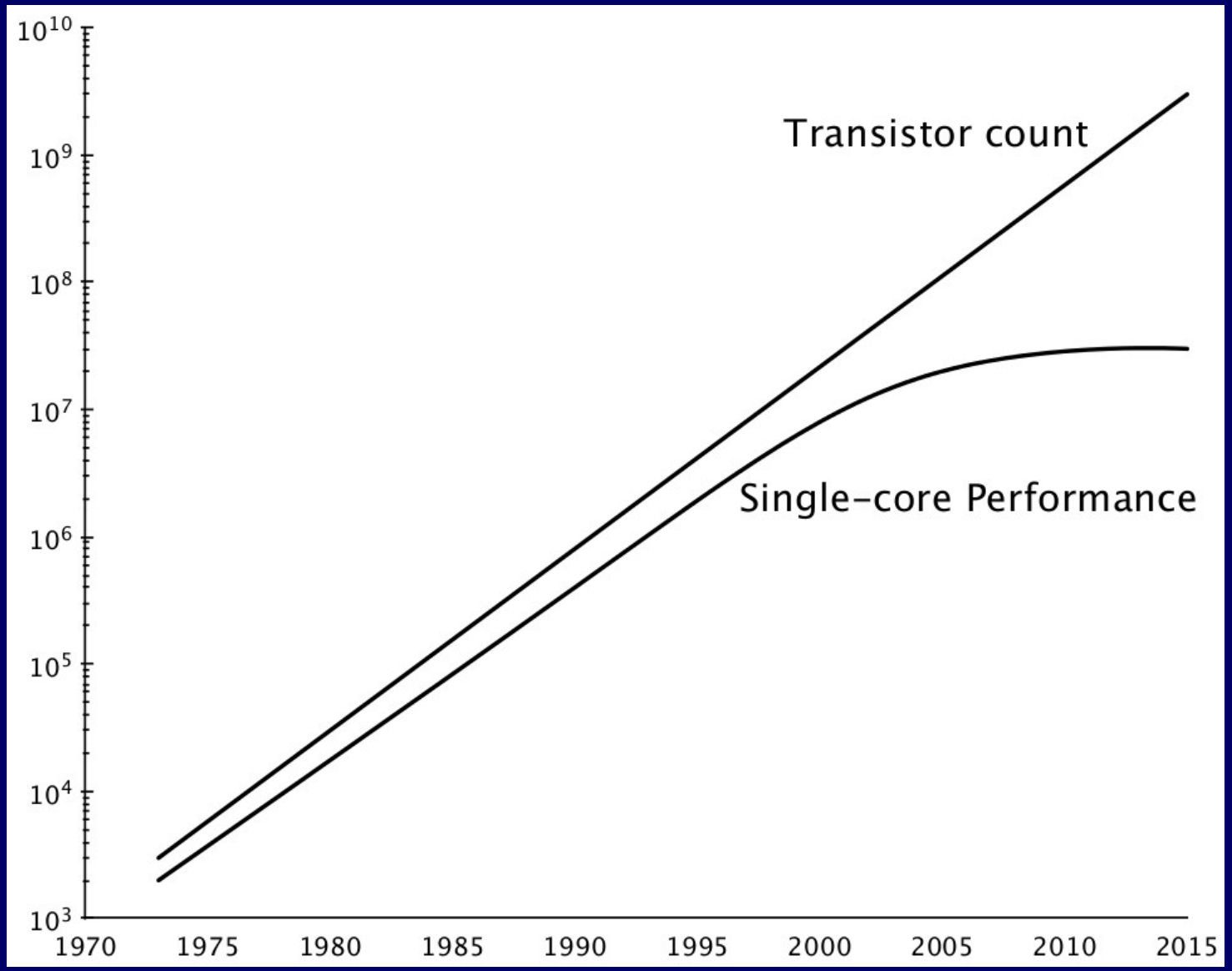
- Calendario:
  - Dal 2 ottobre 2017 al 19 gennaio 2018
  - Due lezioni a settimana: lunedì e venerdì
  - Talvolta dedicate a:
    - prove intermedie
    - esercitazioni
- Orario:
  - Martedì dalle 9:15
  - Venerdì dalle 9:15
- Aula:
  - DS3B

Legge di Moore*

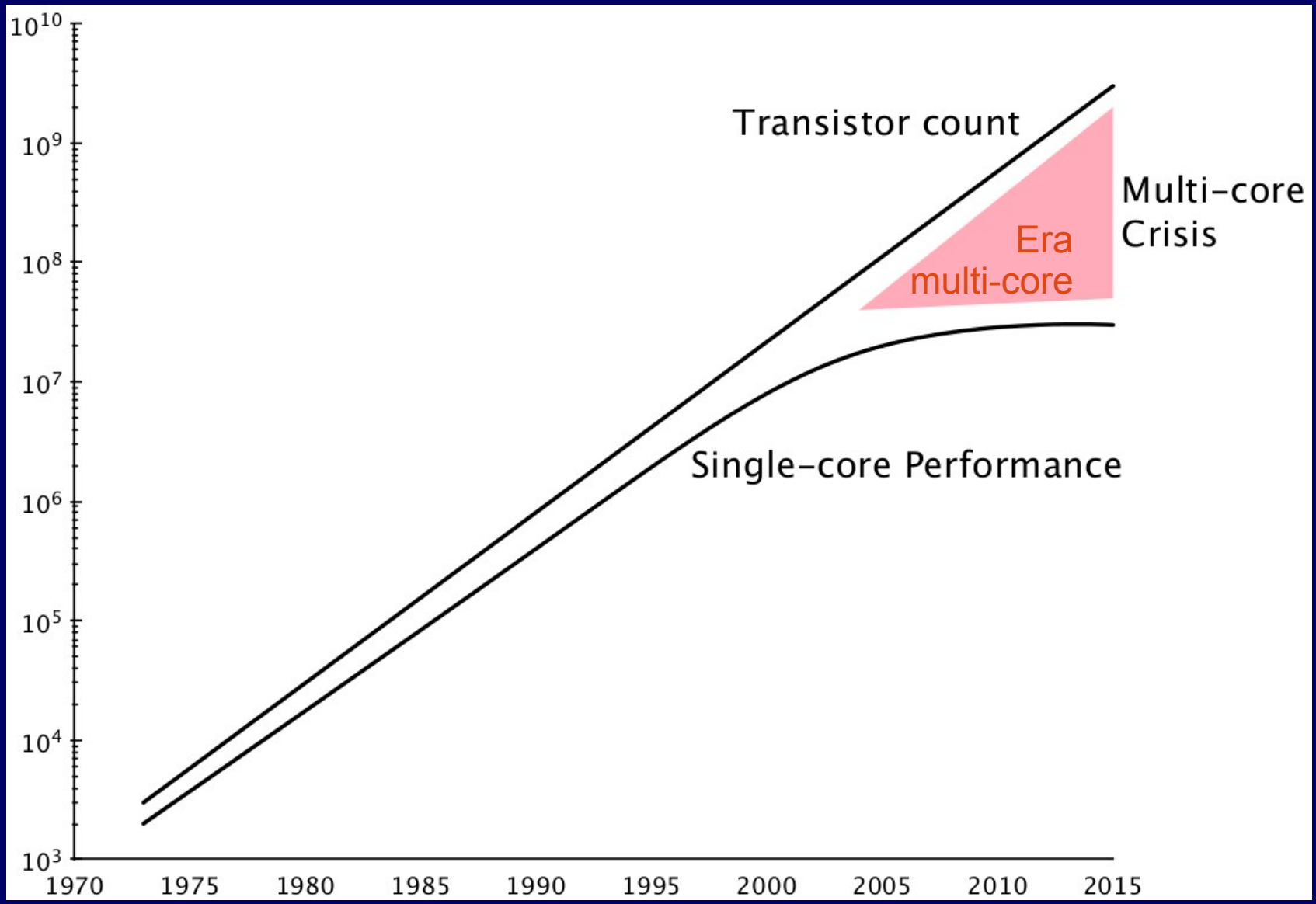


Il numero di transistor e le prestazioni di una CPU raddoppiano approssimativamente ogni due anni

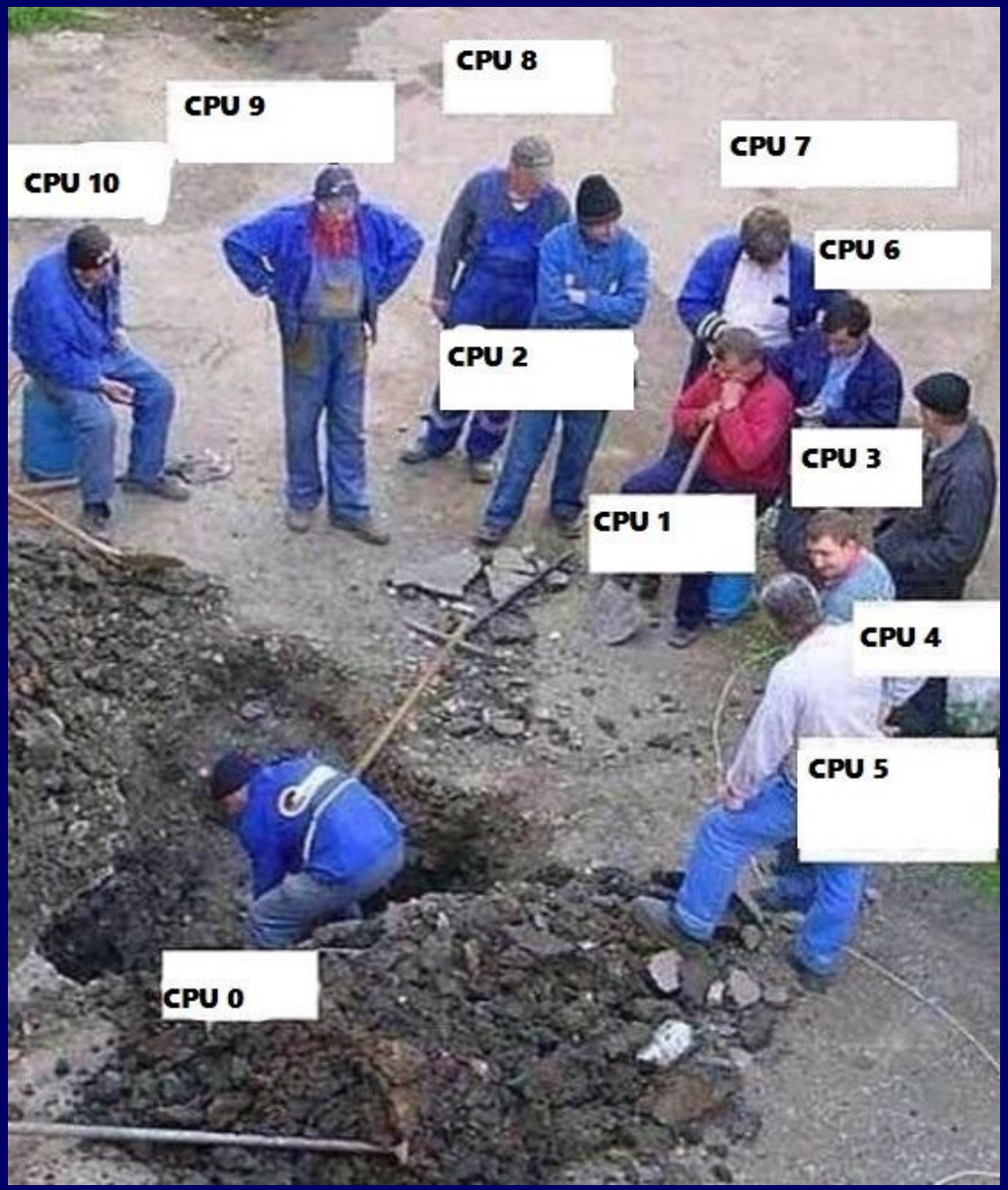
Fine Legge di Moore per Singolo Core



L'Era Multi-Core

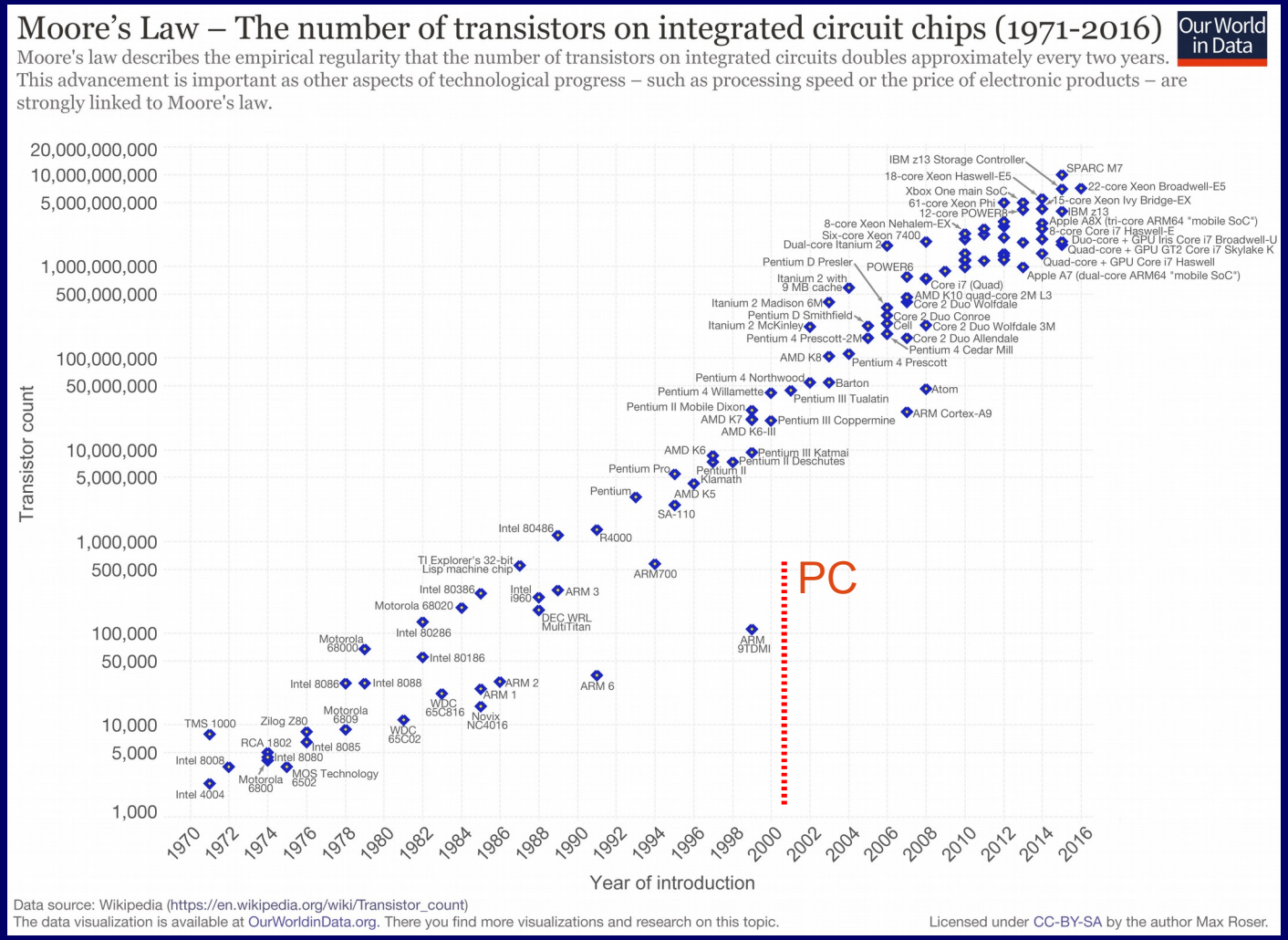


"Uno lavora e 10 guardano!"



- Eseguendo il vostro "vecchio" codice seriale sulle nuove architetture
- *Scommessa*: il problema è così rilevante che in futuro influenzerà la didattica dei primi anni dei CdS in Ingegneria Informatica

Legge di Moore Rivisitata*



Il numero di transistor inutilizzati raddoppia approssimativamente ogni due anni

Obiettivi Formativi

- Comprendere le problematiche della programmazione di attività concorrenti
- Utilizzare linguaggi di programmazione diffusi per la risoluzione di problemi concorrenti
- Individuare ed approfondire alcune promettenti linee di evoluzione delle tecnologie e delle metodologie che già stanno delineando i linguaggi di programmazione e le tendenze del futuro

Cosa Riusciremo a Fare? (I)

- Comprendere i principi e le tecniche per la programmazione di più esecutori che accedono concorrentemente risorse condivise
- Scrivere programmi concorrenti per sfruttare pienamente le potenzialità delle architetture multi-processore
- Concepire soluzioni pensate sin dal principio per scalare
  - su più processori (scale-up)
  - su più macchine (scale-out)

Cosa Riusciremo a Fare? (II)

- Applicare i concetti appresi nei contesti di più chiara ed immediata utilità applicativa
  - Applicazioni locali multi-thread e multi-processo
    - GUI
    - Calcolo parallelo
  - Applicazioni distribuite
    - multi-utente con accessi concorrenti a risorse condivise
    - con forti esigenze di scalabilità
  - Utilizzare librerie ad alto livello per la scrittura di applicazioni concorrenti
    - `java.util.concurrent`
    - Akka
    - Java 8 Stream & Future

    riuscendo ad apprezzare le motivazioni, ambiti applicativi, e scelte di progetto delle stesse

Cosa Riusciremo a Fare? (III)

- Apprezzare lo stato dell'arte nello studio delle problematiche inerenti la programmazione di esecutori concorrenti, tramite queste attività:
  - Studio di concetti, metodologie e tecnologie fondamentali
  - Studio dello stato dell'arte
    - non-blocking algorithms
    - framework per la decomposizione parallela
  - Vere e proprie “scommesse”:
    - Approcci alternativi
      - GPGPU programming – CUDA/OpenCV
      - Modelli di programmazione basati su attori – Akka
        - si stanno *già* diffondendo rapidissimamente
        - è difficile predirre il loro impatto nel lungo termine

Programma

- N.B. Sarà oggetto di piccoli raffinamenti ed aggiustamenti in corso d'opera perché lievemente *sovrabbondante* per 6 CFU
  - Fondamenti di Programmazione Concorrente
  - Processi e Thread in C sotto UNIX
    - PC in C sotto UNIX
  - Java Thread
    - Fondamenti
    - Librerie avanzate
  - Testing di codice concorrente
  - Decomposizione parallela (Framework Fork & Join)
    - Tecniche di work-stealing
  - Computazione Asincrone (Future e Stream da Java 8)
  - Modelli ad Attori (Akka in Java / Scala)
  - Algoritmi *non-blocking*
  - CUDA (GPGPU programming in C)

Fondamenti di Programmazione Concorrente

- F.d.E. sequenziali e paralleli
- Interferenza tra F.d.E.
- Condizioni di Bernstein
- Il Problema della Mutua Esclusione
- Semafori
- Stallo/Starvation/Fairness
- Assunzione di progresso finito
- Regioni Critiche
- Monitor
- Problemi Classici: Produttore / Consumatore, I Cinque Filosofi Mangiatori, il Barbiere Dormiente
- Elementi metodologici: tecniche di prog. concorrente

Processi & Thread

- Processi & Thread in C sotto UNIX
  - IPC in C sotto UNIX
- I Thread in Java
  - strumenti offerti dal linguaggio
  - aspetti metodologici
  - `java.util.concurrent`
  - lightweight execution framework
  - decomposizione parallela

Java Thread

- I Java Monitor
- Strumenti offerti dal linguaggio
- Aspetti metodologici
  - immutabilità, sincronizzazione, confinamento…
  - Work-stealing
- Aspetti tecnologici
  - il package java.util.concurrent (JSR 166)
    - come libreria che fornisce meccanismi classici per la prog. concorrente
    - Come Lightweight-Execution-Framework
    - supporto ad algoritmi non-blocking
    - studio dell'architettura e di alcune scelte progettuali caratterizzanti
  - Decomposizione Parallela ed il framework Fork/Join (JSR166y)
  - Java 8 Collections: *Stream*

Argomenti Avanzati

- Testing di applicazioni concorrenti
- Decomposizione Parallela
  e tecniche di Work -Stealing
- Modelli ad Attori
  - Akka
- Algoritmi *non-blocking*
- GPGPU programming (→ Franco Milicchio)
  - CUDA/OpenCV

Metodologia di Studio

- Si consiglia di seguire tutte le lezioni e di usufruire dei percorsi basati su homework (>>)
  - Se impossibilitati, almeno le prime 6 lezioni
- “Nucleo” di concetti fondamentali piccolo
  - riuscire ad applicarli in diversi contesti applicativi a vari livelli di astrazione niente affatto banale!
- Tesina ed homework saranno l’occasione per metterli in pratica

Homework

- Il corso prevede lo svolgimento di 4 homework
  - pubblicazione e scadenza prestabilite
  - possono essere utilizzati solo nel primo appello
  - sono destinati agli studenti che frequentano il corso
    - ma possono anche essere svolti da chi non segue le lezioni
- Durante l'orale si discutono gli hw, se svolti
  - **HWT**: Serie di quiz a risposta chiusa sulla teoria
  - **HWC**: In linguaggio C; suddiviso in due parti
    - **HWC1**: testing di una soluzione ad un problema classico
    - **HWC2**: risoluzione e testing di un problema di programmazione concorrente
  - **HWJ**: In linguaggio Java; risoluzione e testing di un problema di programmazione concorrente
  - **HWA**: In linguaggio Java/Scala; risoluzione e testing di un problema di programmazione concorrente con il modello ad attori

HWC1

Viene corretto e (auto)valutato, ma non considerato ai fini della valutazione finale. Necessario per HWC2.

Linguaggi di Programmazione

- C , è il linguaggio utilizzato per
  - IPC su singola macchina e su più macchine
  - esercitarsi sugli elementi di base della programmazione concorrente
  - enteragire con i servizi offerti da un S.O. UNIX
  - programmazione CUDA di GPGPU
- Java , è il linguaggio usato per
  - studiare la programmazione concorrente in un contesto orientato agli oggetti
  - indagare alcuni aspetti metodologici per la progettazione di applicazioni concorrenti
  - approfondire l'utilizzo di librerie di alto livello per la programmazione concorrente
  - approfondire alcune evoluzioni interessanti nella letteratura del settore
- Scala , è il linguaggio consigliato
  - per sviluppare tesine in Akka
  - paradigma misto PF-PO
  - per i più temerari e curiosi !

Modalità d'Esame (1)

- Per il *solo* primo appello:
  - *[Tesina] + Orale + HWT + [Altri Homework]*
- Per *tutti* gli altri appelli (di recupero):
  - *Tesina + Scritto + Orale*
- *Tutti* gli homework, tranne HWT, sono facoltativi*
  - HWT
  - [HWC]
  - [HWJ]
  - [HWA]

  *chi non svolge HWT deve fare anche lo scritto
- E' quindi possibile crearsi dei percorsi personalizzati:
  - Percorso *Esame Completo: Tesina + Scritto + Orale*
  - Percorso *HW*: *HWT + HWC + HWJ + [Tesina] + Orale*
  - Percorso *C*: *HWT + HWC + [Tesina] + Orale*
  - Percorso *J*: *HWT + HWJ + [HWA] + Orale*
  - Percorso *T*: *HWT + Orale*

Modalità d'Esame (2)

- Valutazione basata su 4 elementi
  - Esame orale
  - HWT
  - Esercizi/Homework di Programmazione (Opzionali)
    - Programmazione Concorrente in Java / Scala
    - Programmazione Concorrente in C
  - Tesina (Opzionale)
    - di approfondimento utilizzando Akka, CUDA/OpenCV
    - di introduzione ad un problema di ricerca che ammetta soluzioni concorrenti

Esame Orale

- *Disclaimer:*
  - nessun pregiudizio per chi si presenta all'orale soltanto con HWT
- Orale relativamente strutturato:
  - 4 domande che vertono rispettivamente:
    1. su uno dei quiz sbagliati ad HWT
    2. su HWC (oppure su tutto il programma se non è stato consegnato)
    3. su HWJ (oppure su tutto il programma se non è stato consegnato)
    4. *su tutto il programma*
  - Discussione sulla tesina, se consegnata

Time-Slicing

- il corso è stato pensato per offrire la massima
  - *flessibilità* nella scelta degli hw/tesine
  - *rigidità* sui tempi d'esame.
    - HWT è l'inizio di data certa
    - La verbalizzazione di febbraio è la fine di data certa
      - prima metà per chi *non* svolge alcuna tesina
      - seconda metà per chi svolge la tesina
    - a marzo tutti dobbiamo fare altro…

- NO! a tesine
  - sconfinate
  - interminabili
  - su qualsiasi argomento

- Facciamo variare gli hw, le tesine (anche il voto!) ma *non* il tempo che dedichiamo a questi **6** CFU

Tesine

- In gruppi di max 2 persone
  - *facoltative per il solo primo Appello*
  - *obbligatorie* in tutti gli altri appelli

- Alcune possibilità:
  - Usare Akka
    - un framework (Java/Scala) per la scrittura di codice concorrente scalabile
    - basata sul Modello ad Attori
    - specifiche concordate
  - Usare CUDA/OpenCV
    - GPGPU programming
  - Affrontare una tematica di ricerca

- Applicazioni con forti esigenze di scalabilità

Considerazioni Finali: Passato vs Futuro & Presente

- Il corso guarda sia al *Passato* sia al *Futuro*
  - Al passato: per far capire dove siamo arrivati, come, e perché
    - le tecnologie affrontate si usano massicciamente nel mondo del lavoro contemporaneo
      - ma spesso ben nascoste da vari strati di indirezione
      - o per piccole porzioni di progetti più ampi
  - Al futuro: si scommette sull'importanza di alcune tecnologie ancora non diffussissime ma in forte espansione

- Troppa poca attenzione al presente?
  - Le tecnologie "passano", i concetti sottostanti no
  - Scegliere *solo* sulla base della tecnologia presente significa
    - non aver considerato il passato
    - non aver scelto su cosa scommettere per il futuro...

Scegliere una sola risposta

- Sicuramente inserirò il corso nel pds
- Sicuramente NON inserirò il corso nel pds
- Devo ancora decidere, in quanto:
  - Sto valutando il carico di lavoro rispetto ai CFU
  - Orari scomodi per le mie esigenze; precisare:
    ……
    ……
  - Non sono abbastanza interessato agli argomenti trattati
  - Altro:……
    ……

Testi di Riferimento

- Maurice Herlihy, Nir Shavit
  The Art of Multi Processor Programming
  Morgan Kaufmann

- Paolo Ancilotti, Maurelio Boari.
  Programmazione concorrente e distribuita.
  Mc GrawHill

Testi di Riferimento

- Giuseppe Callegarin,
  Corso di Infomatica Generale vol. III.
  Edizioni CEDAM Padova.

Testi di Riferimento

- Peter A. Darnell, Philip E. Margolis.
  C Manuale di Programmazione.
  Seconda Ed. Mc GrawHill.
- Warren W. Gay,
  Linux Socket Programming by Example.
  Que.
- W. Richard Stevens
  UNIX Network Programming – Interprocess Communications.
  Seconda Ed. Prentice Hall.

Testi di Riferimento

- Raoul-Gabriel Urma, Mario Fusco, Alan Mycroft

  Java 8 in Action: Lambdas, Streams, and functional-style programming

  Manning
- Brian Goetz

  Java Concurrency in Practice

  Addison Wesley
- Doug Lea

  Concurrent Programming in Java

  Seconda Ed. Addison-Wesley
- Raymond Roestenburg, Rob Bakker, Rob Williams

  Akka 8 in Action

  Manning