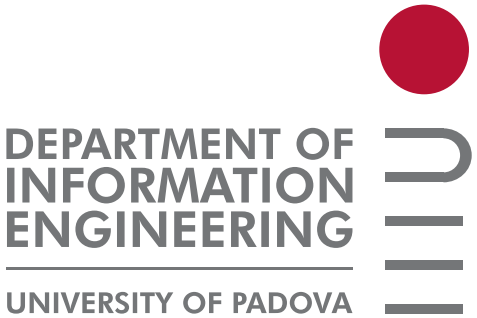
CELL, Linux e la PS3

150 GFLOPS in una scatoletta nera

Francesco Versaci

Montebelluna Linux User Group

15 novembre 2007 – Montebelluna



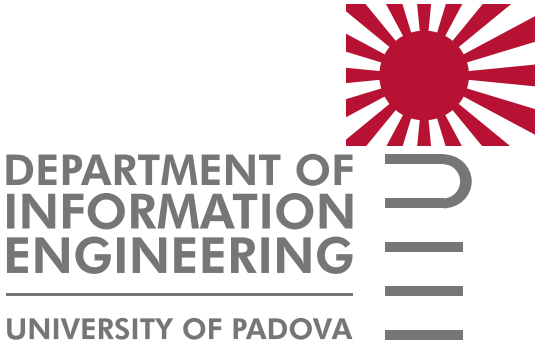
CELL, Linux e la PS3

150 GFLOPS in una scatoletta nera

Francesco Versaci

Montebelluna Linux User Group

15 novembre 2007 – Montebelluna



Licenza d'utilizzo

Copyright © 2007, Francesco Versaci.
Questo documento viene rilasciato secondo i termini della licenza Creative Commons (http://creativecommons.org).
L'utente è libero di:

> ***distribuire, comunicare al pubblico, rappresentare o esporre in pubblico la presente opera***

alle seguenti condizioni:

Attribuzione Deve riconoscere la paternità dell'opera all'autore originario.

Non commerciale Non può utilizzare quest'opera per scopi commerciali.

No opere derivate Non può alterare, trasformare o sviluppare quest'opera.

In occasione di ogni atto di riutilizzazione o distribuzione, deve chiarire agli altri i termini della licenza di quest'opera.
Se ottiene il permesso dal titolare del diritto d'autore, è possibile rinunciare a ciascuna di queste condizioni. Le utilizzazioni libere e gli altri diritti non sono in nessun modo limitati da quanto sopra. Questo è un riassunto in lingua corrente dei concetti chiave della licenza completa (codice legale), reperibile sul sito Internet
`http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/legalcode`

Sommario

1. CELL
   - CELL – Architettura
   - CELL - Programmazione
2. Linux e la PS3

Processori Tradizionali

Barriere

Memory Wall La banda fra il processore e la memoria è sempre piú un collo di bottiglia

Power Wall I processori sono ormai fortemente limitati dalla potenza che devono dissipare

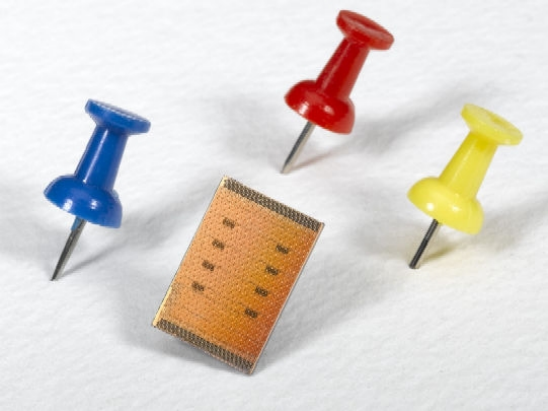
Tecniche di speedup

- Prefetch dei dati
- Branch prediction
- Speculative execution
- Out of Order execution
- Pipelining
- Multi Threading

Il Sony/Toshiba/IBM CELL Broadband Engine

Architettura

- Multicore disomogeneo
- 1 PPE (Power Processor)
- 8 SPE (Number Cruncher)
- EIB (Bus interno al processore)



Barriere

Potenza in SP Oltre 200 GFLOPS

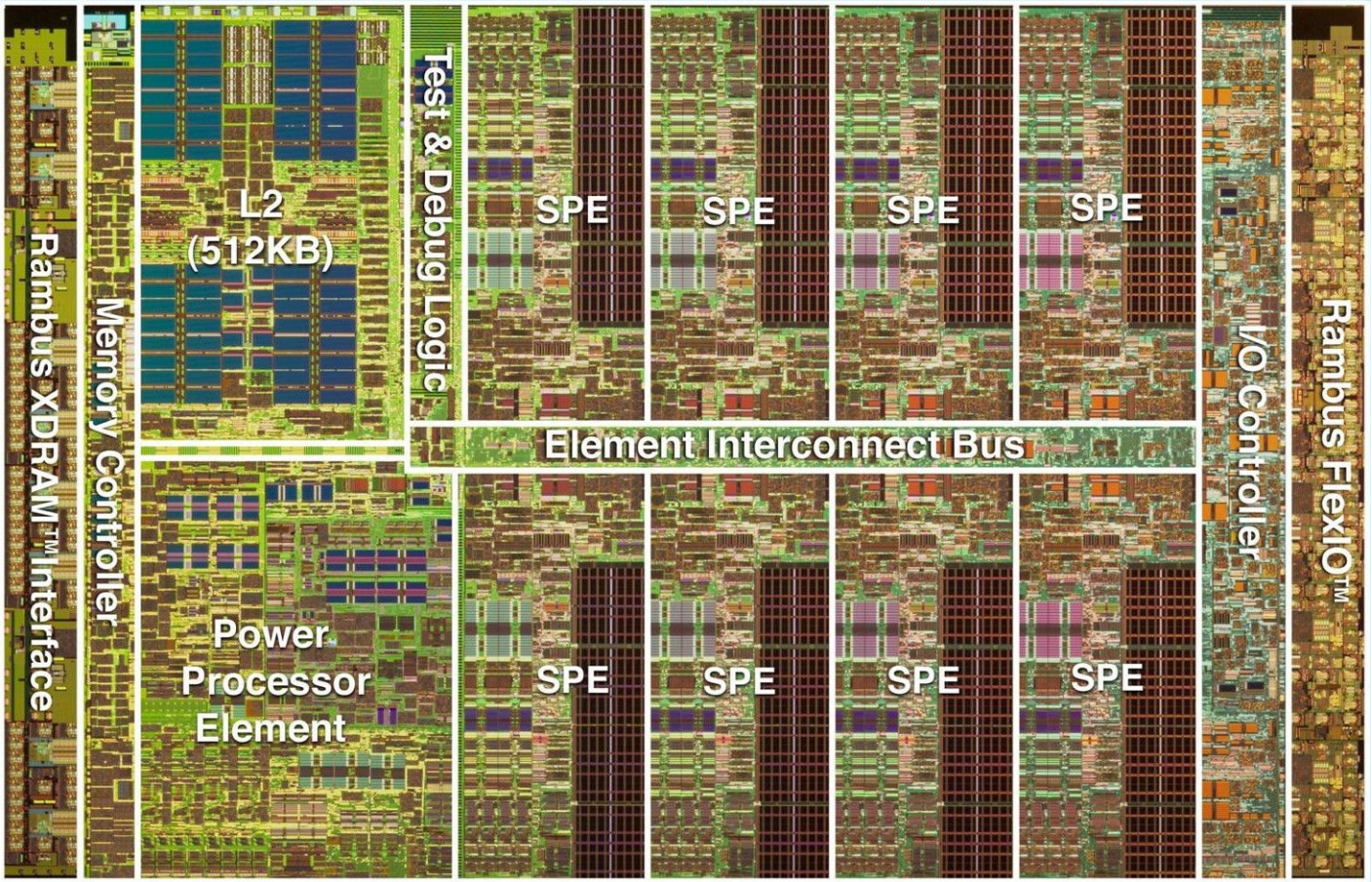
Potenza in DP Oltre 20 GFLOPS, 100 a breve

Banda interna Oltre 200 GB/s

Banda esterna $\sim$ 25 GB/s

Power Wall Distribuisce meglio la potenza all'interno del chip. Ideale anche per usi embedded

Panoramica del Chip

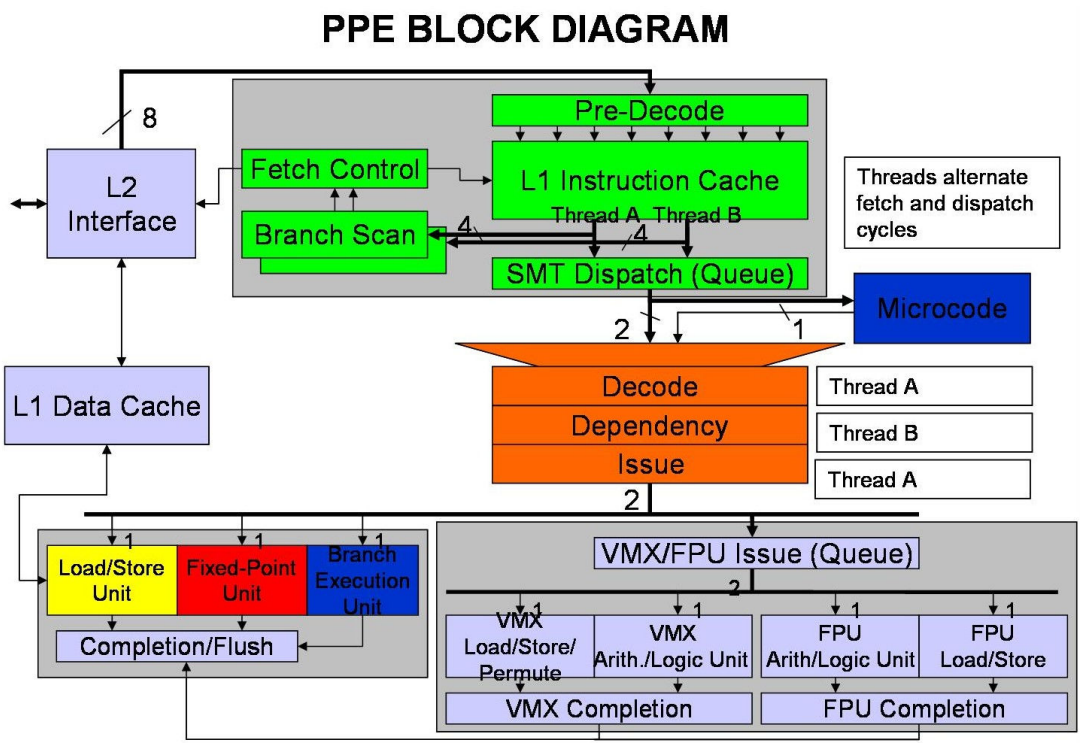


Il chip del CELL

PPE – Power Processor Element

Caratteristiche

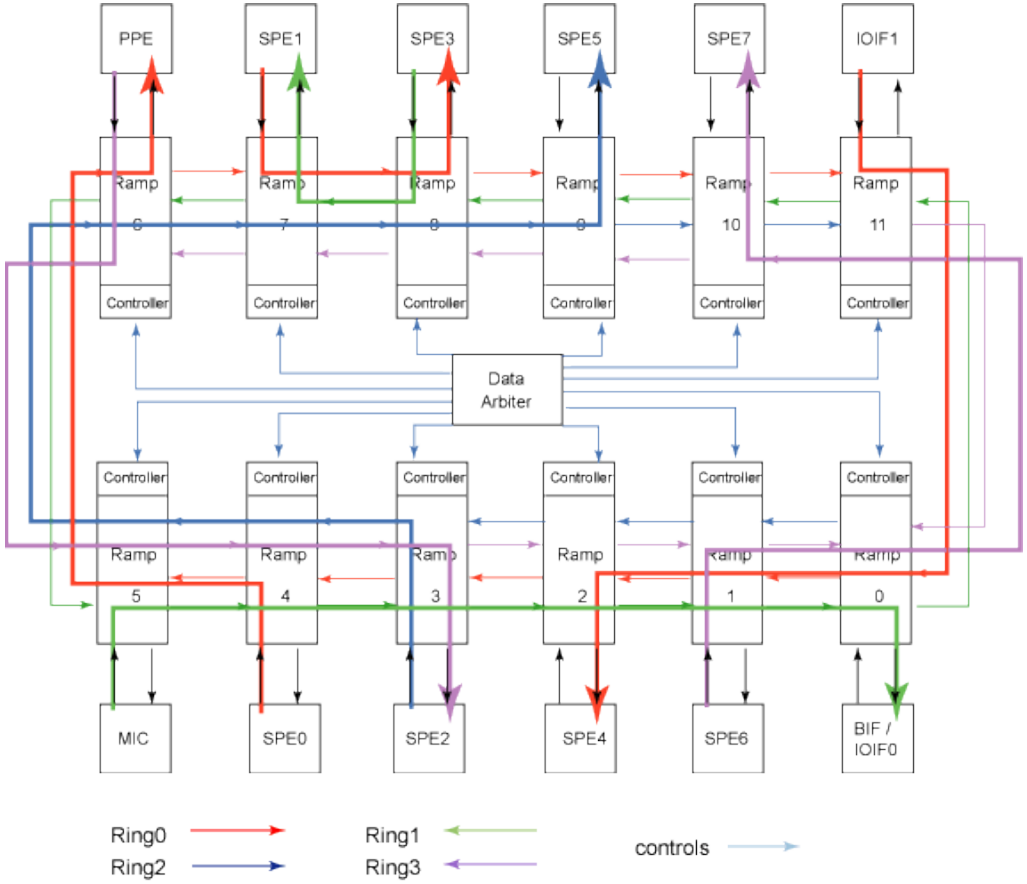
- PowerPC 970 con estensioni SIMD
- 64 bit
- Dual-threaded
- 32 KB L1 instruction cache
- 32 KB L1 data cache
- 512 KB L2 unified cache



EIB – Element Interconnect Bus

Caratteristiche

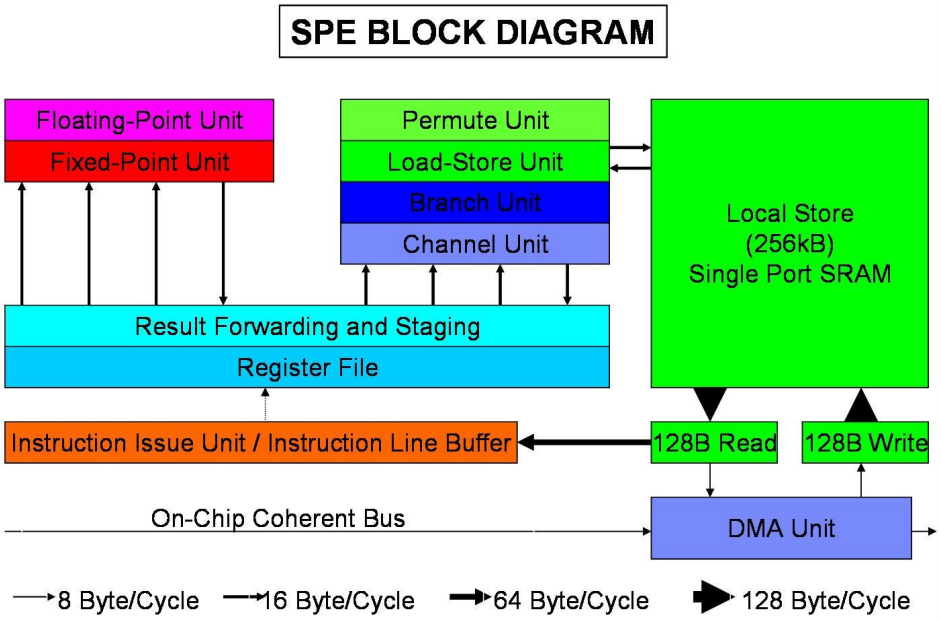
- Connette PPE, SPEs, MIC, IO channels
- Quattro anelli da 16-byte
- Oltre 200 GB/s di banda



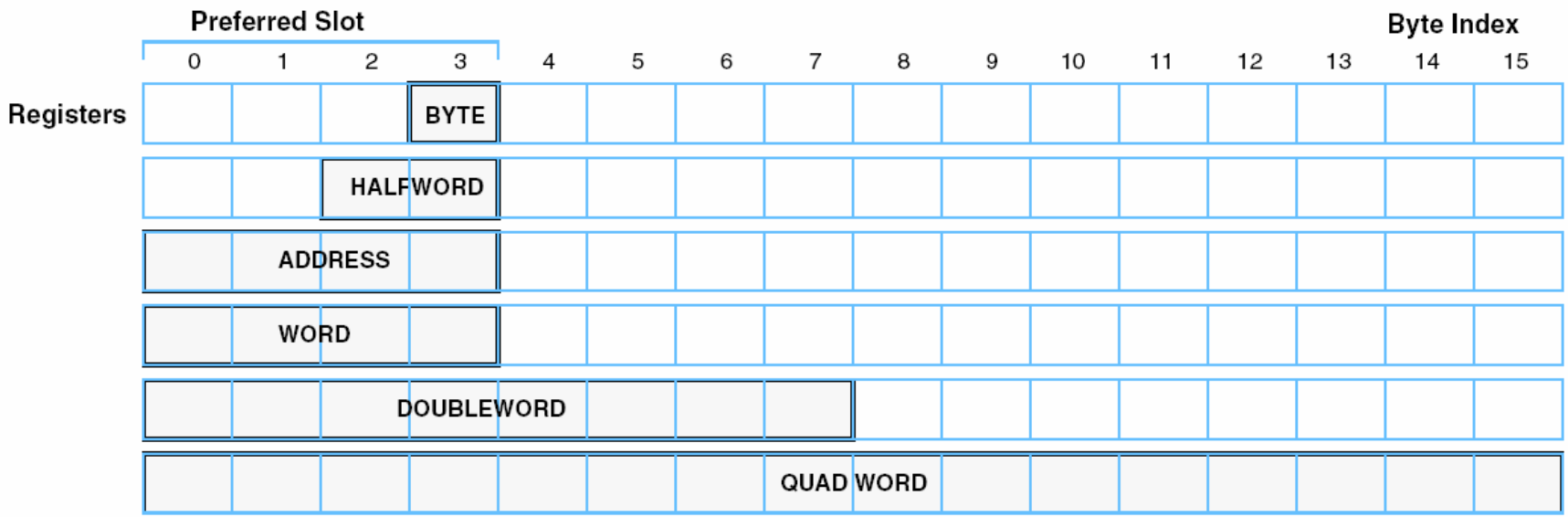
SPE – Synergistic Processor Element

Caratteristiche

- Processore SIMD specializzato
- Due pipeline concorrenti
- 128 registri da 128-bit
- 256 KB di Local Storage (LS)
- Legge/scrive solo dal proprio LS
- Il LS è sia per dati che per codice
- Per accedere a memoria e altri LS si usano chiamate DMA



Dati vettoriali



I registri vettoriali delle SPE

Istruzioni FP SIMD

Ecco un assaggio dell'ISA SPE

fa rt, ra, rb Somma i float in `ra` con quelli in `rb`. I risultati vengono messi in `rt`

fma rt, ra, rb, rc Multiply and add. `rt=ra*rb+rc`

fcgt rt, ra, rb Confronta i valori in `ra` con quelli in `rb`. Se un float in `ra` è maggiore del corrispondente in `rb`, la word corrisp. in `rt` is riempita con bit *uno*, altrimenti con bit *zero*

selb rt, ra, rb, rc Select bits. Il registro `rt` è riempito con bit dai registri `ra` e `rb`. I bit in `rc` sono usati per scegliere fra `ra` (0) e `rb` (1)

shufb rt, ra, rb, rc Shuffle bytes. Riempie `rt` con byte da `ra` (0-15) e `rb` (16-31). I byte in `rc` contengono il numero dei byte scelti (0-31)

Pipelines, latency and stall

Instruction	Pipeline	Latency	Stall
`fa`	0	6	0
`load`	1	6	0
`store`	1	6	0
`selb`	0	2	0
`shufb`	1	4	0
`gather`	1	4	0
`double-p op.`	0	13	6

Linguaggio C

Nuovi tipi di dati

Ci sono nuovi tipi di dati C/C++ per il CELL:

`vector float` 4 numeri FP a 32 bit

`vector double` 2 numeri FP a 64 bit

`vector unsigned char` 16 unsigned chars a 8 bit

`vector signed int` 4 signed word a 32 bit

`vector unsigned long long` 2 unsigned doubleword a 64 bit

Intrinsics

Ci sono nuove istruzioni C/C++ che mappano quelle assembly:

`spu_fa` somma FP `vector float`

Tecniche di ottimizzazione

Suggerimenti

Branch I branch non sono efficienti. Provare ad evitarli. Alcune volte è piú veloce calcolare entrambi i branch e scegliere il risultato corretto alla fine

Loop unrolling Diminuisce i branch e permette l'utilizzo di piú registri, aggirando le latenze delle istruzioni

Multibuffering Usando due o piú buffer si possono sovrapporre i trasferimenti DMA e i calcoli

Pipeline Il codice dovrebbe essere riordinato per alternare istruzioni in pipeline 0 e 1 (lo fa il compilatore :)

Considerazione sul CELL

Pro

- Enorme potenza di calcolo

Contro

- Un inferno da programmare...
- ...finché non ci sarà maggiore supporto da parte di compilatori e librerie

Linux e la PS3

1. CELL
   - CELL – Architettura
   - CELL - Programmazione
2. Linux e la PS3

Supporto Linux per il CELL

SPUFS

- Montato in `/spu`
- Fornisce un'interfaccia low level alle SPE
- Mappa i LS
- Consente la creazione di thread

LibSPE

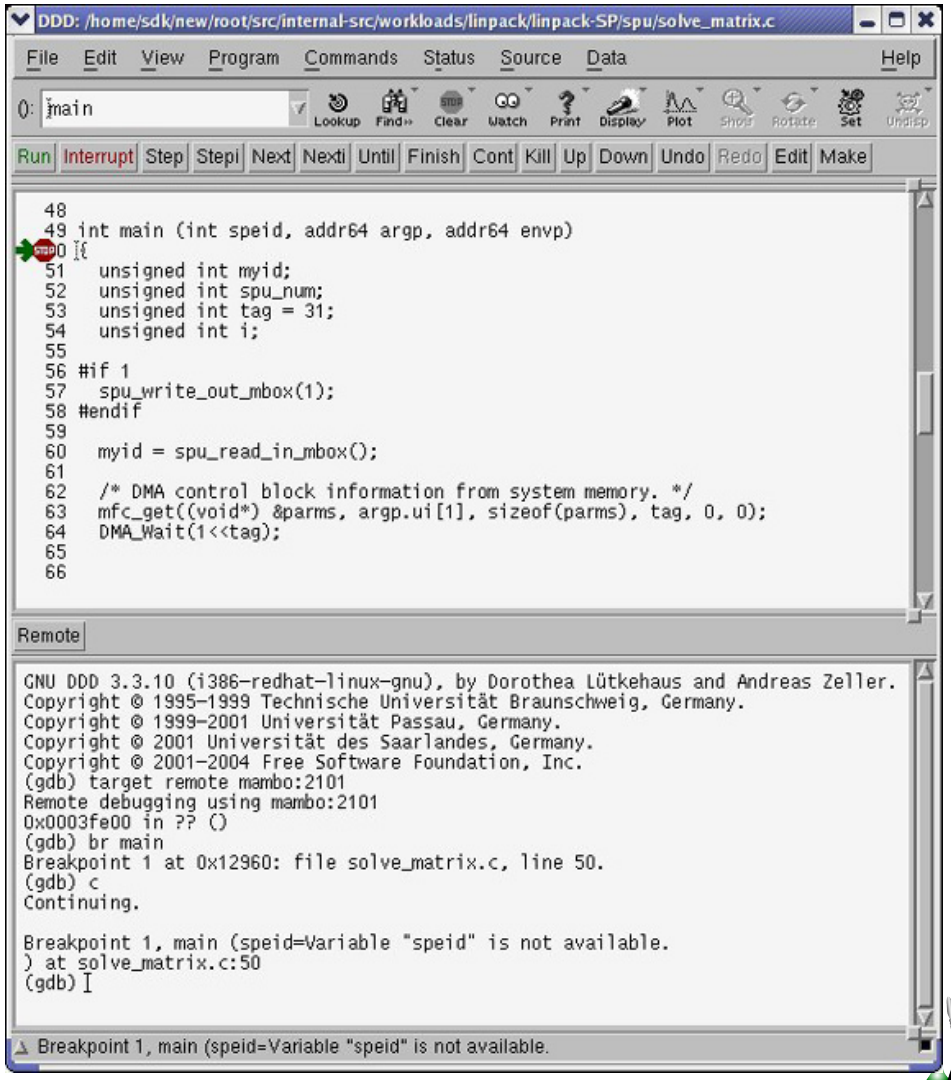
- Libreria high level
- Carica i binari nelle SPE
- Pemette la gestione e sincronizzazione dei thread sulle SPE

```
[root@ps3 ~]# cat /proc/cpuinfo
processor       : 0
cpu             : Cell Broadband Engine, altivec supported
clock           : 3192.000000MHz
revision        : 5.1 (pvr 0070 0501)

processor       : 1
cpu             : Cell Broadband Engine, altivec supported
clock           : 3192.000000MHz
revision        : 5.1 (pvr 0070 0501)

timebase        : 79800000
platform        : PS3
```

L'SDK 3

Caratteristiche

- GNU GCC C/C++/Fortran compiler
- IBM XL C/C++/Fortran compiler
- Eclipse IDE
- GDB
- Un po' di BLAS
- Sotto attivo sviluppo



La PlayStation 3

Hardware

- CELL Processor (1 PPE+ 7 SPE)
- 256 MB XDR
- GPU NVIDIA con 256 MB
- Gigabit Ethernet
- HDD da 40/60 GB
- Blu-ray Disc
- USB 2.0
- IEEE 802.11b/g Wi-Fi
- HDMI 1.3a

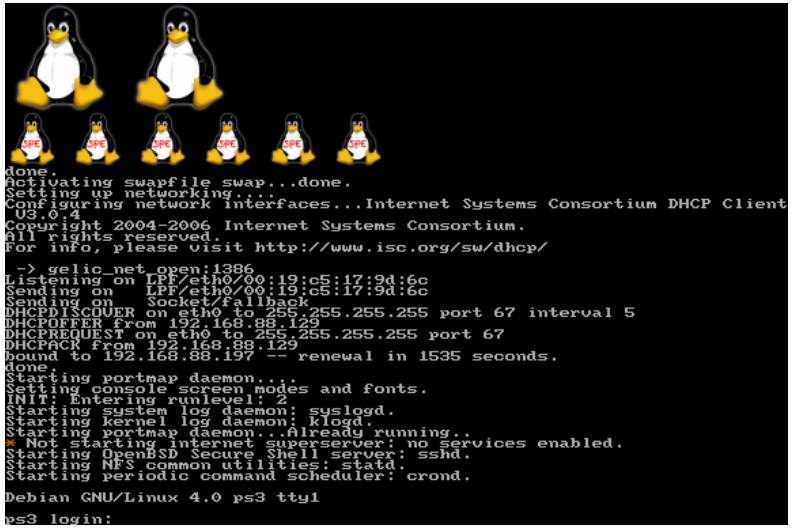
Linux sulla PS3

Hardware

- 6 SPE utilizzabili
- Layer di astrazione
- 600 Mb/s di banda ethernet effettiva
- Accelerezione 3D non disponibile

Software

- Diverse distro, anche live (Debian, FC7, . . .)
- FC7 ufficialmente supportata da IBM
- SDK, librerie, compilatori



Debian su PS3

Letture consigliate per approfondire...

- IBM Developers
  Documentazione e SDK
  http://www.ibm.com/developerworks/power/cell/

- Wikipedia
  Cell BE
  http://en.wikipedia.org/wiki/Cell_microprocessor