ARQO

Memoria Práctica 3

Roberto Martín Alonso

Diego Forte Jara

Pareja 11

ÍNDICE

Aclaraciones previas:

La práctica actual se va a desarrollar haciendo uso del subsistema de Windows para Linux (WSL), con las siguientes especificaciones:

```
(base) tugfa123@AmogOS:~$ lscpu
Architecture:            x86_64
  CPU op-mode(s):        32-bit, 64-bit
  Address sizes:         48 bits physical, 48 bits virtual
  Byte Order:            Little Endian
CPU(s):                  16
  On-line CPU(s) list:   0-15
Vendor ID:               AuthenticAMD
  Model name:            AMD Ryzen 7 3700X 8-Core Processor
    CPU family:          23
    Model:               113
    Thread(s) per core:  2
    Core(s) per socket:  8
    Socket(s):           1
    Stepping:            0
    BogoMIPS:            8400.03
    Flags:               fpu vme de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov pat pse36 clflush mmx fxsr sse ss
                         e2 ht syscall nx mmxext fxsr_opt pdpe1gb rdtscp lm constant_tsc rep_good nopl tsc_reliable nons
                         top_tsc cpuid extd_apicid pni pclmulqdq ssse3 fma cx16 sse4_1 sse4_2 movbe popcnt aes xsave avx
                          f16c rdrand hypervisor lahf_lm cmp_legacy svm cr8_legacy abm sse4a misalignsse 3dnowprefetch o
                         svw topoext perfctr_core ssbd ibpb stibp vmmcall fsgsbase bmi1 avx2 smep bmi2 rdseed adx smap c
                         lflushopt clwb sha_ni xsaveopt xsavec xgetbv1 clzero xsaveerptr arat npt nrip_save tsc_scale vm
                         cb_clean flushbyasid decodeassists pausefilter pfthreshold v_vmsave_vmload umip rdpid
Virtualization features:
  Virtualization:        AMD-V
  Hypervisor vendor:     Microsoft
  Virtualization type:   full
Caches (sum of all):
  L1d:                   256 KiB (8 instances)
  L1i:                   256 KiB (8 instances)
  L2:                    4 MiB (8 instances)
  L3:                    16 MiB (1 instance)
Vulnerabilities:
  Gather data sampling:  Not affected
  Itlb multihit:         Not affected
  L1tf:                  Not affected
  Mds:                   Not affected
  Meltdown:              Not affected
  Mmio stale data:       Not affected
  Retbleed:              Mitigation; untrained return thunk; SMT enabled with STIBP protection
  Spec rstack overflow:  Mitigation; safe RET
  Spec store bypass:     Mitigation; Speculative Store Bypass disabled via prctl and seccomp
  Spectre v1:            Mitigation; usercopy/swapgs barriers and __user pointer sanitization
  Spectre v2:            Mitigation; Retpolines, IBPB conditional, STIBP always-on, RSB filling, PBRSB-eIBRS Not affecte
                         d
  Srbds:                 Not affected
  Tsx async abort:       Not affected
```

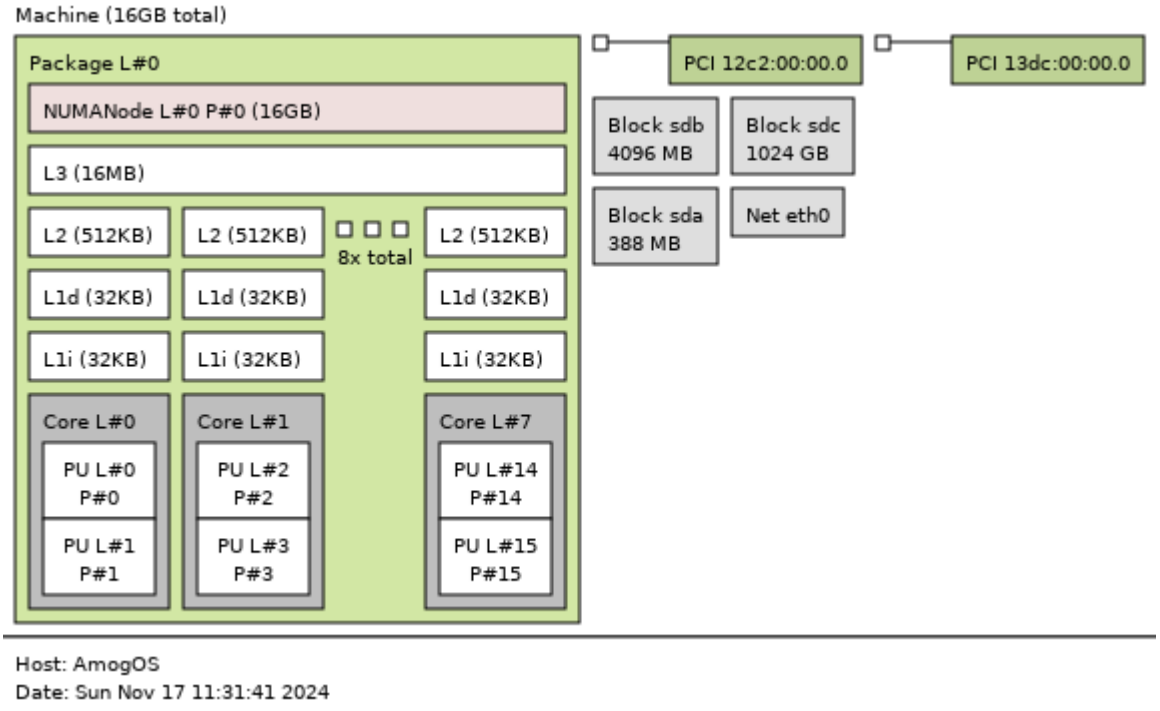
Los ficheros entregados están distribuidos de la siguiente forma:

- En el directorio “Codigo” están todos los ficheros fuente base de los programas desarrollados en la práctica, ficheros .c, .h y makefile.
- En los directorios Ex (Donde x es el número de ejercicio) se encuentran los ficheros .c, .dat, .png y los scripts correspondientes a cada ejercicio. **Para ejecutar un script se debe pasar dicho script al interior del directorio “Codigo” junto a los ficheros .c (solo aplica para los ejercicios 4 y 5)**
- En el directorio “Docs” se encuentra la memoria de la práctica.

Ejercicio 1: Información sobre la caché del sistema

Tras ejecutar los comandos `getconf -a | grep -i cache` y `lstopo` tal y como se pide en el enunciado se obtienen los siguientes resultados:

```
(base) tugfa123@AmogOS:~/Practicas/Practicas_ARQO/P3$ getconf -a | grep -i cache
LEVEL1_ICACHE_SIZE                 32768
LEVEL1_ICACHE_ASSOC
LEVEL1_ICACHE_LINESIZE             64
LEVEL1_DCACHE_SIZE                 32768
LEVEL1_DCACHE_ASSOC                8
LEVEL1_DCACHE_LINESIZE             64
LEVEL2_CACHE_SIZE                  524288
LEVEL2_CACHE_ASSOC                 8
LEVEL2_CACHE_LINESIZE              64
LEVEL3_CACHE_SIZE                  33554432
LEVEL3_CACHE_ASSOC                 0
LEVEL3_CACHE_LINESIZE              64
LEVEL4_CACHE_SIZE
LEVEL4_CACHE_ASSOC
LEVEL4_CACHE_LINESIZE
```



Se observa que los valores para la cache L3 mostrados por `getconf -a | grep -i cache` y `lstopo` no coinciden, lo cual es esperable ya que se está ejecutando en una máquina virtual.

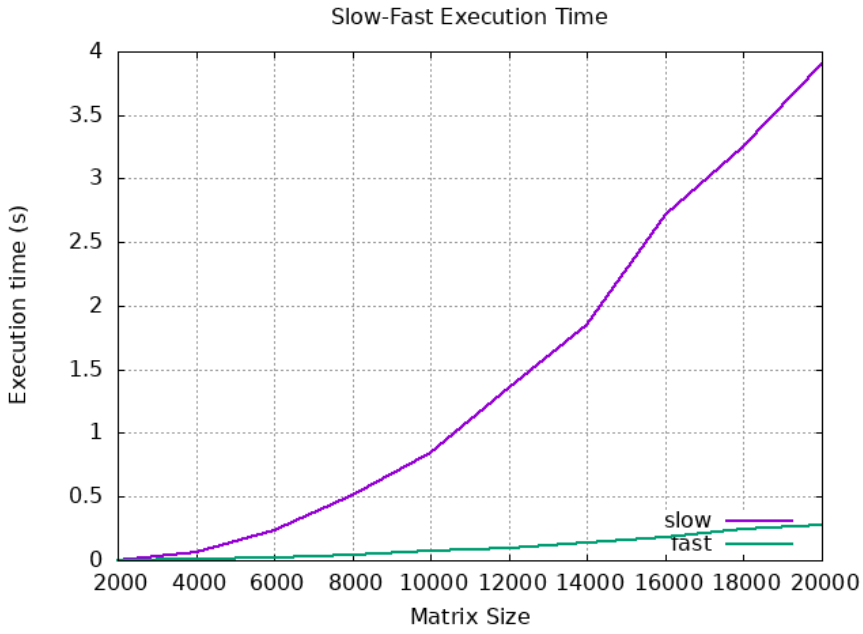
Ejercicio 2: Memoria caché y rendimiento

1- Para la realización de este apartado se crea un script bash, a partir del script suministrado de partida. Este script se llama "script_ej2.sh" y realiza de forma intercalada la ejecución de slow y fast tal y como se pide en el enunciado.

2- Hay que realizar múltiples veces la toma de medidas para cada programa y tamaño de matriz debido a que en cada ejecución los tiempos varían, lo que provoca anomalías en las gráficas generadas. Para mitigar este efecto se realizan varias medidas en cada tamaño de matriz y se hace la media.

3- El script "script_ej2.sh" genera automáticamente el fichero "time_slow_fast.dat" en el formato pedido, el cual se adjunta en los ficheros entregados.

4- El script "script_ej2.sh" genera automáticamente el fichero "time_slow_fast.dat", el cual se adjunta en los ficheros entregados y se muestra a continuación:



Como puede apreciarse en la imagen, no hay picos anómalos, esto es debido a la ejecución reiterada de los programas slow y fast para cada tamaño de matriz y el posterior cálculo de su media.

5-

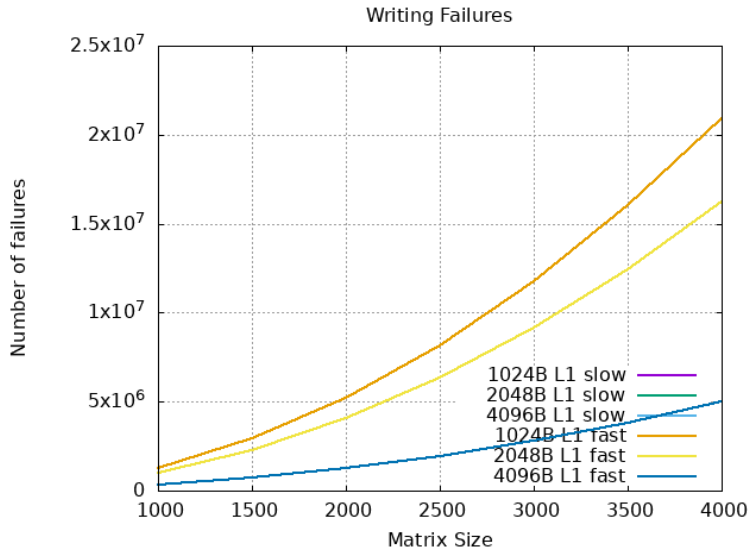
5a-Para matrices pequeñas el tiempo de cálculo es insignificante, por lo que la diferencia de tiempos es mínima. Cuando estos tamaños empiezan a crecer empieza a tomar relevancia el tiempo de cálculo y los datos empiezan a divergir. Esto es debido a que el programa fast hace las sumas de los elementos por filas y slow por columnas.
5b-La matriz se guarda en memoria por filas ya que la memoria es un array unidimensional.
5c- El tamaño máximo de matriz que cabe en la caché L1, siendo esta de 32768 bytes y la arquitectura del procesador de 64 bits y cada double ocupa 8 bytes:

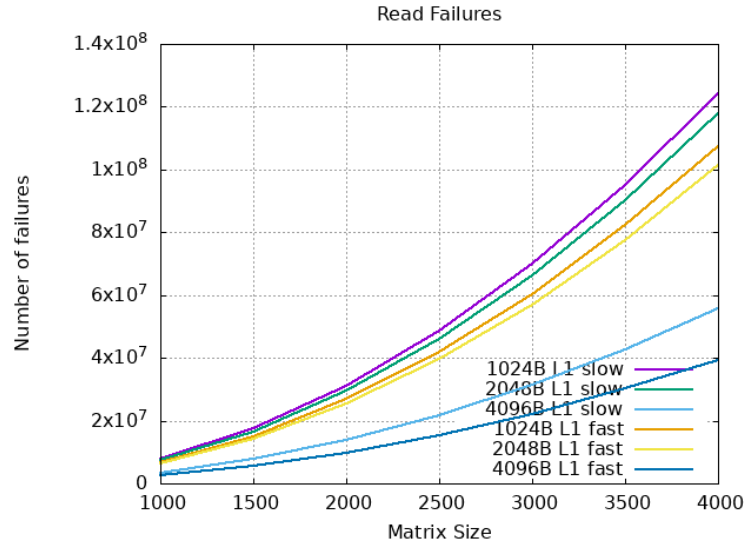
32768 bytes / 8 bytes/elemento = 4096 elementos

Haciendo su raíz cuadrada para obtener la dimensión de la matriz se obtiene que la dimensión máxima de la matriz es de 64.

Ejercicio 3: Tamaño de la caché y rendimiento

3.1, 3.2, 3.3- Se crea un script llamado “script_ej3.sh” con los requisitos pedidos y se incluye junto con los ficheros de datos .dat y las imágenes de las gráficas en la entrega de la práctica. Después de ejecutar el script las gráficas que se obtienen son las siguientes:





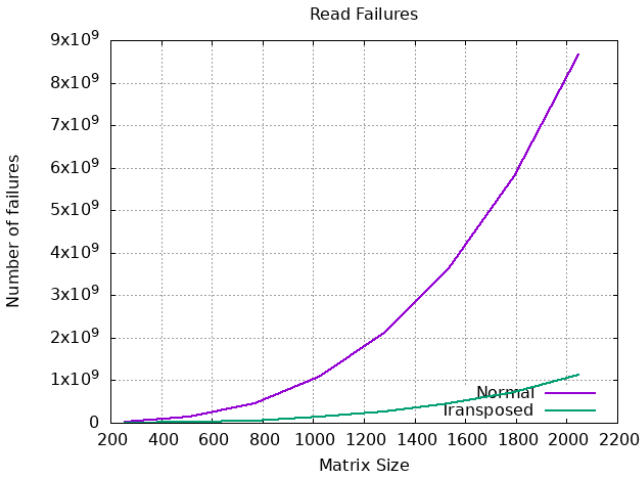
3.4a- Tanto para el programa slow como para fast se observan cambios al variar los tamaños de caché. Se puede apreciar que cuanto mayor es el tamaño de la caché L1 menor es el número de fallos en ambos programas.

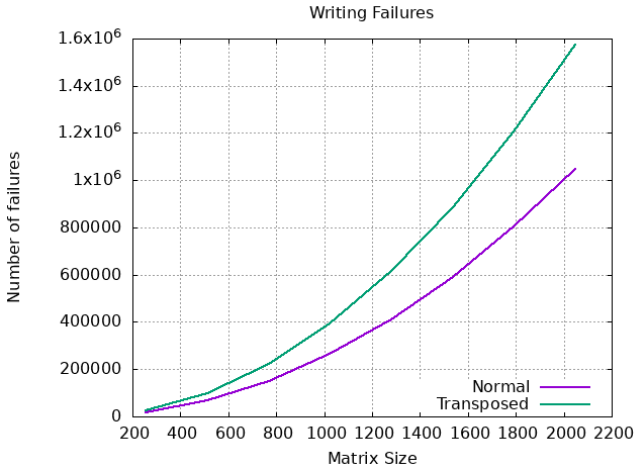
3.4b- Si se fija un tamaño de caché concreto se observa que el número de fallos de lectura en fast para un tamaño de caché dada es siempre menor que los fallos de lectura de slow. Esto se debe a al no encontrarse un dato en la caché, se trae a ésta el bloque que lo contiene y por el principio de localidad en este bloque se encontrarán datos que se usarán posteriormente por lo que el programa fast puede aprovecharse de esto y producir menos fallos de caché (se recuerda que el programa fast suma los elementos por filas en lugar de por columnas)

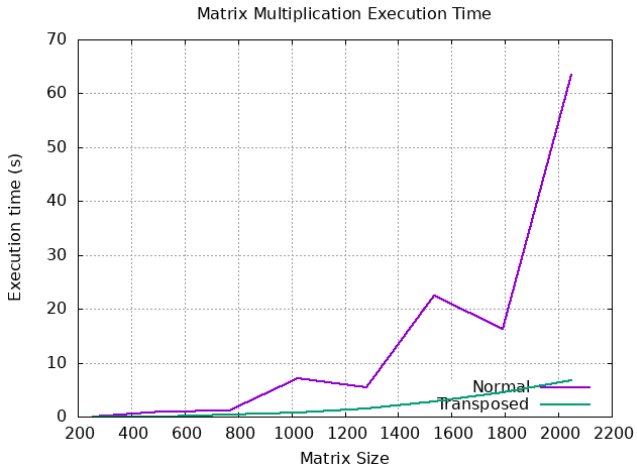
En lo que respecta a los fallos de escritura, el número de fallos de slow y fast para un tamaño de caché L1 es el mismo debido a que estos se guardan en memoria de forma idéntica en ambos programas.

Ejercicio 4: Caché y multiplicación de matrices

4.1, 4.2, 4.3, 4.4- Se crea un script llamado “script_ej4.sh” con los requisitos pedidos y se incluye junto con los ficheros de datos .dat y las imágenes de las gráficas en la entrega de la práctica. Después de ejecutar el script las gráficas que se obtienen son las siguientes:







4.5- Al variar los tamaños de las matrices se observa que:

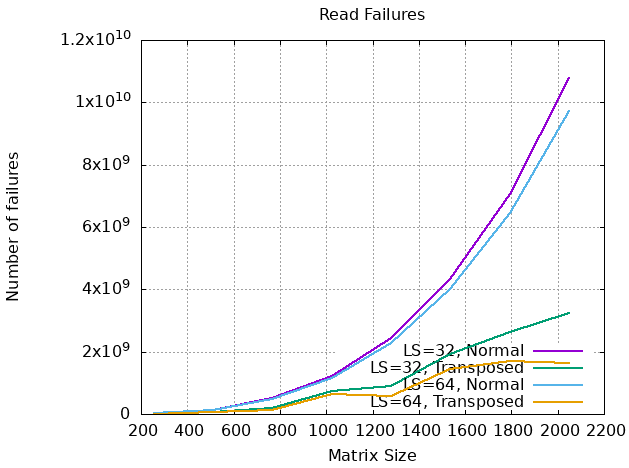
Fallos de lectura: El programa que realiza la multiplicación de matrices normal tiene más fallos de lectura cuando se aumenta el tamaño de la matriz que el que realiza la multiplicación con la traspuesta. Esto se debe a la forma en la que se accede a la matriz al realizar la multiplicación (acceso por filas en lugar de columnas, aprovecha la localidad espacial de la memoria), tal y como sucedía en el ejercicio 2.

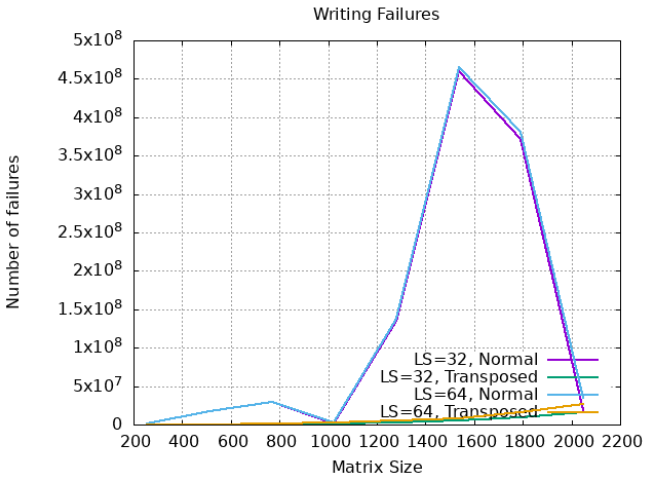
Fallos de escritura: El programa que realiza la multiplicación de matrices traspuesta tiene mas fallos de escritura que el que realiza la multiplicación de matrices normal. Esto se debe a que una de las matrices tiene que trasponerse, lo que implica escribir datos en memoria.

Tiempo de ejecución: El programa que realiza la multiplicación de matrices normal tiene un tiempo de ejecución mayor cuanto más se aumenta el tamaño de la matriz que el que realiza la multiplicación con la traspuesta. Esto se debe a la forma en la que se accede a la matriz al realizar la multiplicación (acceso por filas en lugar de columnas, aprovecha la localidad espacial de la memoria), tal y como sucedía en el ejercicio 2.

Ejercicio 5: Configuraciones de caché en la multiplicación de matrices

En este apartado se ha decidido estudiar los fallos de lectura y escritura al variar el tamaño de línea de la caché (32 y 64 bits) y analizar los resultados. Para ello se crea un nuevo script, “script_ej5.sh” y se ejecuta, obteniéndose el fichero mult5.dat con los datos obtenidos y las gráficas siguientes (adjuntadas también en los ficheros entregados):





- Fallos de lectura: Se observa que cuanto mayor es el tamaño de matriz mayor es el número de fallos de lectura. Comparando las versiones de multiplicación normal y transpuesta y sus ejecuciones con tamaños de línea 32 y 64 bits encontramos que el número de fallos para las ejecuciones con tamaño de línea 64 bits es menor que su homólogo de 32 bits. Esto sucede debido a que como el tamaño de línea es mayor en 64 bits se realizan menos accesos a memoria para obtener datos, lo que produce un menor número de fallos de lectura.
- Fallos de escritura: Debido a la forma tan extraña de la gráfica de fallos de escritura no se pueden sacar conclusiones.