



### Task1

從 real time 觀察可以發現，在 thread number $\leq 8$  的情況下 homemade\_spinlock>sem>spinlock>mutex，在 thread number $\geq 16$  的情況下 homemade\_spinlock>spinlock>sem>mutex，無論 thread number 的多寡 mutex 的時間都遠小於其他三種方式，而 homemade\_spinlock 的時間都遠大於其他三種方式。

從 system time 觀察可以發現，每一種方法在 system mode 花的時間都大約與 thread number 成正比。此外，sem 在 system mode 花的時間最多，mutex 次之，spinlock 與 homemade\_spinlock 最少(幾乎沒有)，可以從此判斷 sem 與 mutex 的 lock 實作大多在 system mode。

從 user time 觀察可以發現，homemade\_spinlock 與 spinlock 最多，而 mutex 與 sem 最少(幾乎沒有)，可以從此判斷 homemade\_spinlock 與 spinlock 的 lock 實作大多在 user mode。

整體來說 mutex 的表現最好，sem 與 spinlock 次之，homemade\_spinlock 最差。

### Task2

pi\_free 的執行時間比 pi\_lock 的執行時間短，因為 pi\_free 是每個 thread 做完個別的計算再加總，所以不需要使用到 lock 也就不需要等待(wait)其他 thread 做 unlock 的動作。

### Task3

判斷 deadlock 的方式，是在每台車子在通過(lock)第二個 lock 失敗時檢查，若當下 4 個 lock 都被不同的車子 lock 住，則發生 deadlock，此時發現 deadlock 方向的車子放棄(unlock)自己的第一個 lock 來解決 deadlock。