

# Sincronització de fils: semàfors

Lluís Garrido – lluis.garrido@ub.edu

Octubre 2014

## Algorisme 1

Mostra com es pot implementar l'exclusió mútua amb semàfors. En aquest cas observar que el semàfor  $s$  només pot prendre els valors 0 o 1. El valor 1 indica que no hi ha cap fil a la secció crítica, mentre que el valor 0 indica que la secció crítica està ocupada per un fil. Aquests tipus de semàfors s'acostumen a anomenar semàfors binaris (ja que prenen només dos valors, 0 o 1).

El semàfor s'inicialitza a 1. El primer fil que entra a *sem\_wait* posa el semàfor a 0. Tota la resta de fils que volen entrar a la secció crítica s'hauran d'esperar perquè el semàfor es torni a posar a 1 (generalment, els fils que esperen s'adormiran). Mentrestant, el primer fil executa la secció crítica. En sortir el fil executa un *sem\_post*. Així el semàfor es torna a posar a 1 i es despertaran els fils que estan esperant per entrar a la secció crítica. Només un ho aconseguirà.

A la segona versió de l'algorisme es mostra el cas en que el semàfor s'inicialitza a  $M$ . En aquest cas un màxim de  $M$  fils poden entrar a la secció crítica.

## Algorisme 2

Es mostra aquí com múltiples productors i consumidors es poden intercomunicar entre sí mitjançant un *buffer* de comunicació de mida 1. Tenim dos semàfors que són complementaris entre sí: una variable *buit* que indica si el *buffer* és buit (1 és buit, 0 no és buit) i una variable *ocupat* que indica si al *buffer* hi ha dades.

Un productor només podrà passar per la instrucció *sem\_wait(&buit)* si el *buffer* és buit. Així que el productor hi ha posat la dada ho comunica al consumidor fent *sem\_post(&ocupat)*. Això fa que el semàfor d'*ocupat* sigui 1, mentre que el de *buit* valdrà 0. Aleshores pot venir un consumidor que agafarà la dada. Ho farà amb *sem\_wait(&ocupat)*. Un cop ha agafat la dada notifica amb *sem\_post(&buit)* que el *buffer* torna a estar buit i que un altre productor hi pot dipositar dades.

Aquest algorisme permet tenir múltiples productors i consumidors. En cas que el *buffer* sigui buit els consumidors es quedaran esperant al *sem\_wait(&ocupat)* que algun productor faci *sem\_post(&ocupat)*. De la mateixa forma, els productors es queden esperant a *sem\_wait(&buit)* fins que algun consumidor agafa la dada del *buffer* i fa *sem\_post(&buit)*.

## Algorisme 3

L'algorisme anterior és adequat si les dades es produeixen aproximadament en la mateixa velocitat en què es consumeixen. Això generalment no és cert. És per això que utilitzar un *buffer* de capacitat més gran que 1 pot incrementar notablement l'eficiència de la solució.

Suposarem de moment que només tenim un consumidor i un productor. Igual que abans, el productor produeix dades que deixa en un *buffer*, mentre que el consumidor agafa les dades que hi ha al *buffer*.

En aquest cas utilitzarem un *buffer* circular. Tenim dues variables, *r* i *w*, que s'utilitzaran com a índexos al *buffer* circular per saber on es llegeixen i on s'escriuen les dades. En escriure, ho farem a la posició *w* i incrementem en 1 la posició de *w*. En llegir, ho fem de la posició *r* i incrementem en 1 la posició de *r*. Hem d'assegurar aquestes restriccions sobre *r* i *w*: la *w* mai no pot sobrepassar la *r* i a l'inrevés, la *r* no pot sobrepassar mai la *w*.

A l'algorisme es mostra “*buf[w] = data; w = (w + 1) % N*” i “*data = buf[r]; r = (r + 1) % N*”. Aquesta és la forma en que productor i consumidor escriuen i llegeixen les dades. Com assegurem les restriccions sobre *r* i *w*? Amb els semàfors. En aquest cas farem servir el que s'anomena un semàfor general, és a dir, un semàfor que pot agafar qualsevol valor positiu (inclòs el zero).

El semàfor *buit* s'inicialitza al nombre d'elements buits que té el *buffer*. El semàfor *ocupat* s'inicialitza al nombre d'elements ocupats del *buffer*. Quan el productor vol dipositar un element en el *buffer*, disminueix en 1 el nombre d'elements buits del *buffer* amb *sem\_wait(&buit)*. Aleshores amb *sem\_post(&ocupat)* notifica que el nombre d'elements ocupats s'incrementa en 1. Quan el *buffer* és ple el semàfor *buit* valdrà 0 i el productor no hi podrà dipositar un element: el productor es quedarà adormit per entrar a la secció crítica.

De forma similar, el consumidor crida a la funció *sem\_wait(&ocupat)* abans d'agafar un element del *buffer*. Si hi ha algun element la funció *sem\_wait* retornarà de seguida i haurà disminuït en 1 el valor d'ocupat. El consumidor agafa la dada del *buffer* i no notifica al productor cridant a *sem\_post(&buit)*, que incrementa en 1 el valor de buit.

Observar que el semàfor ofereix una forma senzilla de limitar el nombre màxim de fils que poden accedir a un recurs.

## Algorisme 4

Anem a ampliar aquest algorisme per a múltiples productors i consumidors. En aquest cas l'únic que hem de fer és assegurar que les instruccions “*buf[w] = data; w = (w + 1) % N*” i “*data = buf[r]; r = (r + 1) % N*” són executades cada cop per un únic fil. Això ho aconseguim mitjançant semàfors que ens proveeixen de l'exclusió mútua.

## Algorisme 5

Presentem aquí un exemple de lectors-escriptors. Presentem una proposta basada en exclusió mútua. Aquesta solució no és adequada ja que només hi pot haver un lector llegint dades. Recordem que hi pot haver múltiples lectors a la secció crítica ja que aquests no modifiquen el seu contingut.

Per modificar l'algorisme i aconseguir que hi puguin entrar múltiples lectors, observar que només el primer lector que entra a la secció crítica ha d'agafar el semàfor. Tota la resta no fa falta que ho facin.

## Algorisme 6

Es presenta aquí una modificació de l'algorisme anterior perquè múltiples lectors puguin ser a l'interior de la secció crítica. Observeu que hi ha una secció crítica abans i després de llegir les dades (al lector) i abans i després d'escriure les dades (a l'escriptor). Què pot passar ?

1. Suposem que no hi ha cap escriptor escrivint dades. Quan el primer fil lector entri a la secció protegida per *clauLec* incrementarà de 0 a 1 la variable *nr*. A continuació fa un *sem\_wait(&rw)*, de forma que a partir d'ara un escriptor s'haurà d'esperar per entrar a la seva secció crítica. Imaginem que mentre el lector està llegint dades arriba un segon lector. Aquest simplement incrementarà en 1 la variable *nr*. Podrà accedir també a la base de dades per lectura. A continuació un dels lectors finalitza de llegir. Per això accedeix a la zona d'exclusió mútua de sortida: disminueix en 1 el nombre de lectors. Quan el segon lector surti farà un *sem\_post(&rw)*. En aquest moment es despertaran els escriptors que estiguin esperant al *sem\_wait(&rw)*.
2. Suposem que hi ha un escriptor escrivint dades. Ara arriba el primer lector. Farà un *sem\_wait(&clauLec)* i a continuació es quedarà esperant a *sem\_wait(&rw)*. Observar que en quedar-se esperant al *sem\_wait(&rw)* no s'allibera automàticament la *clauLec* (els monitors funcionen de forma diferent). Tots els nous lectors que arribin a continuació esperaran a *sem\_wait(&clauLec)*. Així que l'escriptor faci *sem\_post(&rw)* el lector (o escriptor) que estigui esperant al *sem\_wait(&rw)* competirà per adquirir el semàfor.

Quin problema té aquesta solució ? Aquesta solució dóna preferència als lectors sobre els escriptors. Hi ha formes de solucionar-ho amb els semàfors, però són complexes i hi ha altres mecanismes que ho permeten fer de forma més senzilla: els monitors.