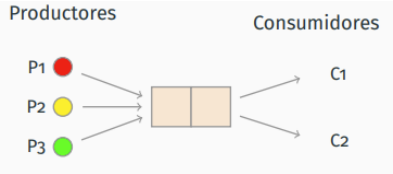
Productores / Consumidores

Buffer compartido entre procesos que insertan elementos (productores), y procesos que eliminan elementos (consumidores). Hay que controlar el acceso al buffer compartido para mantener los datos consistentes. Si el buffer se llena los **productores** deben esperar a que los consumidores eliminen elementos. Si el buffer se vacía, los **consumidores** deben esperar a que los productos inserten elementos nuevos.

Descripción



Aplicaciones

Hay muchos problemas de concurrencia que funcionan como productores/consumidores: Buffers en una conexión de red, Buffers para la reproducción de video/audio, Servidores web multithread, con un thread maestro que lee peticiones, y múltiples threads para procesarlas.

Solución con Threads: Estructuras

Vamos a asumir que tenemos funciones implementadas para acceder al buffer compartido. En una solución real estas funciones podrían tener algún tipo de criterio para escoger algún elemento en concreto del buffer compartido. Vamos a empezar asumiendo que el buffer es infinito y no se vacia nunca

```
//Funciones Buffer
void insert (elemento e);
elemento remove();
int elements(); //Número de elementos en el buffer
int buffer_size(); //Capacidad máxima del buffer

//Productor
mtx_t buffer_lock;

while(1){
    elemento e = crear_elemento();
    mtx_lock(buffer_lock);
    insert(e);
    mtx_unlock(buffer_lock);
}

//Consumidor
while(1) {
    elemento e;
    mtx_lock(buffer_lock);
    e = remove();
    mtx_unlock(buffer_lock);
    //Hacer algo con el elemento :)
}
```

Buffer limitado

Vamos a añadir el caso de que el buffer tenga tamaño finito y pueda estar vacio. El consumidor tiene que comprobar que haya elementos en el buffer antes de hacer remove(). El productor tiene que comprobar que el buffer no esté lleno antes de hacer insert(). **Consumidor y Productor con buffer limitado:**

```
//Productor
mtx_t buffer_lock;
while(1) {
    elemento e = crear_elemento();
    int inserted = 0;
    do{
        mtx_lock(buffer_lock);
        if(elements()<buffer_size()) {
            insert(e);
            inserted = 1;
        }
        mtx_unlock(buffer_lock);
    } while(!inserted);
}

//Consumidor
while(1) {
    elemento e;
    int removed = 0;
    do {
        mtx_lock(buffer_lock);
        if(elements() > 0) {
            e = remove();
            removed = 1;
        }
        mtx_unlock(buffer_lock);
    } while(!removed);
    //Hacer algo con el elemento :)
}
```

Problemas

Esta solución tiene el problema de que las esperar de productores y consumidores son activas, es decir, comprueban continuamente el valor de count hasta que tiene el valor concreto. Este tipo de esperar tiene un consumo alto de cpu, por lo que solo son viables si sabemos que la espera va a ser corta. Vamos a añadir un mecanismo que nos permita dormir a un thread hasta que el estado del problema cambie.

Sincronización por condiciones

Una condición permite a los procesos/threads suspender su ejecución hasta que se les despierte. Se diseñaron porque a veces es necesario interrumpir la ejecución en medio de una sección crítica hasta que el estado de un recurso compartido cambie por la acción de otro proceso. Ese otro proceso es el que debe encargarse de despertar a los que puedan estar esperando.

```
cnd_t cond;

int cnd_init(cnd_t *);
void cnd_destroy(cnd_t *);

int cnd_signal(cnd_t *);
int cnd_broadcast(cnd_t *);
int cnd_wait(cnd_t *, mtx_t *);
int cnd_timedwait(cnd_t *, mtx_t *, struct timespec *);
```

Productores/Consumidores con condiciones

Vamos a usar dos condiciones, una para hacer esperar a los consumidores con el buffer vacío, y otro para los productores con el buffer lleno:

```
cnd_t buffer_full;
cnd_t buffer_empty;
```

```
//Productor
while(1) {
    elemento e = crear_elemento();
    mtx_lock(buffer_lock);
    while(elements() == buffer_size()) {
        cnd_wait(buffer_full, buffer_lock);
    }
    insert(e);
    if(elements() == 1)
        cnd_broadcast(buffer_empty);
    mtx_unlock(buffer_lock);
}

//Consumidor
while(1) {
    elemento e;
    mtx_lock(buffer_lock);
    while(elements() == 0)
        cnd_wait(buffer_empty, buffer_lock);
    e = remove();
    if(elements() == buffer_size() - 1)
        cnd_broadcast(buffer_full);
    mtx_unlock(buffer_lock);
    //Hacer algo con el elemento :)
}
```

Wait es atómico

Internamente wait se hace de forma atómica:

```
wait(cond *c, mutex *m) {
    unlock(m);
    //espera...
    lock(m);
}
```

Con un wait no atómico el estado del buffer puede cambiar antes de que el thread duerma. Por ejemplo, en el productor:

```
mtx_lock(buffer_lock);
while(elements() == buffer_size()) {
    unlock(m);
    //Un consumidor elimina un elemento del buffer, y
    //lanza un broadcast, pero este thread aun no está
    //esperando y lo pierde.
    //espera...
```

```
    lock(m);
}
```

En problema se llama **lost wakeup.**

Usando Condiciones Correctamente

-Comprobar antes y después de esperar usando un while el estado del programa para ver si podemos continuar o no. Solo podemos omitir la comprobación de después si estamos completamente seguros de que no va a causar problemas.

-Tener bloqueado el mutex que protege ese estado antes de comprobarlo, y hasta después de terminar la espera y pasar por la sección crítica.

-Pasar ese mutex al llamar a wait para que otro thread pueda cambiarlo.

-Evitar mantener otros mutex bloqueados mientras esperamos salvo que estemos absolutamente seguros que no va a provocar un problema.

```
//Thread que COMPRUEBA Y ESPERA
lock(mutex_que_protege_estado);
while(!estado es valido para continuar)
wait(condicion, mutex_que_protege_estado);
// seccion critica
unlock(mutex_que_protege_estado);

//Thread que cambia el ESTADO Y NOTIFICA
lock(mutex_que_protege_estado);
while(!estado es valido para continuar)
wait(condicion, mutex_que_protege_estado);
// seccion critica
unlock(mutex_que_protege_estado);
```

While/If para comprobar la condición

¿Por qué se usa un while para esperar en vez de un if? -> Estamos usando un broadcast para despertar, por lo que no sabemos cuantos productores despiertan. Si solo se ha retirado 1 elemento y despierta más de 1, se van a intentar insertar elementos con el buffer lleno. Al retirar el elemento, si despertamos a los dos productores y no comprueban el estado del buffer insertarán los dos.

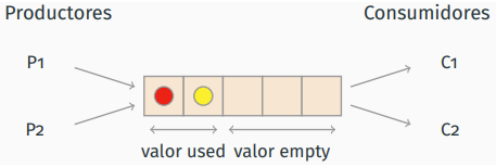
¿Broadcast o Signal?

¿Por qué usar broadcast en vez de signal? -> El primer productor inserta y hace signal. Se despierta el primer consumidor. Antes de que el consumidor quite el producto, el segundo productor insera. Como el buffer no está vacío no hace signal. El primer consumidor retira un producto. El segundo consumidor duerme, a pesar de que el buffer no está vacío.

Con semáforos

Si no tenemos condiciones se puede implementar una solución con semáforos. Se usan dos semáforos para controlar el nº de posiciones en el buffer que están llenas y vacías. El contador del semáforo representara el nº de celdas en ese estado:

```
//Semáforos
sem_t empty;
sem_t used;
```



Esas variables las inicializaremos con el buffer vacío:

```
//Inicialización de los semáforos
sem_init(&empty, 1, buffer_size());
sem_init(&used, 1, 0);
```

Además usaremos otro semáforo para controlar el acceso al buffer:

```
//Semaforo de acceso al buffer
sem_t mutex;
sem_init(&mutex, 1, 1);

//Productor con semáforos
while(1) {
    elemento e = crear_elemento();
    sem_wait(&empty); // empty-- o espera
    sem_wait(&mutex);
    insert(e);
    sem_post(&mutex);
    sem_post(&used); // used++ o despertar consumidor
}

//Consumidor con semáforos
while(1) {
    elemento e;
    sem_wait(&used); // used-- o esperar
    sem_wait(&mutex);
    e = remove();
    sem_post(&mutex);
    sem_post(&empty); // empty++ o despertar productor
    //Hacer algo con el elemento :)
}
```