CONCEPTES AVANÇATS DE SISTEMES OPERATIUS (CASO)

Facultat d'Informàtica de Barcelona, Dept. d'Arquitectura de Computadors, curs 2019/20 – 2Q

Pràctiques de laboratori Mach i GNU Hurd

Material

Un cop teniu el vostre sistema funcionant correctament, farem la instal·lació del sistema operatiu Debian/GNU Hurd en un entorn virtualitzat mitjançant Qemu (Alternativa 1) o VirtualBox (Alternativa 2).
Una instal·lació ja feta de Hurd (versió comprimida, el fitxer que se n'extreu es dirà debian-hurd-20171101.img):

http://people.debian.org/~sthibault/hurd-i386/debian-hurd.img.tar.gz

Els exemples de codi sobre Mach que podeu obtenir de la web de l'assignatura

http://docencia.ac.upc.edu/FIB/grau/CASO/labs-2019-20-2q/codi-lab-hurd.tar.bz2

Una petita història sobre Hurd:

http://www.linuxuser.co.uk/features/whatever-happened-to-the-hurd-the-story-of-the-gnu-os

Una consideració que fa plantejar si aquesta pràctica serà útil en el futur…

https://www.gnu.org/software/hurd/history/port_to_another_microkernel.html

Alternativa 1: Instal·lació sobre Qemu

Abans de continuar, decidiu si fareu servir Qemu o VirtualBox. Si us decidiu per Qemu, continueu per aquesta secció. Si us decidiu per VirtualBox, aneu a la secció de l'Alternativa 2.

Instal·leu el Qemu per x86_64 (64-bits) i i386 (32-bits). Podeu fer la instal·lació de binaris pel vostre sistema:

```
$ sudo apt-get install qemu-kvm
```

Un cop instal·lat, comproveu que podeu executar les comandes qemu-system-i386 i qemu-system-x86_64 .

Instal·lació de Debian/GNU Hurd en Qemu

Ara instal·larem Debian/GNU Hurd per executar-lo dins l'entorn virtual del qemu en mode 32 bits. Seguiu les instruccions de:

http://www.gnu.org/software/hurd/hurd/running/qemu.html

Per engegar el qemu amb Hurd, feu servir una comanda com aquesta:

```
$ qemu-system-i386 -m 1024 -net nic,model=rtl8139 -net user,hostfwd=tcp::5555-:22 \
                   -drive cache=writeback,index=0,media=disk,file=debian-hurd-20200101.img \
                     -vga vmware
```

Alternativement (com a root):

```
$ kvm -m 1024 -net nic,model=rtl8139 -net user,hostfwd=tcp::5555-:22 \
                    -drive cache=writeback,index=0,media=disk,file=debian-hurd-20200101.img \
                      -vga vmware
```

Podeu posar-la en un shell script per facilitar arrencar-lo més endavant.

Alternativa 2: Instal·lació sobre VirtualBox

(Funciona per Ubuntu 19.10)

Instal·leu Virtual Box d'Oracle: https://www.virtualbox.org/wiki/Linux_Downloads

Un cop instal·lat, comproveu que disposeu de les comandes VirtualBox i vbox-img.

Instal·lació de Debian/GNU Hurd en VirtualBox

Abans d'instal·lar Debian/GNU Hurd, caldrà transformar la imatge que ens hem baixat del seu disc a un format que VirtualBox pugui entendre. El fitxer debian-hurd-20200101.img està en format "raw", és una còpia directa dels bytes d'un disc:

```
$ file  debian-hurd-20200101.img
debian-hurd-20200101 .img: DOS/MBR boot sector
```

La passarem a format Virtual Disk Image ("vdi") amb aquesta comanda:

```
$ vbox-img convert   --srcformat  RAW  --srcfilename   debian-hurd-20200101.img  \
                     --dstformat  VDI   --dstfilename  debian-hurd-20200101.img.vdi
```

```
$ file debian-hurd-20200101.img.vdi
debian-hurd-20200101.img.vdi: VDI Image version 1.1 (<<< Oracle VM VirtualBox Disk Image >>>), 3146776576 bytes
```

Ara entreu al VirtualBox i usant el seu entorn gràfic, creeu una màquina virtual amb aquest fitxer resultat (debian-hurd-20200101.img.vdi) , **connectat al controlador IDE** (al costat d'un CD-ROM – Optical drive).

Arranqueu la màquina usant el botó "Start".

Configuració bàsica de Debian/GNU Hurd

Un cop ha arrencat el Hurd en un dels dos entorns de virtualització, entreu com a root i **poseu-vos un password**, que per defecte el sistema de la màquina virtual no en porta. Hi ha també un usuari demo, que podeu fer servir per fer les proves com a usuari normal no administrador. **Poseu-li password també**, per poder entrar des del host per ssh.

El teclat de la consola no estarà ben assignat, des de l'usuari “root” podeu fer:

$ dpkg-reconfigure keyboard-configuration

i seleccionar el teclat espanyol. Entreu a l'eina de configuració i feu-ho així:

- Seleccioneu el teclat Generic 105-key (Intl) PC
- A keyboard layout seleccioneu l'última opció: other
- Busqueu el teclat “Spanish” i seleccioneu-lo
- Seleccioneu l'opció Spanish - Catalan
- Accepteu els valors per defecte per les tecles AltGr, Compose i la combinació Ctrl-Alt-Backspace (compte perquè aquesta darrera l'agafarà el gestor del host i fa acabar el gestor d'X-Windows, amb la qual cosa podeu perdre feina feta).

Per carregar la nova configuració del teclat, feu:

- /etc/init.d/hurd-console restart

Canvieu també el fitxer /etc/ssh/sshd_config, de forma que la línia 32:

```
PermitRootLogin   prohibit_password
```

passi a ser:

```
PermitRootLogin   yes
```

ALTERNATIVA 1 (Qemu) Amb l'opció "-net user,hostfwd=tcp::5555-:22" que li heu passar al qemu, aquest redirigeix el port 5555 del host al port d'SSH de la màquina virtual, amb la qual cosa, podeu usar *secure shell* per connectar-vos-hi.

ALTERNATIVA 2 (VirtualBox) Per fer el mateix tipus de redirecció de port en el VirtualBox, entreu a la secció “Network” i a l'”Adapter 1” afegiu un “Port Forwarding”, com aquest:

Name	Protocol	Host IP	Host Port	Guest IP	Guest Port
Rule 1	TCP		5555		22

Ara des del host, podeu fer:

$ **ssh -p 5555 root@localhost # opció recomanada per treballar i disposar de diverses sessions**

Si no funciona, assegureu-vos que heu canviat correctament el /etc/ssh/sshd_config, indicant:
PermitRootLogin yes

També podeu usar aquest port per realitzar transferències de fitxers entre el host i la màquina virtual:

Host a Debian/GNU Hurd Debian/GNU Hurd cap al Host

$ scp -P 5555 <fitxer> root@localhost: **$ scp -P 5555 root@localhost:<fitxer> ./**

És recomanable treballar amb aquestes connexions remotes.

Copieu el codi d'exemple que us donem (codi-lab-hurd.tar.bz2)[1], on teniu també el Makefile que us permetrà compilar el codi font de tots els exercicis.

La interfície de Mach

A Hurd, tenim una estructura de sistema basada en microkernel (Figura 1).

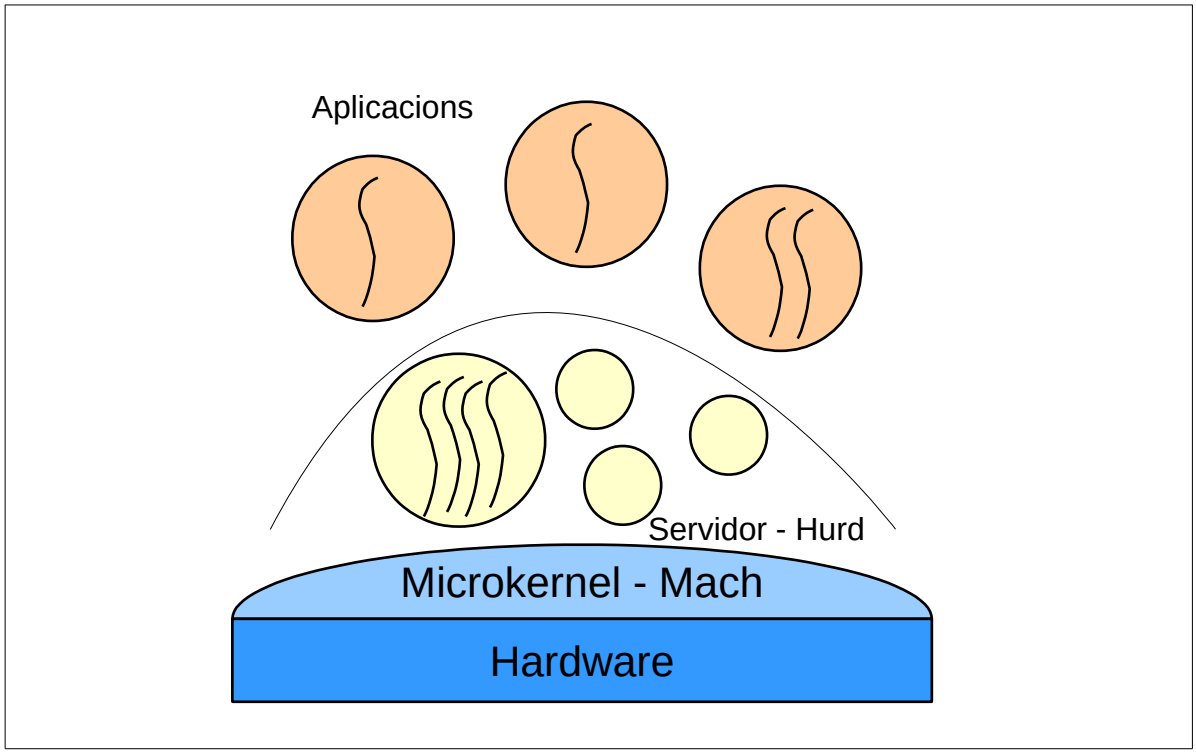
En aquesta estructura hi ha dues interfícies ben diferenciades: Hurd (compatible amb UNIX/Linux) i Mach. Veieu-ne alguns exemples (indiquem la interfície de Mach en negreta):

– getpid(), **mach_task_self**()[2], **mach_thread_self**()[3], retornen la identificació del procés, task, thread.

– fork(), **task_create**[4](), **thread_create**()[5], per a crear processos, tasks i threads.

– mmap(), **vm_allocate**()[6], per demanar memòria.

– …



1 http://docencia.ac.upc.edu/FIB/grau/CASO/lab2014/codi-lab-hurd.tar.bz2
2 http://docencia.ac.upc.edu/FIB/grau/CASO/slides2015/kernel_interface.pdf (pàg 194)
3 << (pàg. 161)
4 << (pàg. 195)
5 << (pàg. 166)
6 << (pàg. 74)

Figura 1: Estructura del sistema operatiu Mach-Hurd.

En Mach, totes les abstraccions es representen per un identificador de **tipus port**. Un port és una entitat a la qual es poden enviar missatges. D'aquesta forma cada entitat té un servidor que llegeix els missatges enviats als ports que implementa i d'aquesta forma es poden fer operacions sobre elles. Com podeu veure en el manual del Kernel Interface, hi ha algunes entitats més que en UNIX:

– port (comunicacions)

– vm (virtual memory, o gestió de l'espai d'adreces)

– memory_object (mapeig de dades sobre l'espai d'adreces, o gestió de la memòria virtual)

– task (entorn de procés)

– host (gestió de la màquina)

– processor_set (conjunt de processadors)

– processor (processador)

– device (gestió de dispositiu)

– thread (flux d'execució)

Aquesta seria la representació de les abstraccions del sistema, incloent els seus ports identificadors:

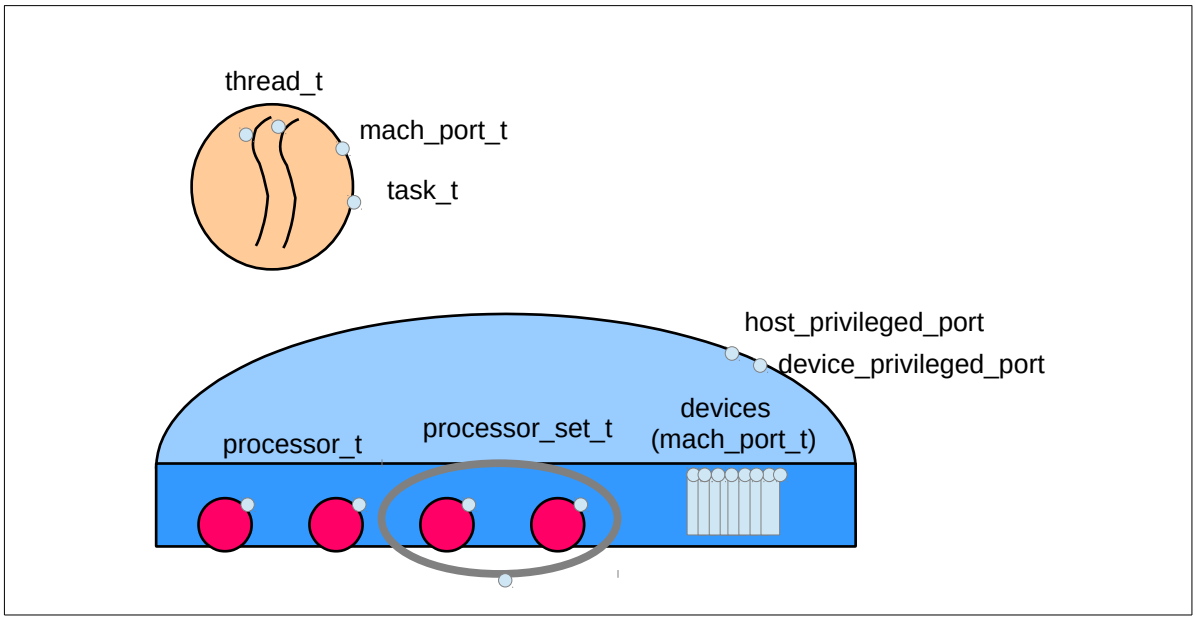


Figura 2: Identificació de cada abstracció del sistema operatiu

Exemple: com obtenir la llista de processadors, veure també el programa de la Figura 3. Per aconseguir la llista de processadors cal utilitzar la crida **host_processors**[7]. Aquesta crida té la següent interfície:

```
kern_return_t host_processors    (mach_port_t          host_priv,
```

7 http://docencia.ac.upc.edu/FIB/grau/CASO/slides2015/kernel_interface.pdf (pàg 227)

```
                processor_array_t*      processor_list,
                mach_msg_type_number_t* processor_count);
```

On *host_priv* és el *host_privileged_port*. La crida torna la llista de processadors en una taula (*array*) de memòria reservada des del sistema, en l'espai d'adreces del procés, i el número de processadors que controla el sistema. Les crides a Mach que tornen informació reservant memòria d'aquesta manera les podeu identificar en el manual del Kernel Interface perquè:

- El paràmetre que retorna la informació està especificat com “[out pointer to dynamic array of <tipus de dades elemental que retorna>]”
- El paràmetre que retorna la quantitat d'elements retornats s'especifica com “[out scalar]”. Si la memòria l'ha de proporcionar l'aplicació, llavors aquest darrer paràmetre és “[in/out scalar]” i s'utilitza en entrada per indicar al sistema la quantitat d'elements que caben eb la memòria proporcionada i en sortida del sistema, aquest ens indica quants elements hi ha copiat realment.

Hi ha una crida a sistema especial per obtenir els ports privilegiats, en particular el *host_privileged_port*: *get_privileged_ports*. Aquesta crida va al servidor de Hurd, que comprova si el procés té privilegis suficients per tornar-li o no els ports privilegiats. En el nostre cas, si el procés que fa la crida no és de l'administrador (root), la crida no li retornarà els ports, sino aquest error: *Error getting privileged ports (0x40000001), Operation not permitted*. **Recordeu que és molt important comprovar els errors que ens poden tornar les crides que fa el nostre programa.**

Gestió de memòria

En Mach, hi ha crides a sistema que, tot i no estar relacionades amb la gestió de la memòria, retornen nova memòria assignada al procés. La crida **host_processors** n'és un exemple. Les podeu distingir perquè estan definides amb un paràmetre “out” (de sortida), com aquesta, en format MIG de <mach/mach_host.defs>:

```
routine host_processors (       host_priv       : host_priv_t;
                          out   processor_list  : processor_array_t);
```

que es tradueix en (<mach/mach_host.h>):

```
kern_return_t  host_processors (    mach_port_t                 host_priv,
                                    processor_array_t         * processor_list,
                                    mach_msg_type_number_t    * processor_listCnt);
```

on … processor_listCnt és un simple punter a un enter sense signe:

```
typedef    unsigned int  mach_msg_type_number_t;
```

La crida genèrica per demanar memòria és molt versàtil, similar al mmap de UNIX/Linux, aquesta és la seva interfície:

```
kern_return_t   vm_map  (   mach_port_t          target_task,
                            vm_address_t     *   address,          // where to allocate mem
                            vm_size_t            size,
                            vm_address_t         alignment_mask,   // desired alignment
                            boolean_t            anywhere,         // fixed address or not
                            mach_port_t          memory_object,    // optional manager
                            vm_offset_t          offset,           // inside memory_obj
                            boolean_t            copy,             // copy or shared
```

```
    vm_prot_t           cur_protection,
    vm_prot_t           max_protection,
    vm_inherit_t        inheritance         // for children tasks
);
```

```
#include <mach.h>
#include <mach_error.h>
#include <mach/mig_errors.h>
#include <mach/thread_status.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <hurd.h>

// compile with gcc -D_GNU_SOURCE -O proc.c -o proc

       processor_array_t processor_list = NULL;
       mach_msg_type_number_t processor_listCnt = 0;

int main ()
{
   int res, i;
   mach_port_t host_privileged_port;
   device_t device_privileged_port;

   res = get_privileged_ports(&host_privileged_port, &device_privileged_port);
   if (res != KERN_SUCCESS) {
      printf ("Error getting privileged ports (0x%x), %s\n", res,
              mach_error_string(res));
      exit(1);
   }

   printf ("privileged ports: host 0x%x  devices 0x%x\n",
                  host_privileged_port, device_privileged_port);

   printf ("Getting processors at array 0x%x\n", processor_list);

   res = host_processors(host_privileged_port,
                       &processor_list, &processor_listCnt);
   if (res != KERN_SUCCESS) {
      printf ("Error getting host_processors (0x%x), %s\n", res,
              mach_error_string(res));
      exit(1);
   }

   printf ("        processors at array 0x%x\n", processor_list);
   printf ("processor_listCnt %d\n", processor_listCnt);

   for (i=0; i < processor_listCnt; i++)
      printf ("processor_list[%d] 0x%x\n", i, processor_list[i]);
}
```

Figura 3: Exemple de codi per obtenir la llista de processadors.

Exercicis

1. Comproveu que el programa proc.c funciona correctament per l'usuari root, però dóna l'error indicat anteriorment si l'executa un usuari no privilegiat (podeu usar l'usuari "demo").

2. Quin processador indica que tenim el programa proc.c? Busqueu a <mach/machine.h> els codis de "CPU Type" i "CPU Subtype".

3. Expliqueu les altres característiques del processador que mostra proc.c. Obtingueu-les del fitxer <mach/processor_info.h>; localitzeu-hi l'estructura processor_basic_info.

4. Comproveu que el programa memory-management.c dóna errors al compilar… com els podeu arreglar? (pista: falta una coma (,) a la línia 60).

   Són clars els missatges d'error que dóna el compilador GCC en aquesta situació?

5. Un cop arreglat el problema de la pregunta anterior, comproveu que el programa memory-management.c funciona correctament. Aquest programa usa **processor_info** i **vm_map** de forma intercalada, per demanar memòria 8 cops. L'ús de processor_info per demanar memòria queda fora del seu ús habitual, però funciona correctament. Responeu:

   1. Quanta memòria assigna al procés cada crida a processor_info?
   2. Quanta memòria assigna al procés cada crida a vm_map?
   3. Quines adreces ens dóna el sistema en cada crida (processor_info i vm_map)?
   4. Són pàgines consecutives? (pista: us ajudarà, incrementar el número d'iteracions que fa el programa… per veure la seqüència d'adreces més clara)
   5. Quines proteccions podem demanar a l'assignar memòria a un procés Mach? (pista: veieu el fitxer <mach/vm_prot.h>)
   6. Canvieu el programa per a que la memòria demanada sigui de només lectura. Quin error us dóna el sistema quan executeu aquesta nova versió del programa?
   7. Després, afegiu una crida a **vm_protect (…)** per tal de desprotegir la memòria per escriptura i que el programa torni a permetre les escriptures en la memòria assignada. Proveu la nova versió i comproveu que ara torna a funcionar correctament.

6. [opcional] Feu un nou programa que actui com un 'ps', que llisti les tasks que estan corrent (o que estan aturades) en el sistema. Anomeneu-lo 'mps' per aprofitar que ja tenim definida la seva compilació el el fitxer Makefile.

   Ajuda, aquestes són les crides que heu de fer servir: get_privileged_ports, **processor_set_default**, **host_processor_set_priv**, **processor_set_tasks**, **task_info**. Podeu usar també la rutina Print_Task_info proporcionada en el fitxer print-task-info.c.

7. [opcional] Feu un programa "mtask" que rebi una primera opció [-r|-s] i una llista de processos (pids) i els aturi (-s) o els deixi continuar executant-se (-r), usant les crides **task_suspend**/**task_resume**.

   Ajuda: busqueu una crida a Hurd que us permeti passar d'un pid al port (task_t) que identifica la task.

   Exemples: mtask -r 84 105 # fa un task_resume de les tasks que pertanyen als processos 84 i 105

   mtask -s 58 206 87 # atura l'execució dels processos 58, 206 i 87.

8. Feu un programa que creï un flux (**thread_create**) i li canviï l'estat (uesp, eip) amb les crides **thread_get_state** i **thread_set_state**, per engegar-lo posteriorment (**thread_resume**).

   Trobareu els tipus genèrics (independents de l'arquitectura) relacionats amb el context d'un flux en el fitxer <mach/thread_status.h>. La informació específica de com és l'estat d'un thread en la nostra arquitectura i386 la trobareu a <mach/machine/thread_status.h>: struct i386_thread_state, i #defines i386_THREAD_STATE(flavor), i i386_THREAD_STATE_COUNT.

   Feu que el flux executi una funció amb un bucle infinit i comproveu amb el 'top' que està consumint processador (el meu top diu %CPU 0.0, però el programa - thread - es situa dalt de tot), abans de destruir-lo (**thread_terminate**):

```
top - 18:21:45 up 10:57, 10 users,  load average: 1.18, 0.87, 0.70
Tasks:  59 total,   1 running,  54 sleeping,   0 stopped,   0 zombie
%Cpu(s):  74.4 us,   0.0 sy,   0.0 ni,  25.6 id,   0.0 wa,   0.0 hi,   0.0 si
Kb Mem:    524280 total,   113028 used,   411252 free,        0 buffers
Kb Swap:   177148 total,        0 used,   177148 free,        0 cached

  PID USER      PR  NI  VIRT  RES  SHR S  %CPU %MEM    TIME+  COMMAND
 1770 root      20   0  146m  728    0 R   0.0  0.1   0:00.00 thread
    3 root      20   0  417m  19m    0 S   0.0  3.9   0:00.04 ext2fs
   24 root      20   0  130m  976    0 S   0.0  0.2   0:00.00 procfs
```

   Ara feu que el thread faci un printf(...). Per què us dóna un "bus error"? Podeu esbrinar què passa?

   Pista: useu el gdb, i mireu quina instrucció està executant el thread que falla:

   gdb> thread 1 # permet seleccionar un thread, el primer en aquest cas

   gdb> x/10i $eip # escriu les instruccions que hi ha a partir del PC del thread

   gdb> x/10x $esp # escriu les dades que hi ha a partir de l'adreça continguda en el registre esp

9. Observar que en el fitxer <mach.h> tenim dues definicions de funcions interessants per resoldre el problema de la pregunta anterior:

```
kern_return_t mach_setup_thread (task_t task, thread_t thread, void * pc,
                                 vm_address_t * stack_base, vm_size_t * stack_size);
kern_return_t mach_setup_tls (thread_t thread);
```

… però cap de les dues soluciona el problema...

10. Feu un programa que creï una task (**task_create / task_terminate**), i li doni memòria (**vm_allocate**), per després copiar-li una pàgina de dades (**vm_write**).

    Si heu fet la comanda 'mps' (de l'apartat 3), comproveu que la vostra task només té la memòria que li heu donat, haurieu d'obtenir una informació com:

    ```
    virtual size 16384    # si li heu demanat 16KB (4 pàgines)
    resident size 0
    ```

    Comproveu que amb la comanda 'ps' aquesta task també es veu: $ ps -e -o pid,stat,sz,rss,args

    ```
    PID Stat    SZ   RSS Args
     1670 p      16K    0  ?
    ```

11. Feu un programa que accepti un pid i una adreça com a paràmetres, faci un **vm_read** de l'adreça donada en el procés donat i mostri la informació obtinguda.

    Creieu que això mateix es pot fer en UNIX/Linux? I en Windows?

12. [opcional] Feu un programa que creï un procés amb *fork()* i faci que pare i fill es comuniquin amb un missatge de Mach, usant **mach_msg_send**() i **mach_msg_receive**().

13. [opcional] Amplieu el programa de l'apartat 3, de forma que també mostri la informació bàsica dels fluxos de cada task.

Entregueu: Prepareu els programes i les respostes a les preguntes 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10 i 11 per pujar-los al Racó.