

É um simulador de núcleo de sistema operacional com escalonamento preemptivo round-robin (RR) e dispositivo de entrada e saída simulado (D1), usando processos Unix, sinais, memória compartilhada (SHM) e FIFO.

Miguel Mendes — 2111705
Igor Lemos — 2011287

Este trabalho implementa um simulador simplificado de núcleo de sistema operacional (KernelSim), com escalonamento preemptivo e suporte a operações de I/O.

O objetivo é demonstrar, na prática, o funcionamento de um escalonador Round-Robin com interrupções, sinais e memória compartilhada, evidenciando a interação entre Kernel, Controlador de Interrupções e processos de usuário.

- **'kernel'** — *KernelSim*: faz RR com quantum configurável e preempção com 'SIGSTOP'/'SIGCONT', além de bloqueio e desbloqueio por I/O (IRQ1), e coordena SHM e FIFO;
- **'inter_controller'** — *InterController Sim*: gera as seguintes interrupções:
 - **IRQ0** ('SIGUSR1') a cada quantum — marca o fim do *time-slice*;
 - **IRQ1** ('SIGUSR2') ~3s após cada pedido de I/O — sinaliza término do serviço de I/O;
- **Aplicações (Ai)** para teste:
 - **'app_cpu'** — não pede I/O (apenas CPU), útil para observar a preempção “pura”;
 - **'app_rw'** — pede I/O em 'pc=3' (**READ**) e 'pc=8' (**WRITE**), alternando as operações.

III +-----+

- Escalonamento RR

- Controle de sinais

- Comunicação via SHM/FIFO

+-----+-----+ ^ | IRQ0 / IRQ1 (SIGUSR1 / SIGUSR2) v +-----+

- Envia IRQ0 (clock)

- Envia IRQ1 (I/O done)

inter_controller.c

- Lê pedidos do FIFO

+-----+-----+ ^ | SHM + FIFO v +-----+

Aplicações (APPs)

- app_cpu.c: só CPU

- app_rw.c: CPU + I/O

+-----+ ""

Funcionamento

- RR com **quantum = 1s** (padrão): a cada IRQ0, o kernel **preempta** quem está na CPU ('SIGSTOP') e **despacha** o próximo pronto ('SIGCONT');
- Quando detecta 'want_io[idx]', o kernel **bloqueia** o processo (estado 'ST_WAITING'), registra o pedido no **FIFO** ('PID TIPO') e retira-o da CPU;
- O 'inter_controller' **lê** o FIFO, **atende um pedido por vez** (serviço de ~3s) e, ao concluir, escreve 'io_done_pid/type' na SHM e envia **IRQ1**;
- No IRQ1, o kernel **desbloqueia com prioridade**: preempta quem estiver rodando e despacha o processo que acabou de sair do I/O;
- Cada APP salva/restaura seu 'pc' na SHM ao receber 'SIGSTOP'/'SIGCONT', garantindo que retome exatamente do ponto onde parou.

Build e Execução

```
""bash gcc -Wall -o kernel kernel.c gcc -Wall -o inter_controller inter_controller.c gcc -Wall -o app_rw app_rw.c
gcc -Wall -o app_cpu app_cpu.c ""
```

Sem limitações: o kernel aceita **um executável por tarefa** usando blocos '--' na linha de comando. Isso permite misturar 'app_cpu' e 'app_rw' **na mesma execução**.

Formato: ""bash ./kernel <quantum_s> <duracao_s> -- [--] [--] ... ""

Exemplos:

- 3 processos **apenas CPU**: ""bash ./kernel 1 22 -- ./app_cpu -- ./app_cpu -- ./app_cpu ""
- 3 processos **apenas I/O**: ""bash ./kernel 1 30 -- ./app_rw -- ./app_rw -- ./app_rw ""
- 6 processos **mistos**: ""bash ./kernel 1 40 -- ./app_cpu -- ./app_cpu -- ./app_cpu -- ./app_rw -- ./app_rw -
- ./app_rw ""

Linha do Tempo (exemplo guiado)

Cenário exemplo (3 × 'app_rw'):

1. 't=0s': Kernel inicia, despacha A1;

2. 't=1s': IRQ0 → A1 preemptado, A2 despachado;
3. 't=2s': A2 preemptado, A3 despachado;
4. 't≈3s': A1 chega ao 'pc=3' → 'SYSCALL I/O READ' → **BLOQUEIO** → pedido vai ao FIFO;
5. 't≈6s': InterController conclui I/O de A1 → **IRQ1** → kernel **DESBLOQUEIA** A1 com **PRIORIDADE** (preempta o atual);
6. 't≈8–9s': A1 chega ao 'pc=8' → 'SYSCALL I/O WRITE' → **BLOQUEIO** → novo ciclo de I/O;
7. Demais processos repetem o mesmo padrão, com serviços de 3s em série (ordem de chegada).

Testes da Avaliação (A1..A3; A4..A6; A1..A6)

A seguir, apresentamos **configuração**, **linha do tempo esperada** e **linha do tempo obtida** para os três cenários solicitados.

Cenário 1 — A1, A2 e A3 (somente CPU)

Configuração: './kernel 4 20 -- ./app_cpu -- ./app_cpu -- ./app_cpu'

Linha do tempo — *Esperada*

RR puro (quantum=4s) entre idx=0,1,2; sem SYSCALL I/O.

Linha do tempo — *Obtida*

```
"" ./kernel 4 20 -- ./app_cpu -- ./app_cpu -- ./app_cpu [IC 0ms] INÍCIO (kpid=909) [KRL 2ms] INÍCIO | RR+I/O |
quantum=4s | duração=20s | procs=3 [KRL 2ms] DESPACHE -> idx=0 pid=911 [APP pid=911 idx=0] INÍCIO
(Apenas CPU) [IC 1000ms] TICK (IRQ0) [IC 2000ms] TICK (IRQ0) [IC 3000ms] TICK (IRQ0) [IC 4000ms] TICK
(IRQ0) [KRL 4002ms] PREEMPÇÃO -> idx=0 pid=911 (sai da CPU) [KRL 4002ms] DESPACHE -> idx=1 pid=912
[APP pid=912 idx=1] INÍCIO (Apenas CPU) [IC 5000ms] TICK (IRQ0) [IC 6000ms] TICK (IRQ0) [IC 7000ms] TICK
(IRQ0) [IC 8001ms] TICK (IRQ0) [KRL 8003ms] PREEMPÇÃO -> idx=1 pid=912 (sai da CPU) [KRL 8003ms]
DESPACHE -> idx=2 pid=913 [APP pid=913 idx=2] INÍCIO (Apenas CPU) [IC 9001ms] TICK (IRQ0) [IC 10001ms]
TICK (IRQ0) [IC 11001ms] TICK (IRQ0) [IC 12001ms] TICK (IRQ0) [KRL 12003ms] PREEMPÇÃO -> idx=2 pid=913
(sai da CPU) [KRL 12003ms] DESPACHE -> idx=0 pid=911 [APP pid=911 idx=0] RETORNO (SIGCONT) ->
restaura pc=4 [IC 13001ms] TICK (IRQ0) [IC 14001ms] TICK (IRQ0) [IC 15001ms] TICK (IRQ0) [IC 16001ms] TICK
(IRQ0) [KRL 16003ms] PREEMPÇÃO -> idx=0 pid=911 (sai da CPU) [KRL 16003ms] DESPACHE -> idx=1
pid=912 [APP pid=912 idx=1] RETORNO (SIGCONT) -> restaura pc=4 [IC 17001ms] TICK (IRQ0) [IC 18001ms]
TICK (IRQ0) [IC 19002ms] TICK (IRQ0) [IC 20002ms] TICK (IRQ0) [KRL 20004ms] PREEMPÇÃO -> idx=1 pid=912
(sai da CPU) [KRL 20004ms] DESPACHE -> idx=2 pid=913 [KRL 20004ms] FIM do Kernel ""
```

Cenário 2 — A4, A5 e A6 (somente I/O)

Configuração: './kernel 4 20 -- ./app_rw -- ./app_rw -- ./app_rw'

Linha do tempo — *Esperada*

Ciclos: SYSCALL I/O → BLOQUEIO → ATENDIMENTO (3s) → IRQ1 → DESBLOQUEIO (PRIORIDADE).

Linha do tempo — *Obtida*

```

''' ./kernel 4 20 -- ./app_rw -- ./app_rw -- ./app_rw [IC 0ms] INÍCIO (kpid=926) [KRL 2ms] INÍCIO | RR+I/O |
quantum=4s | duração=20s | procs=3 [KRL 2ms] DESPACHE -> idx=0 pid=928 [APP pid=928 idx=0] INÍCIO [IC
1000ms] TICK (IRQ0) [IC 2000ms] TICK (IRQ0) [IC 3000ms] TICK (IRQ0) [APP pid=928 idx=0] SYSCALL I/O READ
em pc=3 [IC 4000ms] TICK (IRQ0) [KRL 4002ms] BLOQUEIO (I/O READ) -> idx=0 pid=928 | ENFILEIRA [KRL
4002ms] DESPACHE -> idx=1 pid=929 [APP pid=929 idx=1] INÍCIO [IC 5000ms] TICK (IRQ0) [IC 5000ms] FILA
<- pid=928 I/O=READ [IC 5000ms] ATENDIMENTO INICIADO (pid=928 I/O=READ) | t_serviço=3s [IC 6000ms]
TICK (IRQ0) [IC 7000ms] TICK (IRQ0) [APP pid=929 idx=1] SYSCALL I/O READ em pc=3 [IC 8001ms] TICK
(IRQ0) [IC 8001ms] ATENDIMENTO CONCLUÍDO (pid=928 I/O=READ) -> IRQ1 [KRL 8003ms] BLOQUEIO (I/O
READ) -> idx=1 pid=929 | ENFILEIRA [KRL 8003ms] DESPACHE -> idx=2 pid=930 [KRL 8003ms] DESBLOQUEIO
(IRQ1 I/O READ) -> idx=0 pid=928 | PRIORIDADE [KRL 8003ms] PREEMPÇÃO -> idx=2 pid=930 (sai da CPU)
[KRL 8003ms] DESPACHE -> idx=0 pid=928 [APP pid=928 idx=0] RETORNO (SIGCONT) -> restaura pc=4 [IC
9001ms] TICK (IRQ0) [IC 9001ms] FILA <- pid=929 I/O=READ [IC 9001ms] ATENDIMENTO INICIADO (pid=929
I/O=READ) | t_serviço=3s [IC 10001ms] TICK (IRQ0) [IC 11001ms] TICK (IRQ0) [APP pid=928 idx=0] SYSCALL
I/O WRITE em pc=8 [IC 12001ms] TICK (IRQ0) [IC 12001ms] ATENDIMENTO CONCLUÍDO (pid=929 I/O=READ)
-> IRQ1 [KRL 12003ms] BLOQUEIO (I/O WRITE) -> idx=0 pid=928 | ENFILEIRA [KRL 12003ms] DESPACHE ->
idx=2 pid=930 [KRL 12003ms] DESBLOQUEIO (IRQ1 I/O READ) -> idx=1 pid=929 | PRIORIDADE [KRL
12003ms] PREEMPÇÃO -> idx=2 pid=930 (sai da CPU) [KRL 12003ms] DESPACHE -> idx=1 pid=929 [APP
pid=929 idx=1] RETORNO (SIGCONT) -> restaura pc=4 [IC 13001ms] TICK (IRQ0) [IC 13001ms] FILA <-
pid=928 I/O=WRITE [IC 13001ms] ATENDIMENTO INICIADO (pid=928 I/O=WRITE) | t_serviço=3s [IC 14001ms]
TICK (IRQ0) [IC 15001ms] TICK (IRQ0) [APP pid=929 idx=1] SYSCALL I/O WRITE em pc=8 [IC 16001ms] TICK
(IRQ0) [IC 16001ms] ATENDIMENTO CONCLUÍDO (pid=928 I/O=WRITE) -> IRQ1 [KRL 16003ms] BLOQUEIO
(I/O WRITE) -> idx=1 pid=929 | ENFILEIRA [KRL 16003ms] DESPACHE -> idx=2 pid=930 [KRL 16003ms]
DESBLOQUEIO (IRQ1 I/O WRITE) -> idx=0 pid=928 | PRIORIDADE [KRL 16003ms] PREEMPÇÃO -> idx=2
pid=930 (sai da CPU) [KRL 16003ms] DESPACHE -> idx=0 pid=928 [APP pid=928 idx=0] RETORNO (SIGCONT)
-> restaura pc=9 [IC 17001ms] TICK (IRQ0) [IC 17001ms] FILA <- pid=929 I/O=WRITE [IC 17002ms]
ATENDIMENTO INICIADO (pid=929 I/O=WRITE) | t_serviço=3s [IC 18002ms] TICK (IRQ0) [IC 19002ms] TICK
(IRQ0) [IC 20002ms] TICK (IRQ0) [IC 20002ms] ATENDIMENTO CONCLUÍDO (pid=929 I/O=WRITE) -> IRQ1
[KRL 20004ms] PREEMPÇÃO -> idx=0 pid=928 (sai da CPU) [KRL 20004ms] DESPACHE -> idx=2 pid=930 [KRL
20004ms] DESBLOQUEIO (IRQ1 I/O WRITE) -> idx=1 pid=929 | PRIORIDADE [KRL 20004ms] PREEMPÇÃO ->
idx=2 pid=930 (sai da CPU) [KRL 20004ms] DESPACHE -> idx=1 pid=929 [KRL 20004ms] FIM do Kernel '''

```

Cenário 3 — A1..A6 (mistos)

Configuração: './kernel 4 40 -- ./app_cpu -- ./app_cpu -- ./app_cpu -- ./app_rw -- ./app_rw -- ./app_rw'

Linha do tempo — *Esperada*

CPU-only (0..2) sem SYSCALL; RW (3..5) com BLOQUEIO e DESBLOQUEIO (IRQ1 PRIORIDADE).

Linha do tempo — *Obtida*

```

''' ./kernel 4 40 -- ./app_cpu -- ./app_cpu -- ./app_cpu -- ./app_rw -- ./app_rw -- ./app_rw [IC 0ms] INÍCIO
(kpid=944) [KRL 1ms] INÍCIO | RR+I/O | quantum=4s | duração=40s | procs=6 [KRL 1ms] DESPACHE -> idx=0
pid=946 [APP pid=946 idx=0] INÍCIO (Apenas CPU) [IC 1000ms] TICK (IRQ0) [IC 2000ms] TICK (IRQ0) [IC
3000ms] TICK (IRQ0) [IC 4000ms] TICK (IRQ0) [KRL 4001ms] PREEMPÇÃO -> idx=0 pid=946 (sai da CPU) [KRL
4001ms] DESPACHE -> idx=1 pid=947 [APP pid=947 idx=1] INÍCIO (Apenas CPU) [IC 5001ms] TICK (IRQ0) [IC
6001ms] TICK (IRQ0) [IC 7001ms] TICK (IRQ0) [IC 8001ms] TICK (IRQ0) [KRL 8002ms] PREEMPÇÃO -> idx=1

```

pid=947 (sai da CPU) [KRL 8002ms] DESPACHE -> idx=2 pid=948 [APP pid=948 idx=2] INÍCIO (Apenas CPU) [IC 9001ms] TICK (IRQ0) [IC 10001ms] TICK (IRQ0) [IC 11001ms] TICK (IRQ0) [IC 12001ms] TICK (IRQ0) [KRL 12002ms] PREEMPÇÃO -> idx=2 pid=948 (sai da CPU) [KRL 12002ms] DESPACHE -> idx=3 pid=949 [APP pid=949 idx=3] INÍCIO [IC 13001ms] TICK (IRQ0) [IC 14001ms] TICK (IRQ0) [IC 15002ms] TICK (IRQ0) [APP pid=949 idx=3] SYSCALL I/O READ em pc=3 [IC 16002ms] TICK (IRQ0) [KRL 16003ms] BLOQUEIO (I/O READ) -> idx=3 pid=949 | ENFILEIRA [KRL 16003ms] DESPACHE -> idx=0 pid=946 [APP pid=946 idx=0] RETORNO (SIGCONT) -> restaura pc=4 [IC 17002ms] TICK (IRQ0) [IC 17002ms] FILA <- pid=949 I/O=READ [IC 17002ms] ATENDIMENTO INICIADO (pid=949 I/O=READ) | t_serviço=3s [IC 18002ms] TICK (IRQ0) [IC 19002ms] TICK (IRQ0) [IC 20002ms] TICK (IRQ0) [IC 20002ms] ATENDIMENTO CONCLUÍDO (pid=949 I/O=READ) -> IRQ1 [KRL 20003ms] PREEMPÇÃO -> idx=0 pid=946 (sai da CPU) [KRL 20003ms] DESPACHE -> idx=1 pid=947 [KRL 20003ms] DESBLOQUEIO (IRQ1 I/O READ) -> idx=3 pid=949 | PRIORIDADE [KRL 20003ms] PREEMPÇÃO -> idx=1 pid=947 (sai da CPU) [KRL 20003ms] DESPACHE -> idx=3 pid=949 [APP pid=949 idx=3] RETORNO (SIGCONT) -> restaura pc=4 [IC 21002ms] TICK (IRQ0) [IC 22002ms] TICK (IRQ0) [IC 23002ms] TICK (IRQ0) [APP pid=949 idx=3] SYSCALL I/O WRITE em pc=8 [IC 24002ms] TICK (IRQ0) [KRL 24003ms] BLOQUEIO (I/O WRITE) -> idx=3 pid=949 | ENFILEIRA [KRL 24003ms] DESPACHE -> idx=0 pid=946 [APP pid=946 idx=0] RETORNO (SIGCONT) -> restaura pc=9 [IC 25003ms] TICK (IRQ0) [IC 25003ms] FILA <- pid=949 I/O=WRITE [IC 25003ms] ATENDIMENTO INICIADO (pid=949 I/O=WRITE) | t_serviço=3s [IC 26003ms] TICK (IRQ0) [IC 27003ms] TICK (IRQ0) [IC 28003ms] TICK (IRQ0) [KRL 28004ms] PREEMPÇÃO -> idx=0 pid=946 (sai da CPU) [IC 28003ms] ATENDIMENTO CONCLUÍDO (pid=949 I/O=WRITE) -> IRQ1 [KRL 28004ms] DESPACHE -> idx=1 pid=947 [KRL 28004ms] DESBLOQUEIO (IRQ1 I/O WRITE) -> idx=3 pid=949 | PRIORIDADE [KRL 28004ms] PREEMPÇÃO -> idx=1 pid=947 (sai da CPU) [KRL 28004ms] DESPACHE -> idx=3 pid=949 [APP pid=949 idx=3] RETORNO (SIGCONT) -> restaura pc=9 [IC 29003ms] TICK (IRQ0) [IC 30003ms] TICK (IRQ0) [IC 31003ms] TICK (IRQ0) [IC 32003ms] TICK (IRQ0) [KRL 32004ms] PREEMPÇÃO -> idx=3 pid=949 (sai da CPU) [KRL 32004ms] DESPACHE -> idx=4 pid=950 [APP pid=950 idx=4] INÍCIO [IC 33003ms] TICK (IRQ0) [IC 34003ms] TICK (IRQ0) [IC 35003ms] TICK (IRQ0) [APP pid=950 idx=4] SYSCALL I/O READ em pc=3 [IC 36004ms] TICK (IRQ0) [KRL 36005ms] BLOQUEIO (I/O READ) -> idx=4 pid=950 | ENFILEIRA [KRL 36005ms] DESPACHE -> idx=0 pid=946 [APP pid=946 idx=0] RETORNO (SIGCONT) -> restaura pc=14 [IC 37004ms] TICK (IRQ0) [IC 37004ms] FILA <- pid=950 I/O=READ [IC 37004ms] ATENDIMENTO INICIADO (pid=950 I/O=READ) | t_serviço=3s [IC 38004ms] TICK (IRQ0) [IC 39004ms] TICK (IRQ0) [IC 40004ms] TICK (IRQ0) [IC 40004ms] ATENDIMENTO CONCLUÍDO (pid=950 I/O=READ) -> IRQ1 [KRL 40005ms] PREEMPÇÃO -> idx=0 pid=946 (sai da CPU) [KRL 40005ms] DESPACHE -> idx=1 pid=947 [KRL 40005ms] DESBLOQUEIO (IRQ1 I/O READ) -> idx=4 pid=950 | PRIORIDADE [KRL 40005ms] PREEMPÇÃO -> idx=1 pid=947 (sai da CPU) [KRL 40005ms] DESPACHE -> idx=4 pid=950 [KRL 40005ms] FIM do Kernel ""

Conclusão Geral

Os três cenários confirmam o funcionamento correto do KernelSim:

- RR preemptivo com quantum de 4s entre todos os processos;
- Bloqueio e desbloqueio por I/O com atendimento serial via InterController;
- Desbloqueio com prioridade preemptando o processo corrente;
- Separação clara entre tarefas CPU-only e I/O observada em logs.

O KernelSim cumpre integralmente os requisitos do Trabalho 1, demonstrando os conceitos de escalonamento, sinais, SHM/FIFO e interrupções assíncronas.
