

Tema4Introduccion-a-los-sistemas...



beatrizmartin05



Sistemas Concurrentes y Distribuidos



2º Grado en Ingeniería Informática



**Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación
Universidad de Granada**



MÁSTER EN

Inteligencia Artificial & Data Management

MADRID

Formamos
talento para un futuro
Sostenible

saber más



Esto no son apuntes pero **tiene un 10 asegurado** (y lo vas a disfrutar igual).

Abre la Cuenta NoCuenta con el código **WUOLAH10**, haz tu primer pago y llévate 10 €.

Me interesa

1/6

Este número es indicativo del riesgo del producto, siendo 1/6 indicativo de menor riesgo y 6/6 de mayor riesgo.

ING BANK NV se encuentra adherido al Sistema de Garantía de Depósitos Holandés con una garantía de hasta 100.000 euros por depositante. Consulta más información en [ing.es](https://www.ing.es)



INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE TIEMPO REAL

1. CONCEPTO DE SISTEMA DE TIEMPO REAL. MEDIDAS DE TIEMPO Y MODELO DE TAREAS

1.1. Definición, tipos y ejemplos

Sistemas de tiempo real:

- Constituyen un tipo de sistema en el que la ejecución del sistema se debe producir dentro de unos plazos de tiempo predefinidos para que funcione con la suficiente garantía.
- En un sistema de tiempo real concurrente, además, será necesario que todos los procesos, sobre un procesador o sobre varios, se ejecuten en los plazos de tiempo predefinidos.

Stankovic (1997) da la siguiente definición:

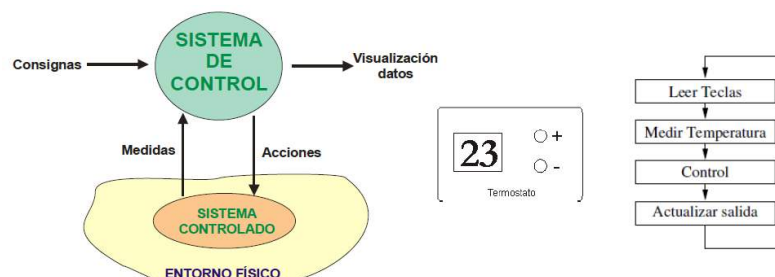
Un sistema de tiempo real es aquel sistema cuyo funcionamiento correcto depende no sólo de resultados lógicos producidos por el mismo, sino también del instante de tiempo en el que se producen esos resultados

Corrección Funcional + Corrección Temporal

El incumplimiento de una restricción temporal lleva a un fallo del sistema

Ejemplo: sistema de control

- Objetivo: Ejecutar el lazo de control del sistema en instantes de tiempo prefijados.
- Condición de tiempo real: no puede haber retrasos en la ejecución del lazo de control, ya que afecta al rendimiento y provoca pérdida de estabilidad.



Consulta condiciones aquí



do your thing

WUOLAH

Tipos de Sistemas de Tiempo Real

- **Sistemas en línea:** Siempre están disponibles, pero no se garantiza una respuesta en un intervalo de tiempo acotado.

Ej: Cajeros automáticos, sistemas de reservas de vuelo.

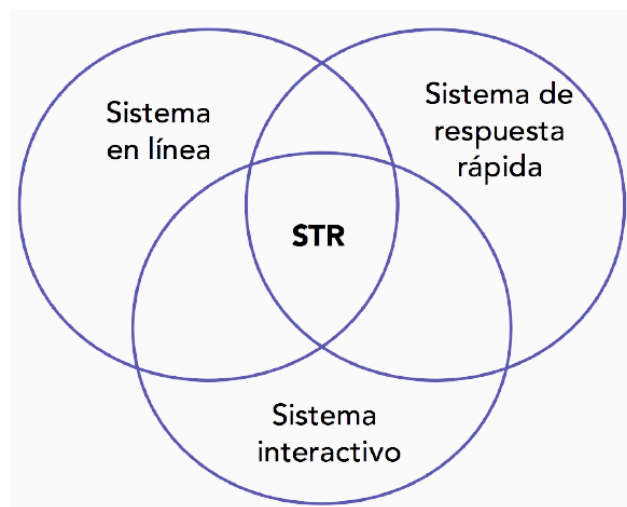
- **Sistemas interactivos:** Suelen ofrecer una respuesta en un tiempo acotado, aunque no importa si ocasionalmente tardan más.

Ej: Reproductor DVD, sistema aire acondicionado, juegos...

- **Sistemas de respuesta rápida:** Los sistemas ofrecen una respuesta en un tiempo acotado y lo más corto posible.

Ej. Sistemas anti-incendios, alarmas...

Características



Ejemplos

En la actualidad hay muchos ejemplos de uso de Sistemas de Tiempo Real.

Podemos citar algunos de ellos:

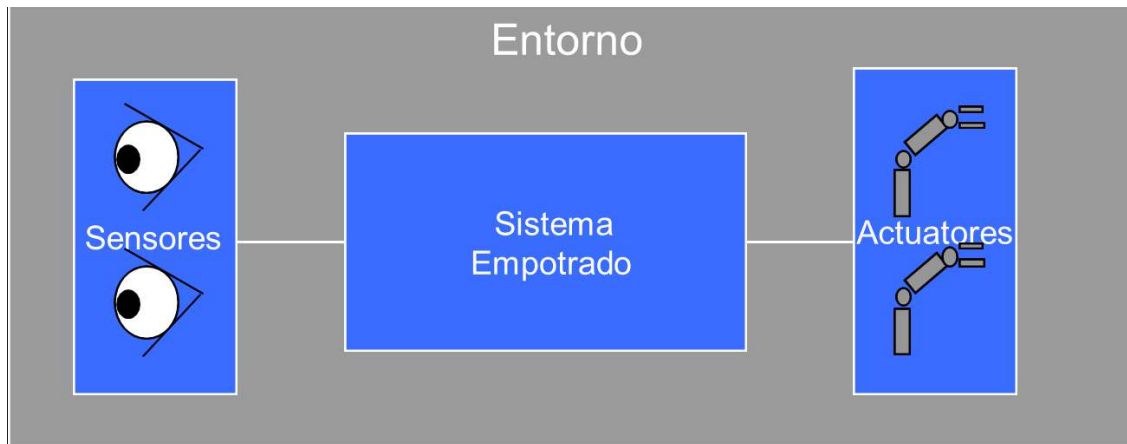
1. Automoción: sistema de ignición, transmisión, dirección asistida, frenos antibloqueo (ABS), control de la tracción...
2. Electrodomésticos: televisores, lavadoras, hornos de microondas, reproductores de vídeo o DVDs, sistemas de seguridad y vigilancia...
3. Aplicaciones aeroespaciales: control de vuelos, pilotos automáticos...
4. Equipamiento médico: sistemas de monitorización de anestesia...
5. Sistemas de defensa: como sistemas radar de aviones, sistemas de radio, control de misiles...

1.2. Propiedades de los Sistemas de Tiempo Real

Al depender la corrección del sistema de las restricciones temporales, los sistemas de tiempo real tienen que cumplir una serie de propiedades:

- Reactividad
- Predecibilidad
- Confiabilidad

1. **Reactividad:** El sistema tiene que interaccionar con el entorno y responder de la manera esperada a los estímulos externos dentro de un intervalo de tiempo previamente definido.



2. **Predecibilidad:** tener un comportamiento predecible implica que la ejecución del sistema tiene que ser determinista, y por lo tanto, se debe garantizar su ejecución dentro del plazo de tiempo definido.

- Las respuestas han de producirse dentro de las restricciones temporales impuestas por el entorno, suele ser diferente para cada proceso del sistema.
- Es necesario conocer el comportamiento temporal de los componentes software y hardware utilizados, así como del lenguaje de programación.
- Si no se puede tener un conocimiento temporal exacto, hay que definir marcos de tiempo acotados.

3. **Confiabilidad:** mide el grado de confianza que se tiene del sistema.

Depende de:

- Disponibilidad (availability). Capacidad de proporcionar servicios siempre que se solicita.
- Robustez o tolerancia a fallos (fault tolerant). Capacidad de operar en situaciones excepcionales sin poseer un comportamiento catastrófico.
- Fiabilidad (reliability). Capacidad de ofrecer siempre los mismos resultados bajo las mismas condiciones.
- Seguridad: Capacidad de protegerse ante ataques o fallos accidentales o deliberados (safety), e invulnerabilidad de los datos (security).

Sistemas de tiempo real críticos

A veces la **confiabilidad es crítica**, es decir, su no cumplimiento lleva a una pérdida humana o económica.

- El sistema se denomina sistema de tiempo real crítico (safety-critical system).

Ej: sistemas de aviónica, centrales nucleares...

Esto no son apuntes pero **tiene un 10 asegurado** (y lo vas a disfrutar igual).

Abre la Cuenta NoCuenta con el código **WUOLAH10**, haz tu primer pago y llévate 10 €.

Me interesa

1/6

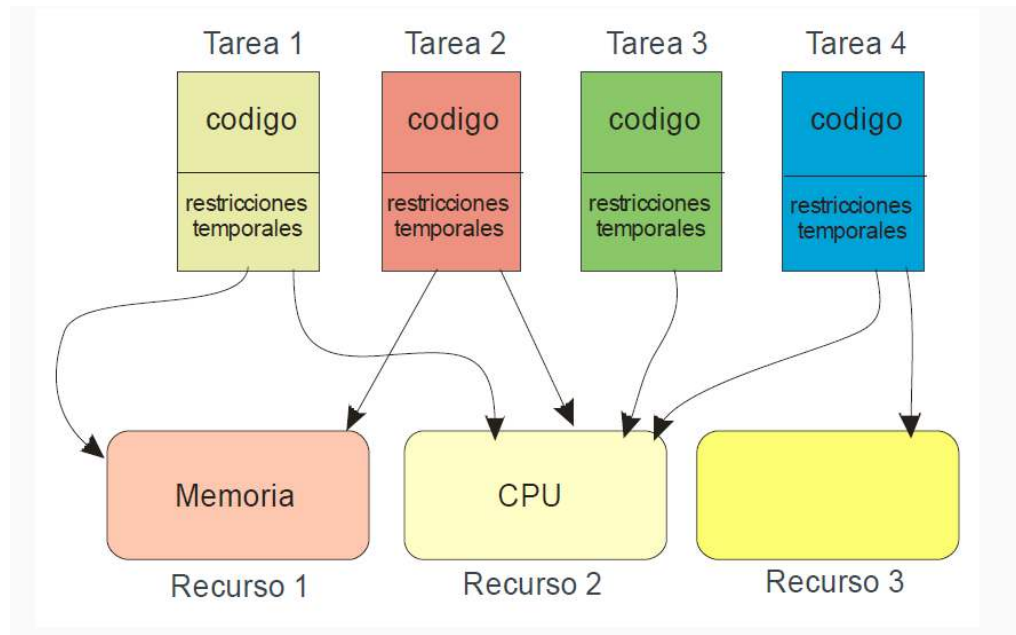
Este número es indicativo del riesgo del producto, siendo 1/6 indicativo de menor riesgo y 6/6 de mayor riesgo.

ING BANK NV se encuentra adherido al Sistema de Garantía de Depósitos Holandes con una garantía de hasta 100.000 euros por depositante. Consulta más información en [ing.es](https://www.ing.es)



1.3. Modelo de Tareas

Un sistema de tiempo real se estructura en tareas que acceden a los recursos del sistema:



Tareas en un STR

Una **tarea** es un conjunto de acciones que describen el comportamiento del sistema o parte de él en base a la ejecución secuencial de un trozo de código. Equivalente a **proceso o hebra**.

- La tarea satisface una necesidad funcional concreta.
- La tarea tiene definida unas restricciones temporales a partir de los Atributos Temporales.
- Una tarea activada es una tarea en ejecución o pendiente de ejecutar.
- Decimos que una tarea se activa cuando se hace necesario ejecutarla una vez.
- El instante de activación de una tarea es el instante de tiempo a partir del cual debe ejecutarse (cuando pasa de desactivada a activada).

Recursos en un STR. Atributos

Los recursos son elementos disponibles para la ejecución de las tareas.

Se distinguen dos tipos de recursos:

1. Recursos Activos: procesador, red...
2. Recursos Pasivos: datos, memoria, dispositivos de E/S...

Asumimos que cada CPU disponible se dedica a ejecutar una o varias tareas, de acuerdo al esquema de planificación en uso.

- Si una CPU ejecuta más de una tarea, el tiempo de la CPU debe repartirse entre varias tareas.

Consulta condiciones aquí



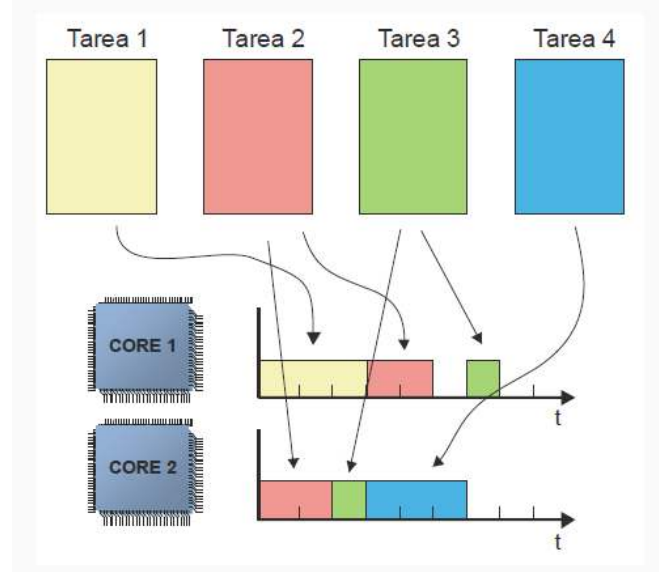
do your thing

WUOLAH

Los requisitos de un sistema de tiempo real obligan a asociar un conjunto de atributos temporales a cada tarea de un sistema. Estos atributos son restricciones acerca de cuándo se ejecuta/activa cada tarea y cuánto puede tardar en completarse desde que se activa.

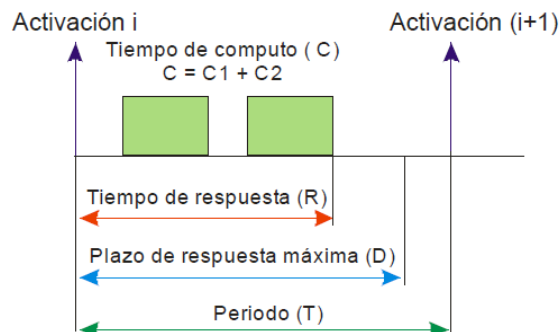
Planificación de Tareas

La planificación de las tareas es una labor de diseño que determina cómo se le asignan a cada tarea los recursos activos de un sistema de forma que se garantice el cumplimiento de las restricciones dadas por los atributos temporales de la tarea.



Atributos temporales de una tarea

- **Tiempo de cómputo o de ejecución (C):** Tiempo necesario para la ejecución de la tarea.
- **Tiempo de respuesta (R):** Tiempo que ha necesitado la tarea para completarse totalmente a partir del instante de activación.
- **Plazo de respuesta máxima (deadline) (D):** máximo tiempo de respuesta posible.
- **Periodo (T):** Intervalo de tiempo entre dos activaciones sucesivas (en el caso de una tarea periódica).



1/6

Este número es indicativo del riesgo del producto, siendo 1/6 indicativo de menor riesgo y 6/6 de mayor riesgo.

ING BANK NV se encuentra adherido al Sistema de Garantía de Depósitos Holandés con una garantía de hasta 100.000 euros por depositante. Consulta más información en ing.es

Que te den **10 € para gastar**
es una fantasía.
ING lo hace realidad.

Abre la **Cuenta NoCuenta** con el código
WUOLAH10, haz tu primer pago y llévate 10 €.

Quiero el cash

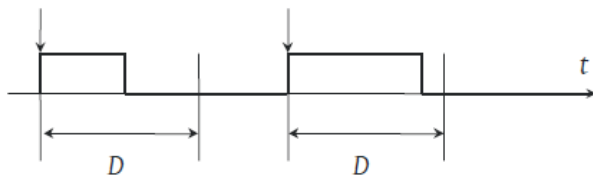
[Consulta condiciones aquí](#)



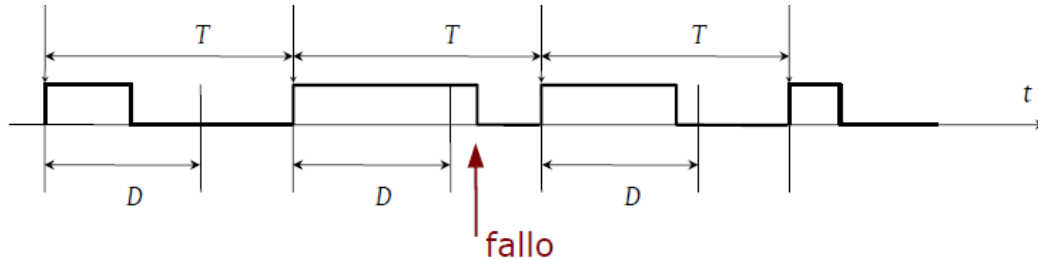
do your thing

Tipos de tareas según la recurrencia de sus activaciones

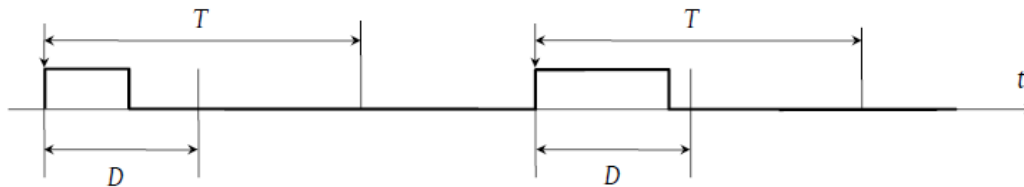
- **Aperiódica**: se activa en instantes arbitrarios (no tiene T).



- **Periódica**: repetitiva, T es el tiempo exacto entre activaciones.



- **Esporádica**: repetitiva, T es el intervalo mínimo entre activaciones.



Diseño de la planificación de tareas

El problema de la planificación supone:

- Determinar los procesadores disponibles a los que se puede asociar las tareas.
- Determinar las relaciones de dependencia de las tareas.
- Determinar el orden de ejecución de la tareas para garantizar las restricciones especificadas.

Esquema de planificación de tareas

Para determinar la planificabilidad de un conjunto de tareas se requiere un esquema de planificación que cubra los dos siguientes aspectos:

- Un **algoritmo de planificación**, que define un criterio que determina el orden de acceso de las tareas a los distintos procesadores.
- Un **método de análisis** (test de planificabilidad) que permite predecir el comportamiento temporal del sistema, y determina si la planificabilidad es factible bajo las condiciones o restricciones especificadas.
 - En general se estudia el peor comportamiento posible, es decir, con el **WCET** (Worst Case Execution Time).

Esto no son apuntes pero **tiene un 10 asegurado** (y lo vas a disfrutar igual).

Abre la Cuenta NoCuenta con el código **WUOLAH10**, haz tu primer pago y llévate 10 €.

Me interesa

1/6

Este número es indicativo del riesgo del producto, siendo 1/6 indicativo de menor riesgo y 6/6 de mayor riesgo.

ING BANK NV se encuentra adherido al Sistema de Garantía de Depósitos Holandes con una garantía de hasta 100.000 euros por depositante. Consulta más información en [ing.es](https://www.ing.es)



Cálculo del WCET

Suponemos que siempre se conoce el valor **WCET (Cw)**, que es el máximo valor de C para cualquier ejecución posible de dicha tarea.

Hay dos formas de obtener Cw:

1. **Medida directa** del tiempo de ejecución: se realizan múltiples experimentos, y se hace una estadística.
2. Análisis del código, se basa en calcular el peor tiempo: se descompone el código en un grafo de bloques secuenciales, se calcula el tiempo de ejecución de cada bloque y se busca el camino más largo.

Restricciones temporales de una tarea

Para determinar la planificación del sistema necesitamos conocer las restricciones temporales de cada tarea del sistema.

Ej1: C = 2 ms, T = D = 10 ms.

Se activa cada 10 ms, y se ejecuta en un tiempo de 2 ms en el peor de los casos.

Ej2: C = 10 ms, T = 100 ms; D = 90 ms.

se activa cada 100 ms, se ejecuta en cada activación un máximo de 10 ms, y desde que se inicia la activación hasta que concluye no pueden pasar más de 90 ms.

Las restricciones temporales para un conjunto de n tareas periódicas se especifican dando una tabla con los valores de Ti, Ci y Di para cada una de ellas (con i desde 1 hasta n).

- La i-ésima tarea ocupa una fracción Ci/Ti del tiempo total de una CPU.
- El **factor de utilización U** es la suma de esas fracciones para todas las tareas, es decir:

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i}$$

En un hardware con p procesadores disponibles para ejecutar las tareas, si **U > p** entonces el **sistema no es planificable**. Incluso dedicando a ejecutar tareas el 100 % del tiempo de cada uno de los p procesadores, alguna tarea no podrá acabar en su período.

2. ESQUEMAS DE PLANIFICACIÓN

Tipos de esquemas de planificación (para un sistema monoprocesador):

- **Planificación estática off-line sin prioridades** (ejecutivo cíclico).
- **Planificación basada en prioridades de tareas:**
 - **Estáticas:** prioridades preasignadas, no cambian:
 - **RMS** (Rate Monotonic Scheduling): prioridad a la tarea con menor T.
 - **DMS** (Deadline Monotonic Scheduling): prioridad a la tarea con menor deadline D.

Consulta condiciones aquí



do your thing

WUOLAH

- **Dinámicas:** prioridades cambiantes durante la ejecución:
 - **EDF** (Earliest Deadline First): prioridad a la tarea con el deadline más próximo.
 - **LLF** (Least Laxity First): prioridad a tarea de menor holgura (tiempo hasta deadline menos tiempo de ejecución restante).

2.1. Planificación cíclica

La planificación se basa en diseñar un programa (ejecutivo cíclico) que implementa un plan de ejecución (plan principal) que garantice los requisitos temporales.

- El programa es un bucle infinito tal, que cada iteración tiene una duración prefijada, siempre igual. El bucle se denomina **ciclo principal**.
- En cada iteración del bucle principal se ejecuta otro bucle acotado con k iteraciones (k es constante). Cada iteración dura siempre lo mismo y en ella se ejecutan completamente una o varias tareas. A este bucle interno (acotado) se le denomina **ciclo secundario**.
- El **entrelazado de las tareas** en cada iteración del ciclo principal es siempre el mismo. Una iteración número i del ciclo secundario puede tener un entrelazado distinto a otra iteración número j .

Duraciones del ciclo principal y el secundario

Las duraciones de ambos ciclos son valores enteros (se supone que el tiempo se mide en múltiplos enteros de alguna unidad de tiempo).

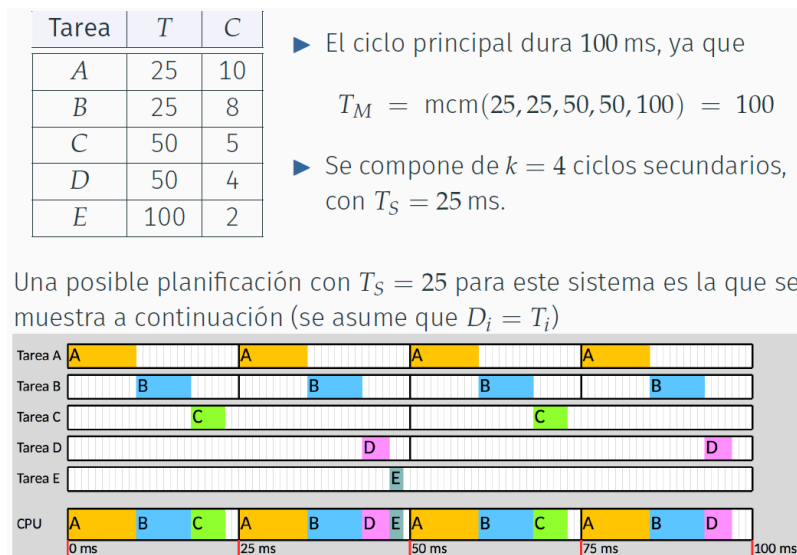
- La **duración del ciclo principal** se denomina **hiperperiodo** y se escribe como T_M . El hiperperiodo es el mínimo común múltiplo de los periodos de todas las tareas:

$$T_M = \text{mcm}(T_1, T_2, \dots, T_n)$$

por tanto, los instantes de inicio de cada iteración del ciclo principal coinciden con los instantes en los cuales todas las tareas se activan de nuevo a la vez.

- La **duración del ciclo secundario** se denomina **T_S** . Lógicamente, se debe cumplir $T_M = k T_S$.

Ejemplo e implementación (del ejemplo) de planificación cíclica:



Cada tarea se ejecuta llamando a un procedimiento homónimo:

```
process EjecutivoCiclico ;
  var inicio : time_point := now() ; { instante inicio ciclo principal }
begin
  while true do begin { ciclo principal }
    { ejecutar cada una de las 4 iteraciones del ciclo secundario }
    A(); B(); C();      sleep_until( inicio+25 );
    A(); B(); D(); E();  sleep_until( inicio+50 );
    A(); B(); C();      sleep_until( inicio+75 );
    A(); B(); D();      sleep_until( inicio+100 );
    inicio = inicio + 100 ; { actualizar instante de inicio de c.p. }
  end
end
```

El tipo `time_point` sirve para variables que guardan instantes de tiempo. La función `now` devuelve el instante actual. La función `sleep_until` deja el proceso bloqueado hasta el instante especificado. Se puede sumar una duración positiva a un instante y obtener otro instante posterior.

Selección de la duración del ciclo secundario

Para seleccionar un valor apropiado de T_s se deben tener en cuenta estas restricciones y esta sugerencia:

- **Restricciones:** necesariamente se cumplen estas dos.
 1. El valor T_s tiene que ser un divisor del valor T_M .
 2. El valor de T_s tiene que ser mayor o igual que el tiempo de cómputo (C_i) de cualquier tarea, es decir, se cumple:

$$\text{máximo}(C_1, C_2, \dots, C_n) \leq T_s$$

- **Sugerencia:** es aconsejable intentar, en principio, que el ciclo secundario sea menor o igual que el mínimo deadline:

$$T_s \leq \text{mínimo}(D_1, D_2, \dots, D_n)$$

Propiedades de la Planificación Cíclica

- No hay concurrencia en la ejecución.
- Los procedimientos pueden compartir datos.
- No hace falta analizar el comportamiento temporal.

Problemas de la Planificación Cíclica

- Dificultad para incorporar tareas con periodos largos.
- Las tareas esporádicas son difíciles de tratar.
- El plan de ciclo del proyecto es difícil de construir.
- Es poco flexible y difícil de mantener.

Esto no son apuntes pero **tiene un 10 asegurado** (y lo vas a disfrutar igual).

Abre la Cuenta NoCuenta con el código **WUOLAH10**, haz tu primer pago y llévate 10 €.

Me interesa

1/6

Este número es indicativo del riesgo del producto, siendo 1/6 indicativo de menor riesgo y 6/6 de mayor riesgo.

ING BANK NV se encuentra adherido al Sistema de Garantía de Depósitos Holandés con una garantía de hasta 100.000 euros por depositante. Consulta más información en [ing.es](https://www.ing.es)



2.2. Planificación con prioridades

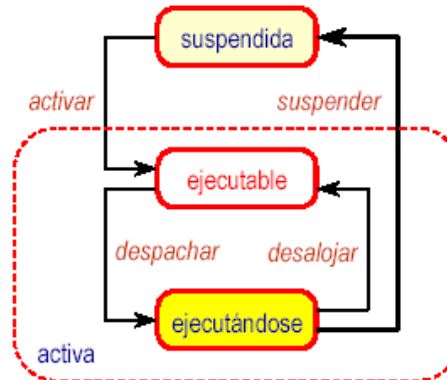
La planificación con prioridades permite solventar los problemas descritos. Cada tarea tiene **asociado un valor entero positivo**, llamado prioridad de la tarea:

- Por convención se asigna números enteros mayores a tareas más urgentes (más prioritarias).
- Las prioridades pueden ser constantes fijadas de antemano (estáticas), o bien pueden cambiar con el tiempo (dinámicas). En este caso, se deben calcular cada vez que hay consultarlas.

Planificación de las tareas (scheduling)

En este tipo de planificaciones debe existir un componente software (planificador) capaz de:

- Asignar el procesador a una tarea activa o ejecutable (**despachar/dispatch**).
- Desasignar la CPU a la tarea en ejecución (**desalojar** la tarea).
- Una tarea puede estar en **varios estados** (suspendida, ejecutable, ejecutándose).
- Las tareas ejecutables se despachan para su ejecución en orden de prioridad.



Funcionamiento del planificador

El planificador actúa en cada instante de tiempo en el que ocurre alguno de estos dos eventos:

1. Una o más de una **tarea se activa** (pasan al estado ejecutable).
2. La **tarea en ejecución termina** (pasa al estado suspendida).

A continuación, selecciona cualquier tarea A con una prioridad actual PA máxima entre todas las tareas ejecutables, después:

1. Si la **CPU está libre**, A pasa a estado ejecutándose.
2. Si la **CPU está ejecutando una tarea B** con prioridad actual PB:
 - Si **PA > PB**, la tarea A pasa al estado ejecutándose y B pasa al estado ejecutable (se dice que A desplaza a B).

Consulta condiciones aquí



do your thing

WUOLAH

- Si $PA \leq PB$, no hay cambios: A permanece ejecutable y B continúa ejecutándose.

Al inicio, todas las tareas se activan a la vez.

Planificación RMS (Rate Monotonic Scheduling)

Es un método de planificación estático on-line con asignación de la **mayor prioridad a las tareas más frecuentes** (con menor periodo T_i).

- A cada tarea i se le **asigna una prioridad** (P_i) basada en su periodo (T_i): cuanto menor sea el periodo (mayor frecuencia), mayor será su prioridad.
- En general, si un sistema es planificable, RMS puede encontrar una planificación sin fallos o no (para averiguarlo hay que usar algún test de planificabilidad o hacer el cronograma).
- RMS encontrará una **planificación sin fallos** cuando $U \leq 1$ para todo i :
 - D_i coincide con el correspondiente T_i .
 - T_i es múltiplo de cada T_j menor que T_i .

Ejemplo de planificación RMS:

Supongamos que tenemos un conjunto de tres tareas (1, 2 y 3) para las cuales se han fijado las siguientes restricciones temporales:

Tareas	C	D	T
1	10	30	30
2	5	40	40
3	9	50	50

La aplicación del método de planificación RMS indica que:

- la tarea 1 tiene la mayor prioridad,
- la tarea 2 tiene prioridad intermedia
- la tarea 3 tiene la menor prioridad.

Tests de Planificabilidad

Los tests de planificabilidad permiten determinar si el conjunto de tareas del sistema es planificable según un algoritmo de planificación antes de su ejecución.

- **Tests de planificabilidad suficientes** (éxito en la aplicación del test → sistema planificable, caso contrario → podría ser planificable o no serlo).
- **Tests de planificabilidad exactos** (caso de éxito → el sistema es planificable, caso contrario → el sistema no es planificable).

Test de Liu & Layland

Es un test suficiente, determina la planificabilidad para un sistema de n tareas periódicas independientes con prioridades RMS.

- Se usan dos valores reales, el factor de utilización (U), y el factor de utilización máximo ($U_0(n)$) (para n tareas). Se definen así:

$$U \equiv \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i} \quad U_0(n) \equiv n \left(\sqrt[n]{2} - 1 \right)$$

- El valor de $U_0(1)$ es 1. A partir de ahí decrece al crecer n , hasta el límite (para n infinito), que es $\ln 2 = 0.693147 \leq U_0(n)$, para todo n .

- Un sistema pasa el test si el factor de utilización es menor o igual que el máximo posible:

$$U \leq U_0(n)$$

En ese caso el sistema es planificable. En caso contrario, no se puede afirmar nada.

Ejemplo RMS cumpliendo el Test Liu & Layland

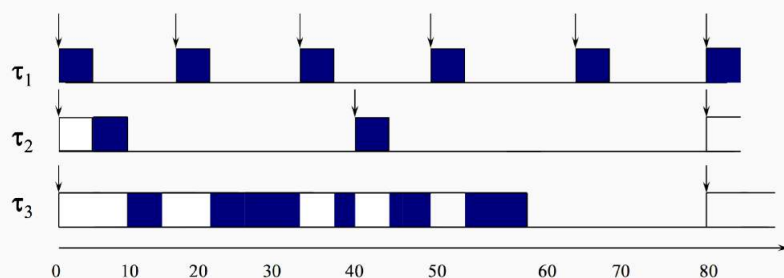
Supongamos ahora que tenemos estos datos de entrada:

Tareas	C	D	T	C/T
τ_1	4	16	16	0,250
τ_2	5	40	40	0,125
τ_3	32	80	80	0,400

El sistema pasa el Test de Liu & Layland, ya que:

$$U = 0,775 \leq 0,779 = U_0(3)$$

El cronograma de este sistema es este:



Ejemplo RMS no cumpliendo el Test Liu & Layland

Supongamos ahora que tenemos estos datos de entrada para un sistema:

Tareas	C	D	T
Tarea 1	10	30	30
Tarea 2	10	40	40
Tarea 3	10	50	50

Podemos calcular U y compararlo con $U_0(3)$:

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i} = \frac{10}{30} + \frac{10}{40} + \frac{10}{50} = 0,783333 \not\leq 0,779 = U_0(3)$$

es decir:

- ▶ El sistema no pasa el test.
- ▶ No podemos decir si es planificable o no lo es.
- ▶ Para saberlo, podemos analizar el cronograma.

Esto no son apuntes pero **tiene un 10 asegurado** (y lo vas a disfrutar igual).

Abre la Cuenta NoCuenta con el código **WUOLAH10**, haz tu primer pago y llévate 10 €.

Me interesa

1/6

Este número es indicativo del riesgo del producto, siendo 1/6 indicativo de menor riesgo y 6/6 de mayor riesgo.

ING BANK NV se encuentra adherido al Sistema de Garantía de Depósitos Holandés con una garantía de hasta 100.000 euros por depositante. Consulta más información en [ing.es](https://www.ing.es)

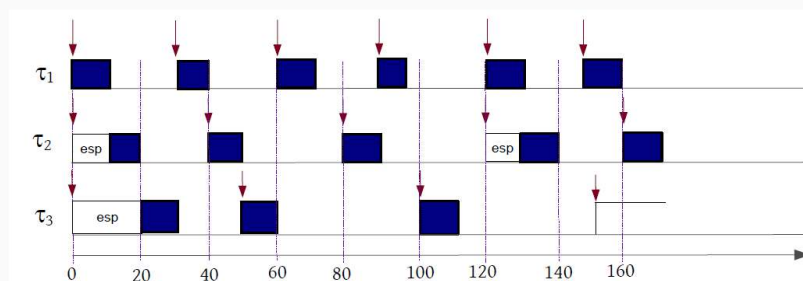


Ejemplo RMS sin cumplir test: cronograma

Para analizar la planificabilidad del sistema con dichas restricciones, hay que hacer el cronograma y verificar que:

- ▶ para cada tarea i , se cumple el plazo de respuesta: $R < D_i$
- ▶ esto se debe verificar para un hiperperiodo (después se repite).

En el ejemplo, se debería hacer el cronograma completo hasta $t = 600$ ($= \text{mcm}\{30, 40, 50\}$), aquí vemos una primera parte (hasta $t = 160$):



Planificación EDF (Earliest Deadline First)

Es un esquema de planificación con prioridades dinámicas. Se denomina EDF, o bien, primero el más urgente:

Se asigna una prioridad más alta a la tarea que se encuentre más próxima a su plazo de respuesta máxima (deadline).

Características:

- En caso de igualdad se hace una elección no determinista de la siguiente tarea a ejecutar.
- Es un algoritmo de planificación dinámica.
- Es más óptimo porque no es necesario que las tareas sean periódicas.
- Menos pesimista que RMS.

Test de planificabilidad para EDF

El test de planificación de Liu & Layland se puede aplicar también para el caso de planificación EDF.

- En este caso, un sistema pasa el test si el factor de utilización es menor o igual a la unidad:

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i} \leq 1$$

- Esto implica que la planificación EDF puede aplicarse a más sistemas que la planificación RMS.
- El test ahora es exacto.

Consulta condiciones aquí



WUOLAH

Ejemplo de planificación EDF

Vemos un sistema de ejemplo, y aplicamos el test

Tareas	C	D	T
J1	2	5	5
J2	4	7	7

Pasa el test de Liu & Layland (EDF):

$$U = \frac{2}{5} + \frac{4}{7} = 0,97 \leq 1$$

Se verifica que el sistema es planificable con EDF, pero no con RMS:

