



Taller de Tiempo-Real para Control Robótico



Dr. Nelson ACOSTA

Email: *nacosta@exa.unicen.edu.ar*



Contenido

- Qué es un **Sistema en Tiempo Real?**
(RTS)
- Características de un **RTS**.
- El Tiempo.
- Planificación de **RTS**
- Aplicaciones de **RTS**
- Diseño de **RTS**



Qué es un RTS ?

La complejidad de un sistema depende de:

- **Tamaño del programa.** En líneas de código
- **Variedad del sistema.** Depende de la variedad de eventos a los que debe responder.
- **Entorno.** Hace que el sistema evolucione continuamente.
- **Extensibilidad.** Los STR deben ser extensibles

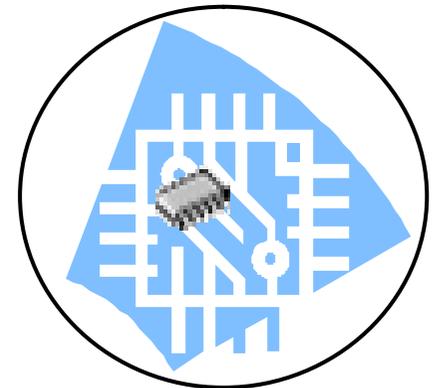
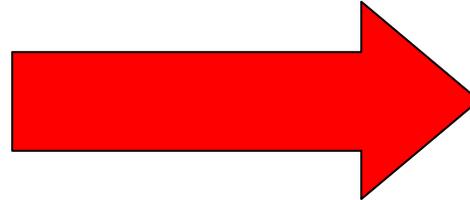
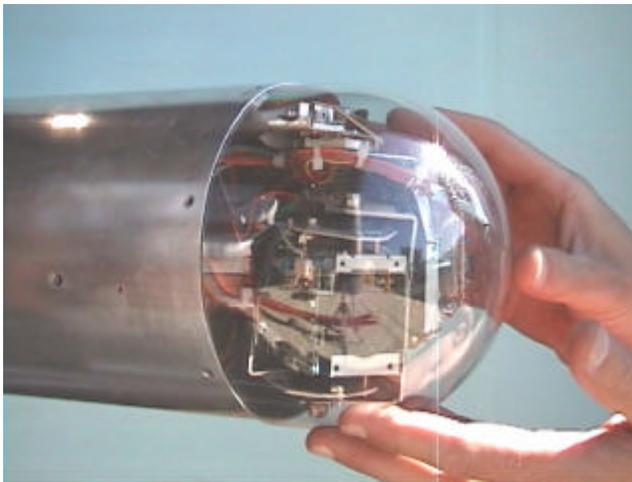
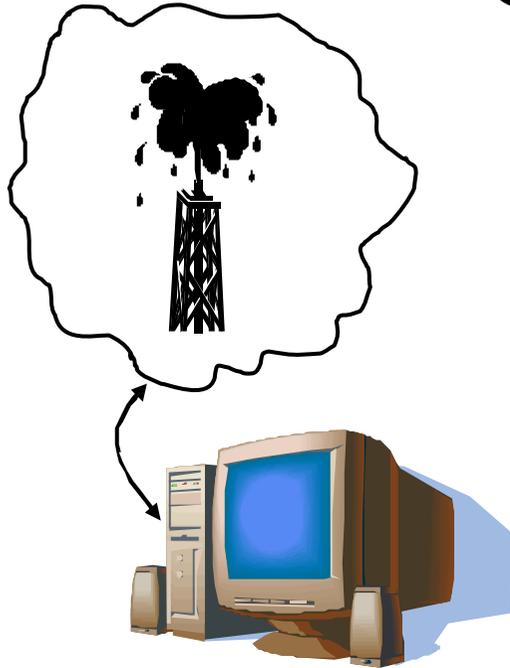
Qué es un RTS ?

Un sistema de tiempo real es un sistema de procesamiento de información el cual tiene que responder a estímulos de entrada generados externamente en un período finito y específico.

- Las respuestas correctas dependen no sólo de los resultados lógicos sino también del tiempo en que son entregadas.
- Las fallas para responder a tiempo son tan malas como una mala respuesta!.

Si en el sistema se incorporan eventos que evolucionan más rápidamente que las acciones que pueden manejarlos, entonces las acciones NO serán efectivas.

Qué es un RTS ?



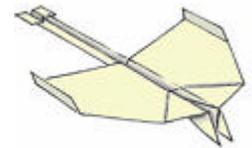
Sistema Empotrado₅

Control de vuelo: RTS?



Hacer cada ciclo de 1/180 segundos:

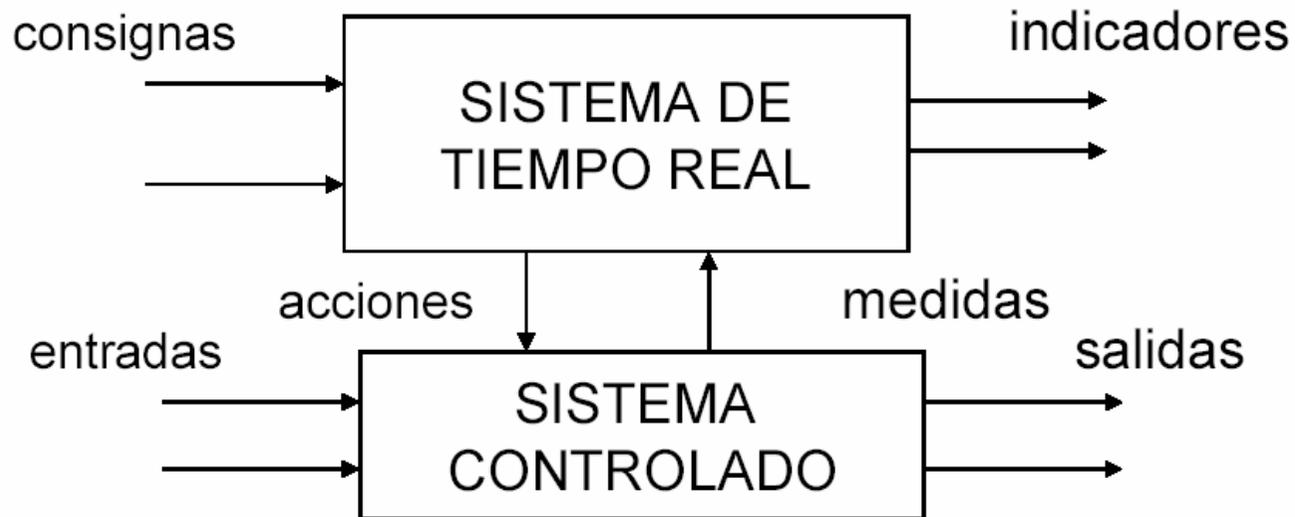
- **Validar** datos de sensores y **Seleccionar** fuente de datos; **si error** → **reconfigurar el sistema**.
- Calcular control externo: **inclinación, balanceo y guiñada** a **30Hz** (1x6 ciclos).
- Calcular control interno: **balanceo** (depende de control externo) a **90Hz** (1x2 ciclos).
- Calcular control interno: **guiñada** (depende de control interno anterior) a **20Hz** (1x9 ciclos).
- **Transmitir** los resultados de salida a los comandos
- **Ejecutar** los comandos
- **Esperar** al principio del siguiente ciclo



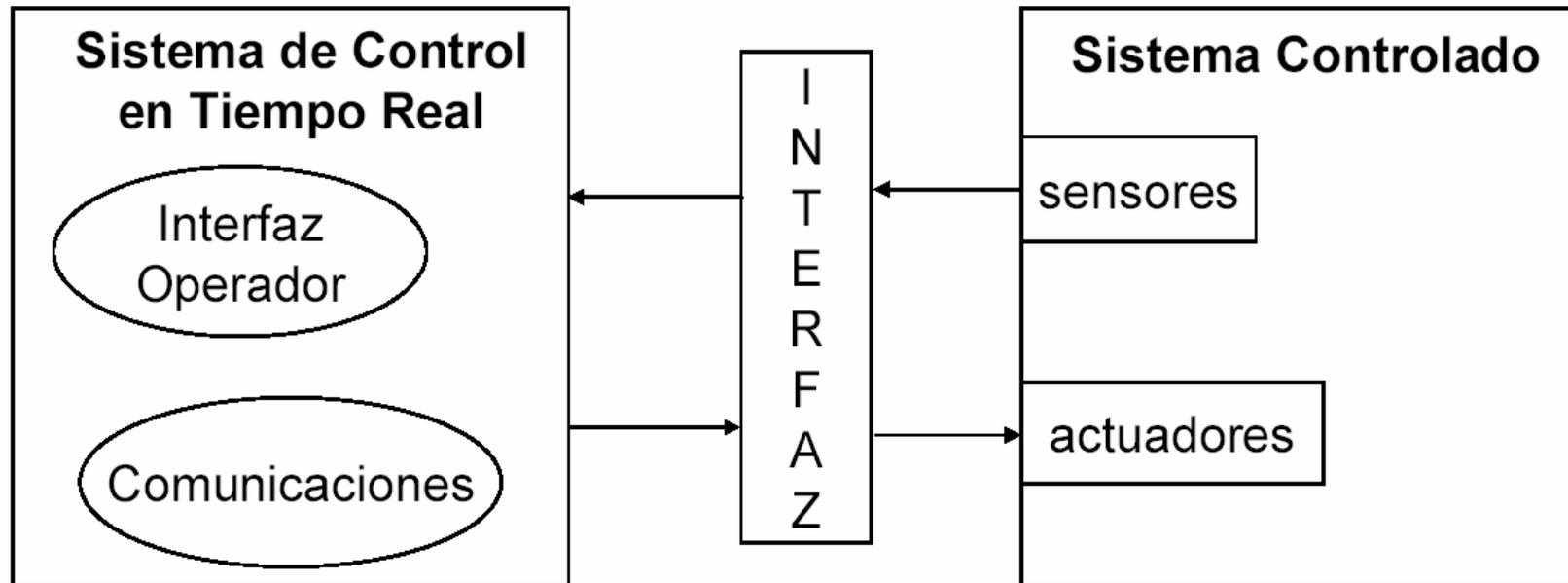
Qué es un RTS ?

Un sistema de tiempo real forma parte de un sistema más amplio (**Sistema Empotrado** o **Embedded System**).

El RTS debe adaptarse a la dinámica del sistema controlado.

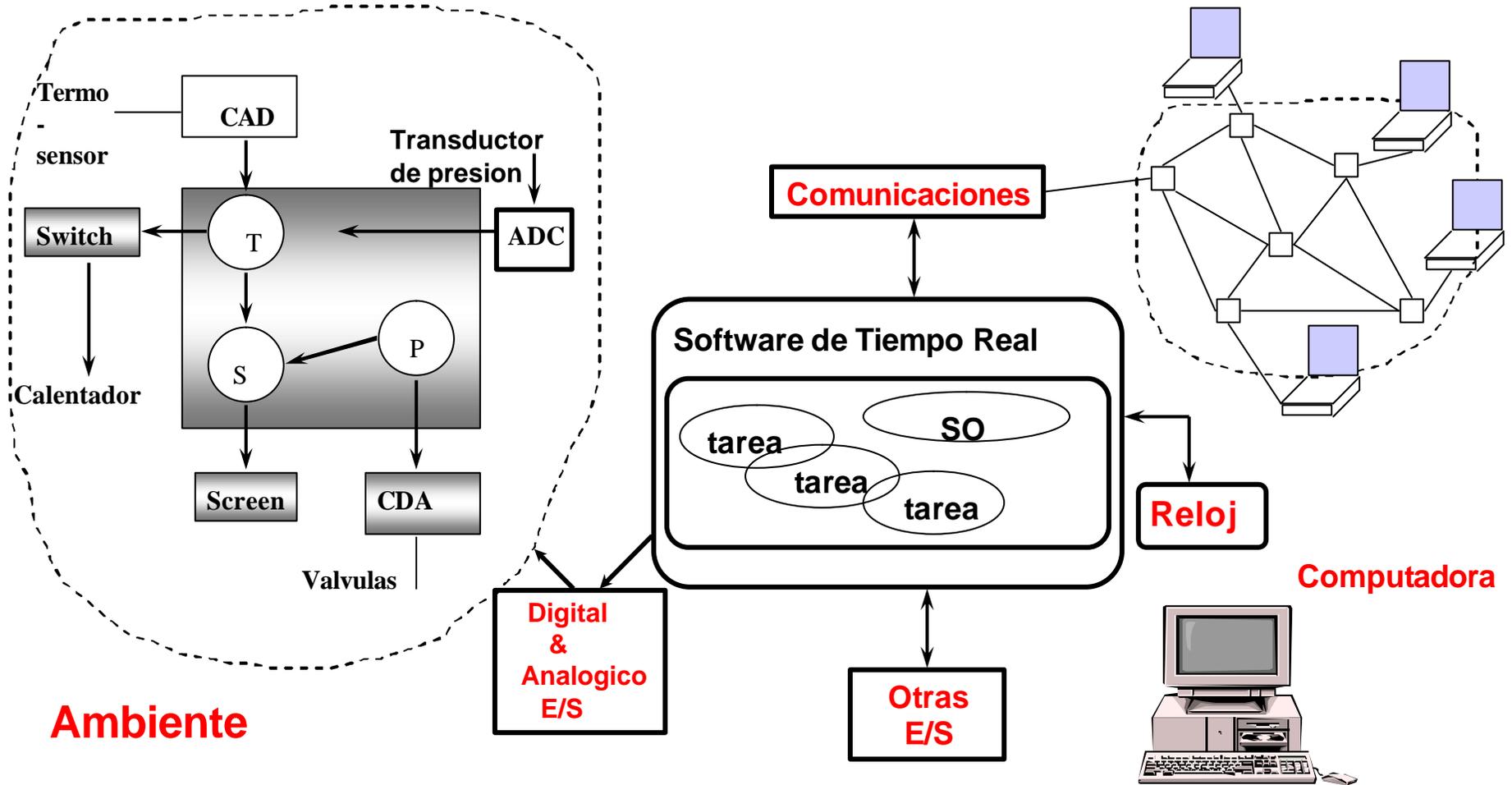


Qué es un RTS ?



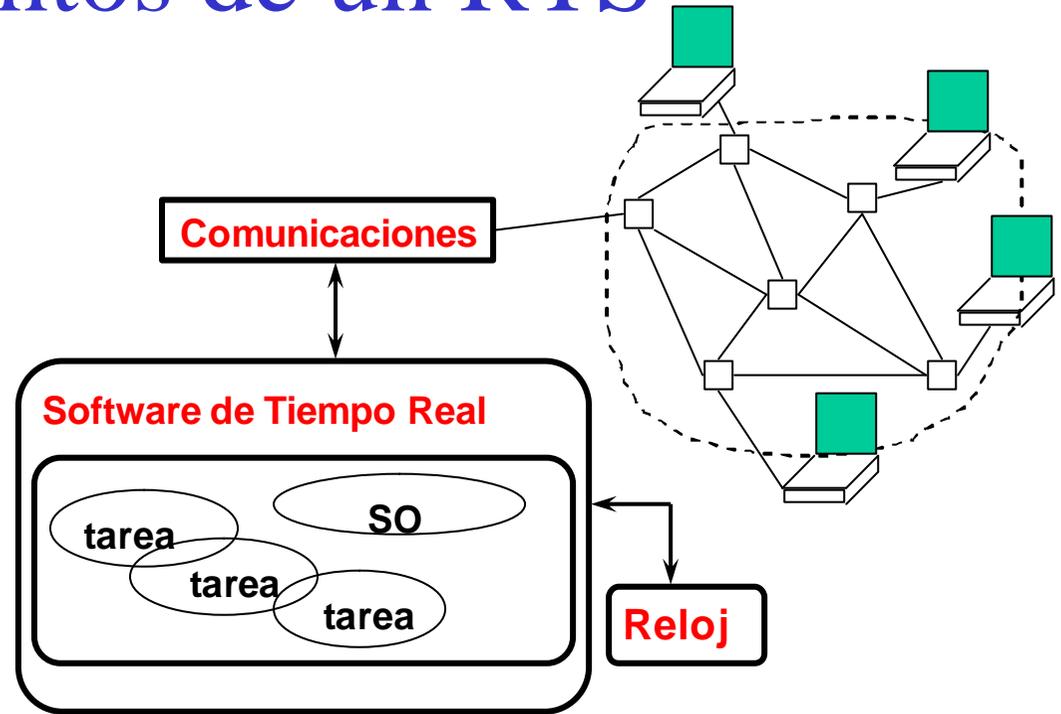
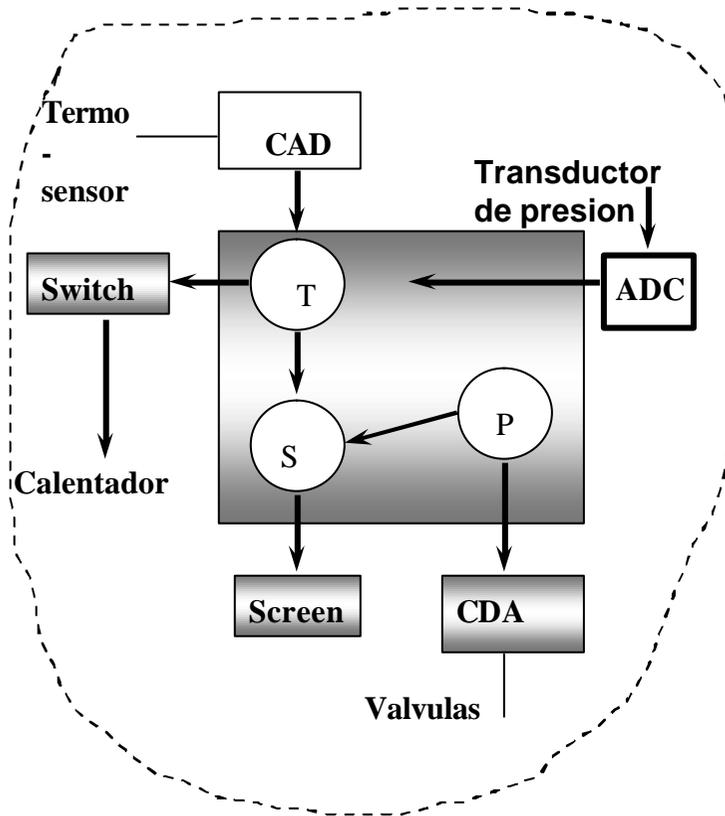
Qué es un RTS ?

Elementos de un RTS



Qué es un RTS ?

Elementos de un RTS



Entender la Aplicacion

Caracterizar y Diseñar el Sistema

Controlar el Sistema

Monitorear el Sistema

Características de un **RTS**

- **Tiempo.**

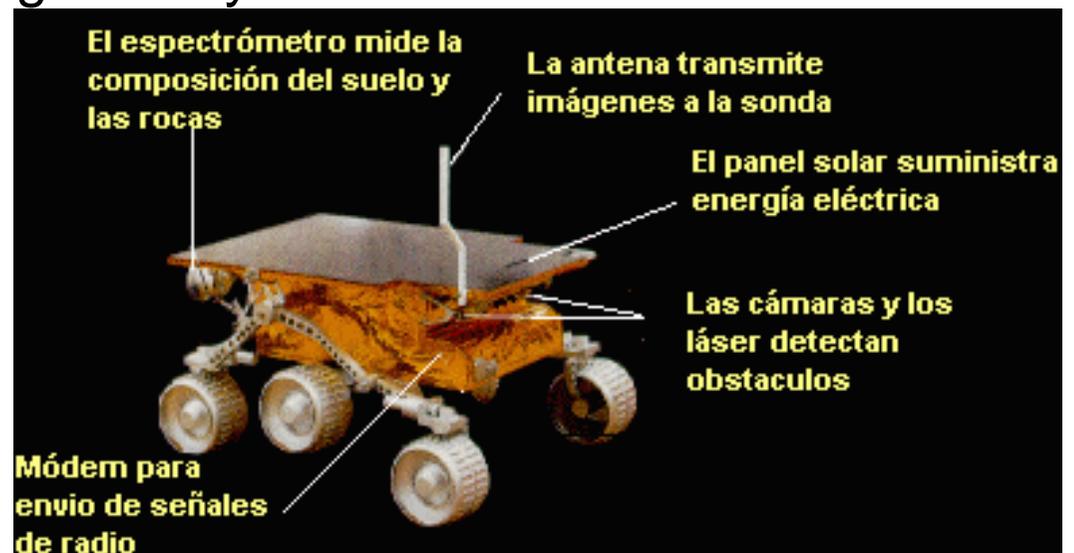
- Administración y control del tiempo.
- La ejecución correcta no solo considera la lógica sino también el tiempo en que se producen los resultados.
- Tareas deben ser asignadas y terminadas antes de su plazo.

- **Confiabilidad.**

- Predecibilidad
- Tolerancia a Fallos.
- Seguridad.

- **Ambiente.**

- Características dinámicas del ambiente.



Características de un RTS

Un sistema en tiempo real es una combinación de computadoras, dispositivos de E/S, hardware y software de propósito específico en donde:

- Existe una **fuerte interacción** con el ambiente.
- El **ambiente cambia** con el tiempo
- El **sistema debe controlar y/o reaccionar** a diferentes aspectos del ambiente.

Como resultado:

- Se imponen **restricciones de tiempos** al software.
- El software es **naturalmente concurrente**.
- Se exige una **alta confiabilidad**.

Características de un RTS

- Grandes y complejos.
- Manipulación de magnitudes **físicas**.
- **Extremadamente** fiable y seguro.
- Actividades Concurrentes.
- Requisitos temporales.
- Señales **analógicas** y **discretas**.
- **Implementación eficiente**.
- Control continuo (**en el tiempo**) y control secuencial discreto (**conducido por eventos**)

Características de un RTS:

Restricciones de un RTS

- **Restricciones de tiempos:** (Computo, Periodo, Plazos).
- **Restricciones de predecibilidad.**
- **Restricciones de recursos:** una tarea puede requerir acceso a ciertos recursos, además del procesador, como dispositivos de E/S, redes de comunicación, estructuras de datos, archivos y bases de datos.
- **Restricciones de precedencia:** una tarea puede requerir resultados de una u otra tarea antes de comenzar su ejecución.
- **Restricciones de confiabilidad y desempeño:** una tarea podría tener que cumplir con ciertas restricciones de confiabilidad, disponibilidad o desempeño.

Características de un RTS

Clasificación de RTS

Procesos:

- Periódicos
- Aperiódicos

Procesos:

- Críticos
- Acríticos

Sistemas:

- **Hard** Real Time Systems (RTS críticos)
- **Soft** Real Time Systems (RTS acrícos)
- **Firm** Real Time Systems

Características de un RTS:

- Largos y complejos
- Importancia especial a seguridad y fiabilidad
- Concurrencia
- Restricciones de tiempo
- Interacción con el hardware

Características de un RTS

Utilidad y Efectividad de un RTS

Si el sistema pierde un plazo:

- De ninguna utilidad
- Parcialmente útil
- No solo inútil, sino peligroso

Tiempo: Predecibilidad

Una característica distintiva de un RTS es la predecibilidad. La cual implica que debe ser posible demostrar o comprobar a priori que los requerimientos de tiempos se cumplen en cualquier circunstancia.

Como consecuencia, la predecibilidad implica:

- una cuidadosa **planificación** de tareas y recursos.
- **cumplimiento** predecible de requisitos temporales: determinismo.
- **anticipación** a fallos, y sus requerimientos temporales.
- consideraciones de **sobrecargas**: degradación controlada.
- consideraciones de elementos de **impredecibilidad**.
- dotar al sistema con capacidades de **monitorización y control de tiempos** (hardware, software, sistema operativo, lenguaje, líneas y protocolos de comunicaciones).

Tiempo:

Determinismo Temporal

Es muy difícil desarrollar sistemas que garanticen todos los plazos en todas las circunstancias posibles.

Una posible solución es:

- Dotar al sistema de una **sobrada potencia de computo** para asegurar que la situación más desfavorable no provoque fallo.
- Exigir que el **lenguaje de programación** proporcione ciertas características para:
 - Especificar los tiempos en que las operaciones deben ser realizadas y completadas.
 - Responder a las situaciones donde no pueden ser atendidos todos los plazos.
 - Responder a situaciones en las que los requisitos temporales cambian dinámicamente.

Tiempo

	S. Críticos	S No críticos
Plazo de respuesta	Estricto	Flexible
Comp. temporal	Por entorno	Por computador
Comp. en sobrecargas	Predecible	Degradado
Seguridad	Críticos	Acríticos
Redundancia	Activa	Recuperación de fallos
Volumen de datos	Reducido	Grande

	Adecuados	Inadecuados
Comp. temporal con máxima carga	Garantizado	No garantizado
Comp. en caso de fallos	Garantizado	No garantizado
		Prima carácter económico
		Solo para sistemas no críticos

	S. parada segura	S. degradación aceptable
Parada	En estado seguro	Perdida parcial de funcionalidad
Detección de fallos	probabilidad elevada	
Tolerancia a fallos	completa	Algunos sistemas completa

Tiempo:

Tipo de Tareas

- **De Tiempo Crítico**
 - Las tareas deben completarse antes de su plazo de respuesta
- **Acríticas**
 - Las tareas deben completarse tan pronto como sea posible
- **Tareas Periódicas**
 - Reiniciación periódica de tareas, cada instancia debe completar antes de su plazo. **Ejemplo: Señal de 60 Hz**
- **Tareas Aperiódicas**
 - Se activan una sola vez. **Ejemplo: Disparar un misil y Verificar el blanco.**

Tiempo:

Tipos de Garantías

Los RTS requieren una garantía del cumplimiento de que las tareas cumplirán sus plazos de respuesta.

- Tipos de Garantías
 - **Determinística**: La tarea siempre terminará antes de su plazo.
 - **Estadística**: La tarea terminará antes de su plazo la mayor parte del tiempo. Terminará lo más pronto posible.

Planificación

Tecnología que permite dar garantías de ejecución al RTS

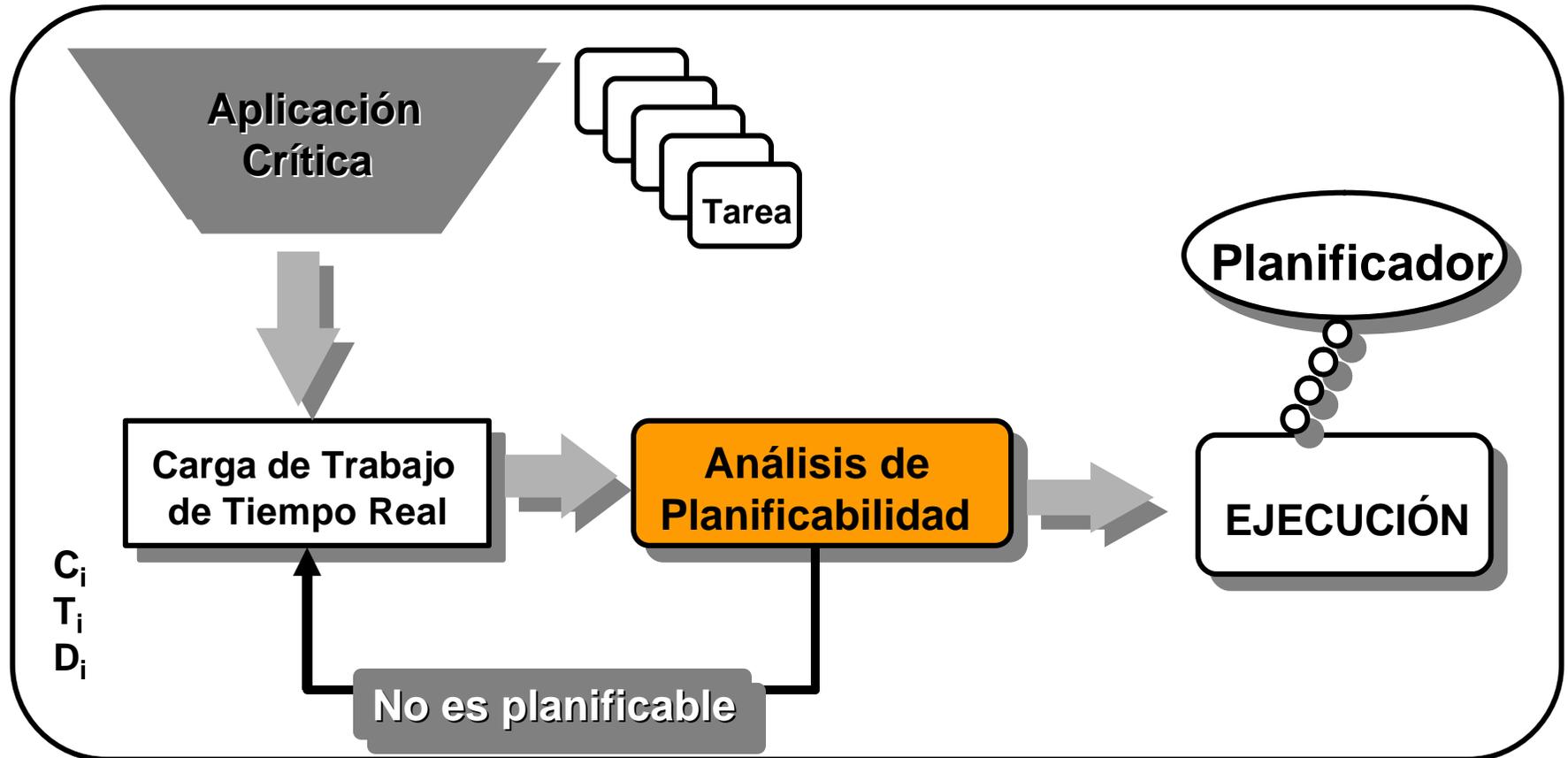
- **Problema:**

- Un conjunto de procesos requieren el acceso a un recurso compartido: Procesador, medio de comunicación, dispositivos.
- **Si no existe contención suficiente:**
 - Todos los procesos comparten adecuadamente el recurso
- **Si existe algún grado de contención en el sistema:**
 - Diseño: quien obtiene que prioridades, y cuando?
 - Cómo se asigna el acceso a los recursos compartidos?
 - Problemas de concurrencia...

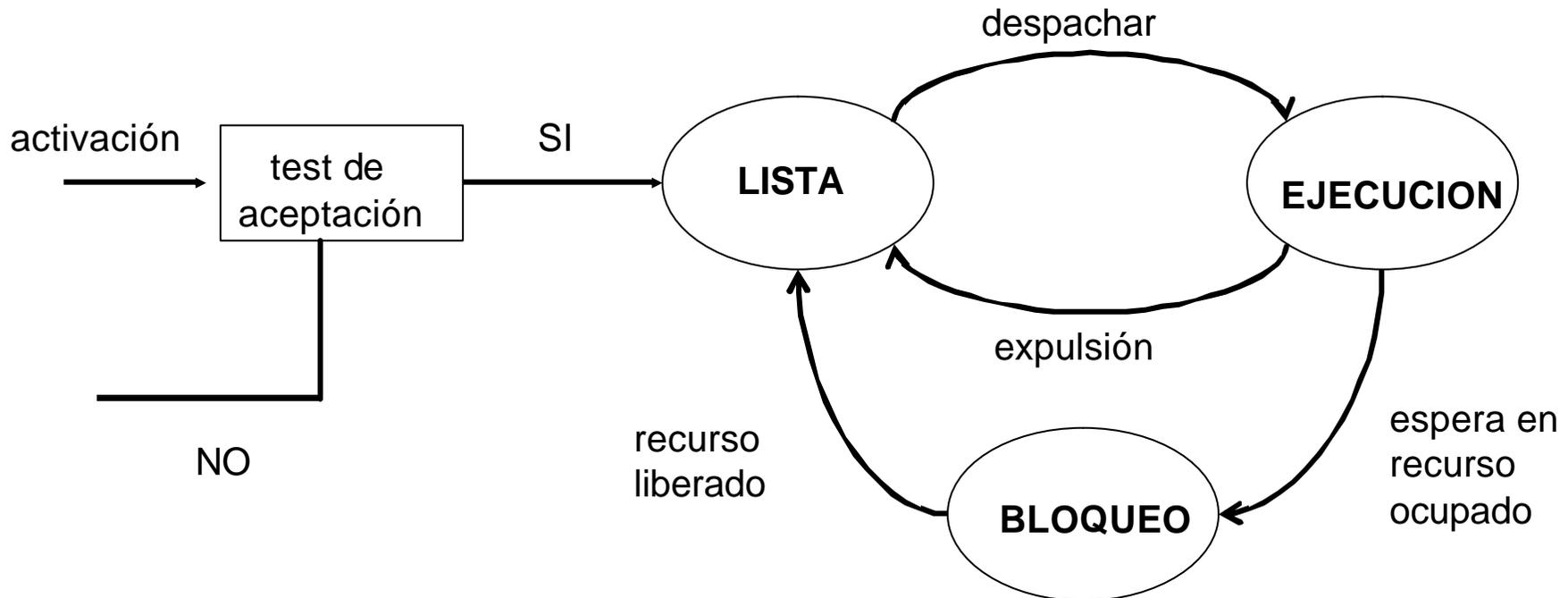
Planificación VS Planificabilidad

- **Planificación** = enfoque para dar prioridad a una tarea sobre otra.
- **Planificabilidad** = análisis formal que permite garantizar que un conjunto de tarea periódicas pueden (o no) ser asignadas a un recurso compartido (*p.ej. el procesador*), tal que cada una de las tareas cumpla con su plazo de respuesta.
- **Planificabilidad = Control de admisión**

Planificación: **Proceso**



Planificación: Usando Estados



Planificación: Tipos

- **Planificación Estática:**

- Estimación a-priori de las restricciones temporales de todas las tareas del sistema.
- Opera sobre un conjunto de tareas no necesariamente estáticas.
- Asignación estática de prioridades:
 - Tabla estática.
 - Asignación de prioridades estáticas.

- **Planificación Dinámica:**

- Los parámetros de las tareas (C,T,D) no son conocidas a priori.
- Las tareas pueden arribar en forma dinámica. De la misma forma las prioridades de las tareas se asigna durante la ejecución.
- No puede dar garantía de cumplimiento de plazos a priori.

Planificación:

Tiempo Real VS Rapidez

- Todo RTS debe ser **suficientemente rápido** para cumplir los requerimientos, pero el que un sistema sea rápido no implica que éste sea de tiempo real
- La **rapidez** de un RTS está **fijada** por la **naturaleza de los estímulos** con los que tiene que tratar, la cual puede variar de unas aplicaciones a otras.
- **Tiempo real significa trabajar** con aspectos del sistema como:
 - distribución física de los componentes,
 - manejo de estímulos impredecibles,
 - fallos en los componentes,
 - incertidumbre acerca del entorno, y
 - el efectos de estos aspectos sobre el rendimiento y robustez del sistema.

RTS: Críticos

Que tipos de RTS son críticos ?

- Tiempo Real no es cómputo rápido.
- Como comprobar/verificar que siempre se cumplen los plazos en un sistema de tiempo real crítico ?
- Implementar **mecanismos para monitorear** el estricto cumplimiento de tiempos.
- **Que consecuencias** trae la pérdida de plazos en este tipo de Sistemas.

RTS: No Críticos

Que tipos de RTS son no Críticos ?

- **Restricciones de Tiempo Tolerantes:** algunos plazos se permite que se pierdan: **n de m plazos perdidos.** (% por ciento de plazos perdidos)
- **Tareas con Cómputo obligatorio y opcional.**
- **Calidad de servicio:** (obtener 70% de los mensajes de la red).
- **Mejor esfuerzo:** que se cumplan el mayor número de plazos posibles.
 - **Requerimientos de tiempos sin restricciones:** Sistemas de transacciones en línea, Switches de telefonía.
 - **Requerimientos de plazos con pocas restricciones:** Sistema de obtención de precios de cotizaciones en bolsa.
 - **Requerimientos de plazos con restricciones:** Multimedia

RTS: Estrictos y No-Estrictos

Corrección:

- Lógica
- Temporal

STR estrictos (críticos): la corrección temporal es crítica.

- El tiempo de respuesta es muy importante y no puede ser sacrificado por una mejora en otros aspectos.
- En ciertos sistemas (*sistemas de seguridad críticos*) la corrección temporal es tan importante que el criterio de corrección lógica puede ser relajado en aras de alcanzar un tiempo de respuesta determinado.

STR no estrictos (acríticos): la corrección temporal no es crítica.

- Fallos ocasionales en generar un resultado dentro del tiempo fijado no produce consecuencias serias en el funcionamiento general del sistema.
- Las tareas de tiempo real no estrictas son ejecutadas tan rápido como es posible, pero no están forzadas por tiempos límite absolutos, pudiendo ser sacrificada la corrección temporal bajo ciertas circunstancias.

RTS: Estrictos y No-Estrictos

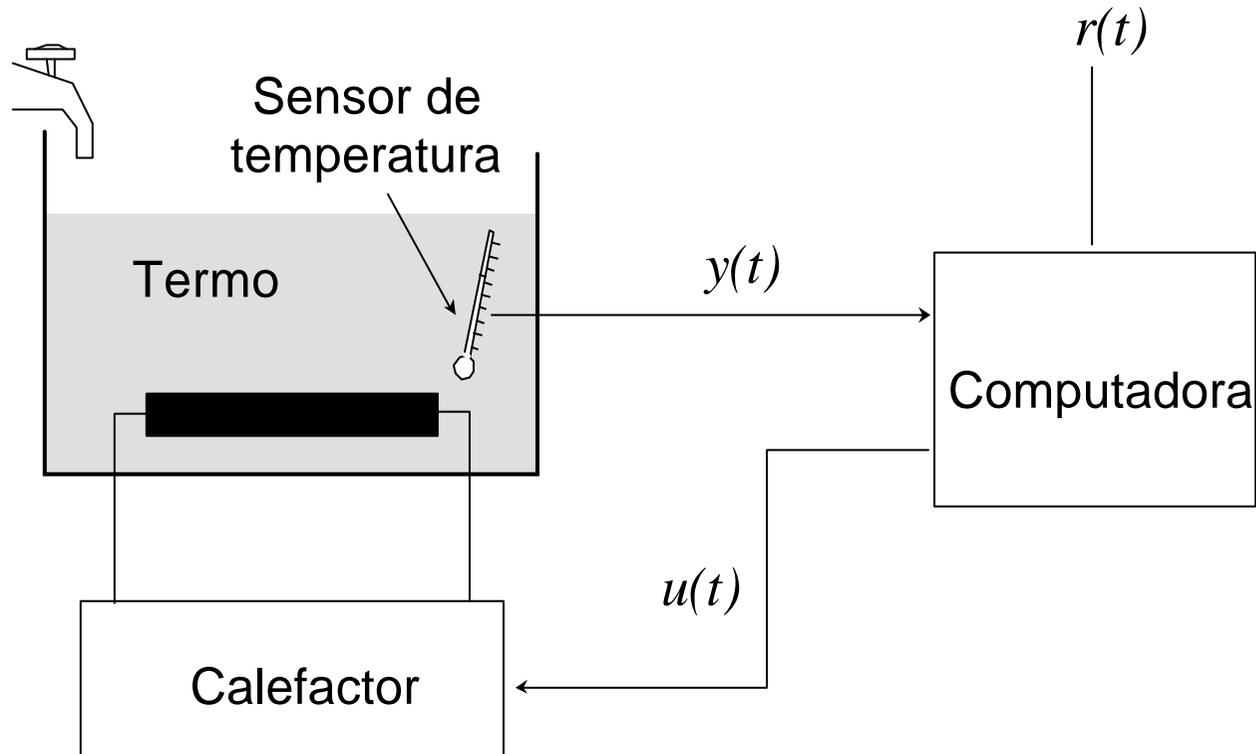
- Un RTS puede estar formado por tareas críticas y acríicas.
- Una misma tarea puede tener tiempos límite estrictos y no estrictos.

– *La respuesta a un evento de peligro puede tener un tiempo límite no estricto de 50 ms (para una reacción con eficiencia óptima) y un tiempo límite estricto de 200 ms (para garantizar que no se produce un daño en el equipo o en las personas). Entre estos dos límites, el valor o utilidad de la salida decrece según aumenta el tiempo.*

Tipos de relajación en la corrección temporal:

- Si no se cumple el tiempo límite el resultado no tiene ningún valor (pérdidas ocasionales de respuestas a eventos)
- Que el servicio llegue tarde ocasionalmente pero este sea válido dentro de un cierto intervalo de tiempo.

Caracterización de la Aplicación



Componentes: tanque, sensores, actuadores, interfaces A/D y computadora.

Caracterización de la Aplicación

Restricciones de Funcionamiento.

- **Componentes:** tanque, sensores, actuadores, interfaces A/D y computadora.
- En el sistema (planta), dada una $u(t)$, se produce una $y(t)$.
- El sistema recibe una señal de referencia $r(t)$, el cual indica la temperatura deseada.
- El objetivo del sistema de control es que $y(t)$, sea lo más parecida a $r(t)$.
- Para lograr el objetivo, es preciso aplicar a la planta la señal $u(t)$
- $y(t)$ muestra el valor real de la temperatura del termo.

Caracterización de la Aplicación

Restricciones de Tiempos:

- Tiempos de cómputo.
 - Periodos de muestreo.
 - Tiempos de acceso a los dispositivos (sensores y actuadores)
 - Plazos de Respuesta.
 - Análisis de Planificación.
 - Planificar el sistema con un Sistema Operativo.
-
- *Los tiempos hay que obtenerlos, ya sea mediante mediciones instrucción por instrucción, mediante analizadores lógicos o osciloscopios digitales.*
 - *El periodo de muestreo y el plazo de respuesta dependen de la aplicación.*
 - *Se trata de asegurar que el plazo de respuesta de la aplicación nos permita el periodo de muestreo.*

Aplicaciones de los RTS

- **Dominio Industrial:**
 - Controlador de la planta
 - Robot para tratamiento de material peligroso
- **Uso militar:**
 - Sistema de reconocimiento de blancos automático
 - Sistema de guiado de misiles y navegación
- **Sistemas altamente críticos:**
 - Plantas nucleares
 - Sistemas de aviónica
- **Sistemas de Telecomunicaciones:**
 - Sistemas Multimedia
 - Sistemas de Telefonía Móvil

Aplicaciones de los RTS

TGV. Tren de alta velocidad.



GPS



Subte (Paris, Tokio y Londres)



BOING 777.



Aplicaciones de los RTS

Clasificación

- **Puramente cíclicas:**
controladores digitales / cámara giro-estabilizada
- **Mayormente cíclicas:**
controlador de vuelo
- **Asíncronas y algo predecibles:**
procesamiento de señales de radar
- **Asíncronas e impredecibles:**
sistemas de control inteligente

Aplicaciones de los RTS:

Embedded Systems

Entorno de un RTS:

- ***entorno activo*** que comprende los operadores que intervienen en el comportamiento del sistema modificando el modo de operación.
- ***entorno pasivo*** que comprende a los usuarios que están solamente interesados en el servicio proporcionado y al ambiente exterior que no tiene nada que ver con la existencia del sistema.

Sistema empotrado (“embedded system”)

- Únicamente tiene un entorno pasivo.
- Es un componente autónomo que forman parte de un sistema mayor.
- Ejemplos:
 - Disco duro
 - Lavadora
 - Automóvil
 - Sonda espacial
 - Equipos médicos

Aplicaciones de los RTS: Ejemplos

Sistema de oficina y equipo móviles

1. Maquinas contestadoras
2. Copiadoras
3. Faxes
4. Laptops y notebooks
5. Teléfonos móviles
6. PDAs, Organizadores personales
7. video cameras
8. Sistemas de Telefonía
9. Grabación de tiempo
10. Impresoras
11. Hornos de Microondas

Sistemas en Edificios

1. Aire acondicionado
2. Respaldo y generadores de luz
3. Administración de edificios
4. Televisión por cable
5. Controladores de Fuego
6. Calefacción y Ventilación
7. Elevadores, Escaleras
8. Iluminación
9. Seguridad
10. Cámaras de Seguridad
11. Extintores

Fabricación y control de procesos

1. Fabricas automatizadas
2. Plantas embotelladoras
3. Sist. Control de energía
4. Plantas de manufactura
5. Estaciones nucleares
6. Refinerías de Petróleos
7. Sistemas de Energía
8. Estaciones de Poder
9. Robots
10. Sistemas de switching
11. Sist. Agua y alcantarillado

Aplicaciones de los RTS: **Ejemplos**

Transporte:

- Aeroplanos
- Trenes
- Autobuses
- Barcos
- Muelles
- Automóviles
- Ctrl. tráfico aéreo
- Señalización
- Radares
- Luces de Tráfico
- Expendedoras de boletos
- Ctrl. de velocidad

Comunicaciones:

- Telefonía
- Cable
- Switches de teléfonos
- Satélites
- Posicionamiento Global

Otros Equipos:

- Maquinas contestadoras
- Sist. Tarjetas de crédito
- Equipos de Imágenes Medicas
- Ctrl. De calefacción domestica
- VCRs

Aplicaciones de los RTS:

Características de los Embedded Systems

Operación en Real-Time:

- Reactivo: Calculos que deben ocurrir en respuesta a eventos externos
- Exactitud es parcialmente una función del tiempo

Pequeño y de bajo peso:

- Dispositivos manuales y aplicaciones de transporte

Bajo consumo de energía:

- Batería con duracion de 8 horas (notebooks prox. menos de 2 horas)

Ambientes ásperos:

- Calor, vibracion, golpes, fluctuaciones de corriente, interferencia, luz, corrosión

Operación de seguridad critica:

- Deben funcionar correctamente y no deben funcionar correctamente

Alto costo:

Diseño de RTS: Dificultades

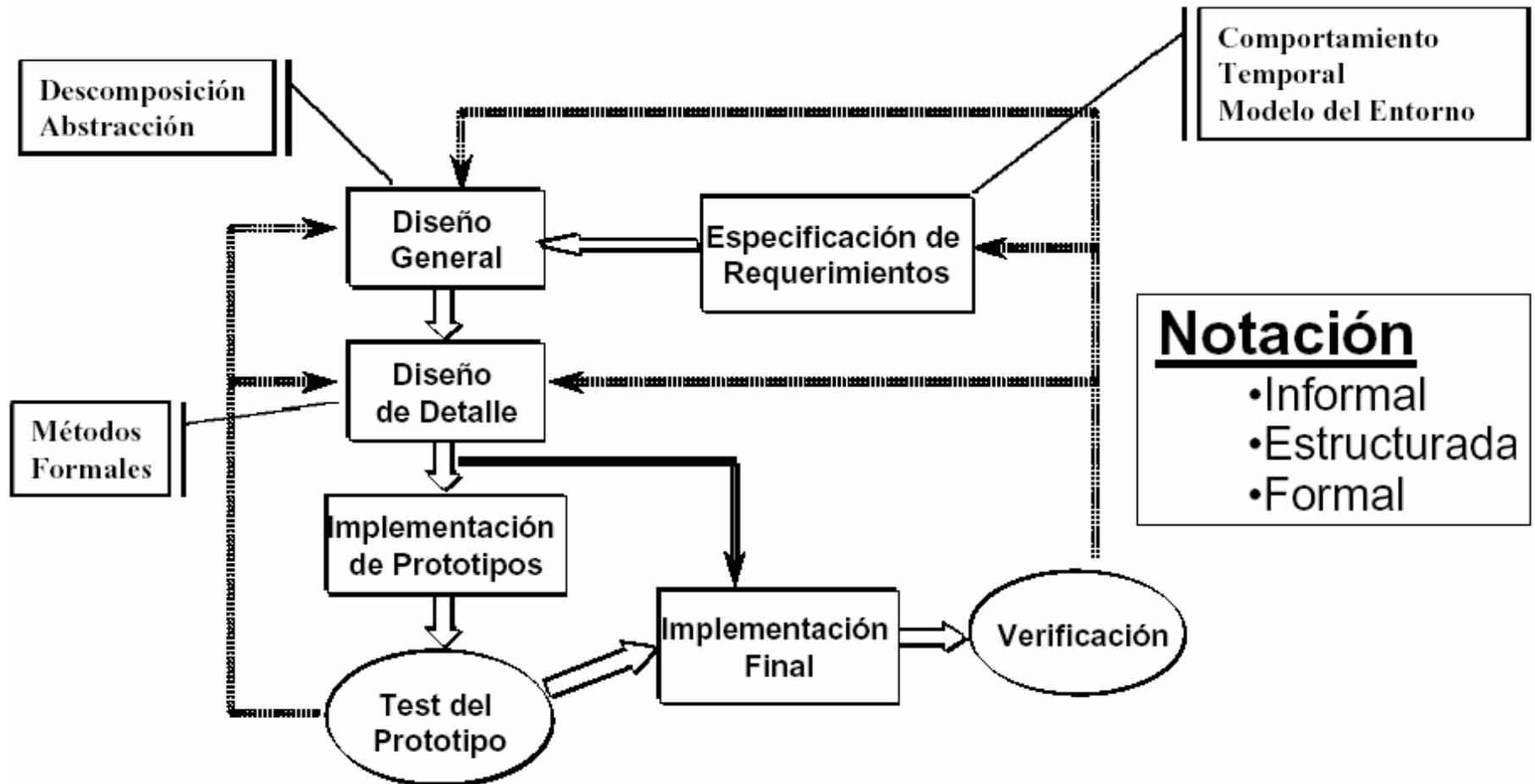
- Diseño de la aplicación en tiempo real.
- Control de la concurrencia de procesos.
- Selección de la arquitectura de hardware que mejor responda a la aplicación.
- **Obtención de tiempos: *Caracterización***
 - Especificar los tiempos a los que las acciones deben llevarse a cabo.
 - Especificar en cuanto tiempo debe completarse cada acción.
 - Responder a situaciones en las cuales no todos los tiempos se cumplen
 - Responder a situaciones en las que los requisitos de tiempos cambian dinámicamente.

Diseño de RTS: Consideraciones

A quien afecta los RTS ?

- A los lenguajes, compiladores.
- Al sistema operativo.
- A la arquitectura de hardware.
- A la metodología de diseño.
- A la arquitectura del sistema
(HW / SW / Ambiente).

Diseño de RTS: Consideraciones



Diseño de RTS:

Arquitecturas de Software

» **Sistemas síncronos:**

- la planificación se realiza al construir el sistema
- el plan de ejecución es estático
- se basan en *ejecutivos cíclicos*

» **sistemas asíncronos:**

- la planificación se realiza durante la ejecución
- cada *tarea* tiene una prioridad
- en cada instante se ejecuta la *tarea activa* de mayor prioridad
- es necesario realizar el análisis de los tiempos de respuesta para asegurar que se cumplen los plazos

Diseño de RTS:

Arquitecturas de SW (computadora de un auto)

tarea	C	T
Medida de velocidad: V	4	20
Control de frenado: ABS	10	40
Control de inyección I	40	80

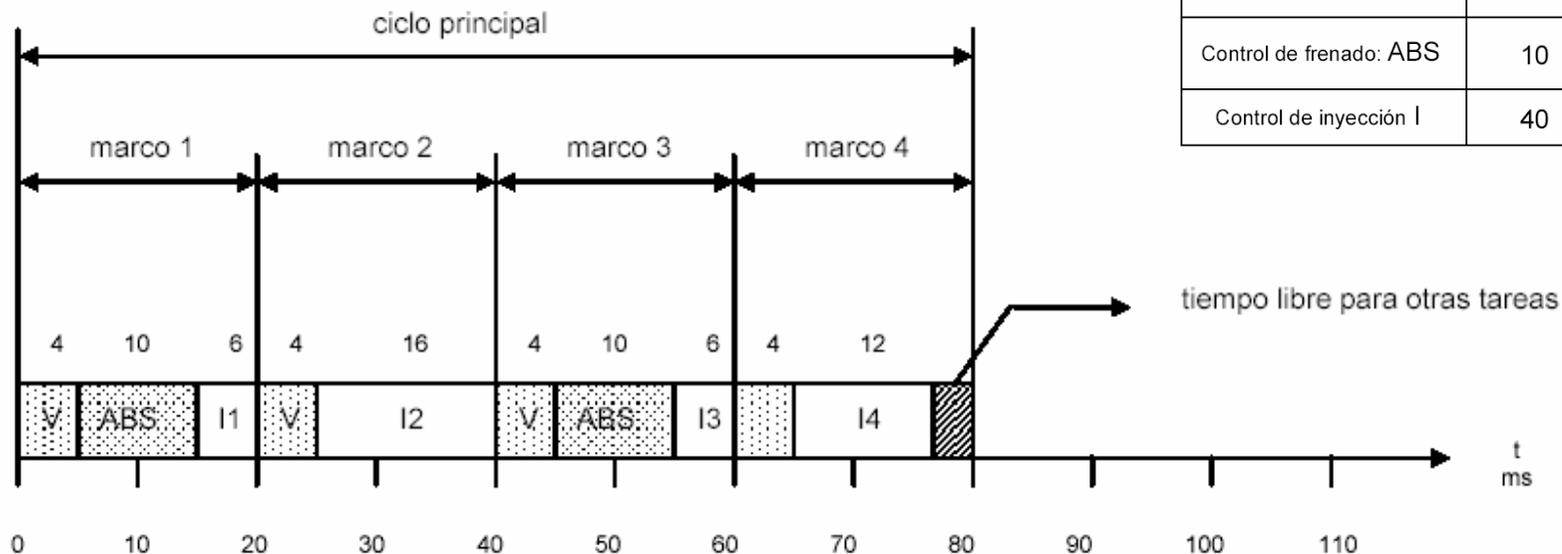
Diseño de RTS:

Arquitecturas de SW (computadora de un auto)

Ejemplo de sistema empotrado:

- » sistema síncrono (ejecutivo cíclico)
- » es necesario descomponer la tarea más larga en varios segmentos para poder encajar el plan
- » si cambian los requisitos temporales o se añade alguna tarea es preciso recalcular todo el plan

tarea	C	T
Medida de velocidad: V	4	20
Control de frenado: ABS	10	40
Control de inyección I	40	80



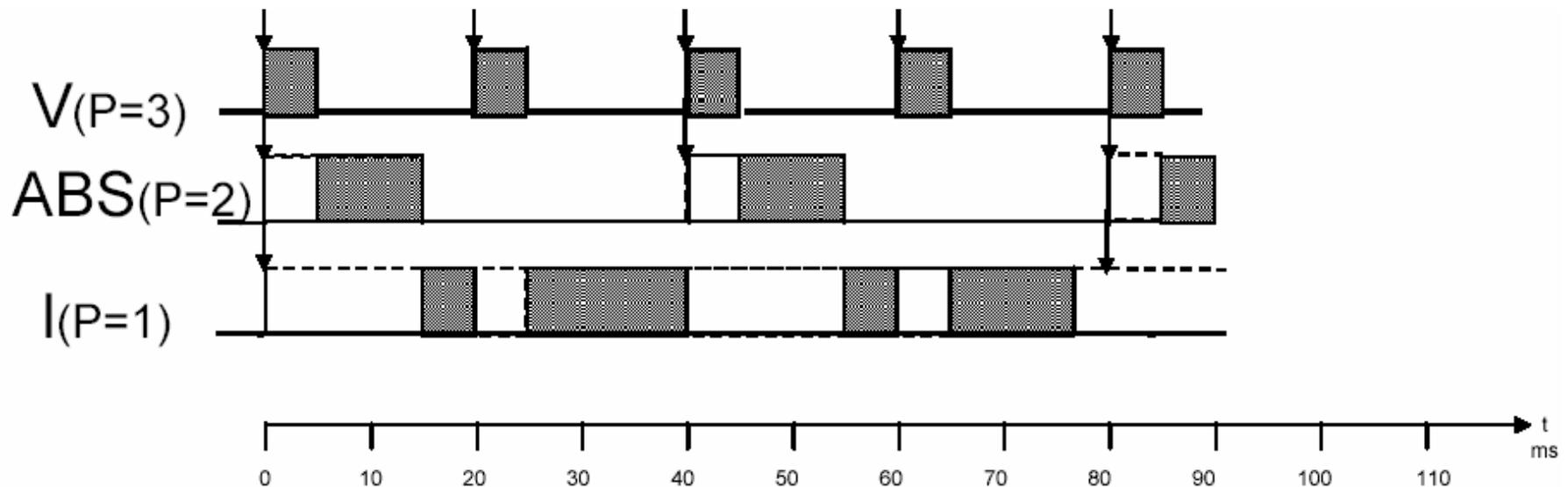
Diseño de RTS:

Arquitecturas de SW (computadora de un auto)

Ejemplo de sistema Asíncrono:

- » sistema asíncrono (prioridades fijas)
- » cada tarea tiene una prioridad fija
- » el S.O. se encarga de multiplexar la ejecución
- » se ejecuta siempre la tarea de mayor prioridad

tarea	C	T
Medida de velocidad: V	4	20
Control de frenado: ABS	10	40
Control de inyección I	40	80



Diseño de RTS:

Arquitecturas de SW (computadora de un auto)

Programación de RTS

Actividades en una computadora de automóvil.

Control de
Velocidad

C=4ms.
T=20ms.
D=5ms.

Control de
Frenado

C=10ms.
T=40ms.
D=40ms.

Control de
combustible

C=40ms.
T=80ms.
D=80ms.

Otro software
no-critico

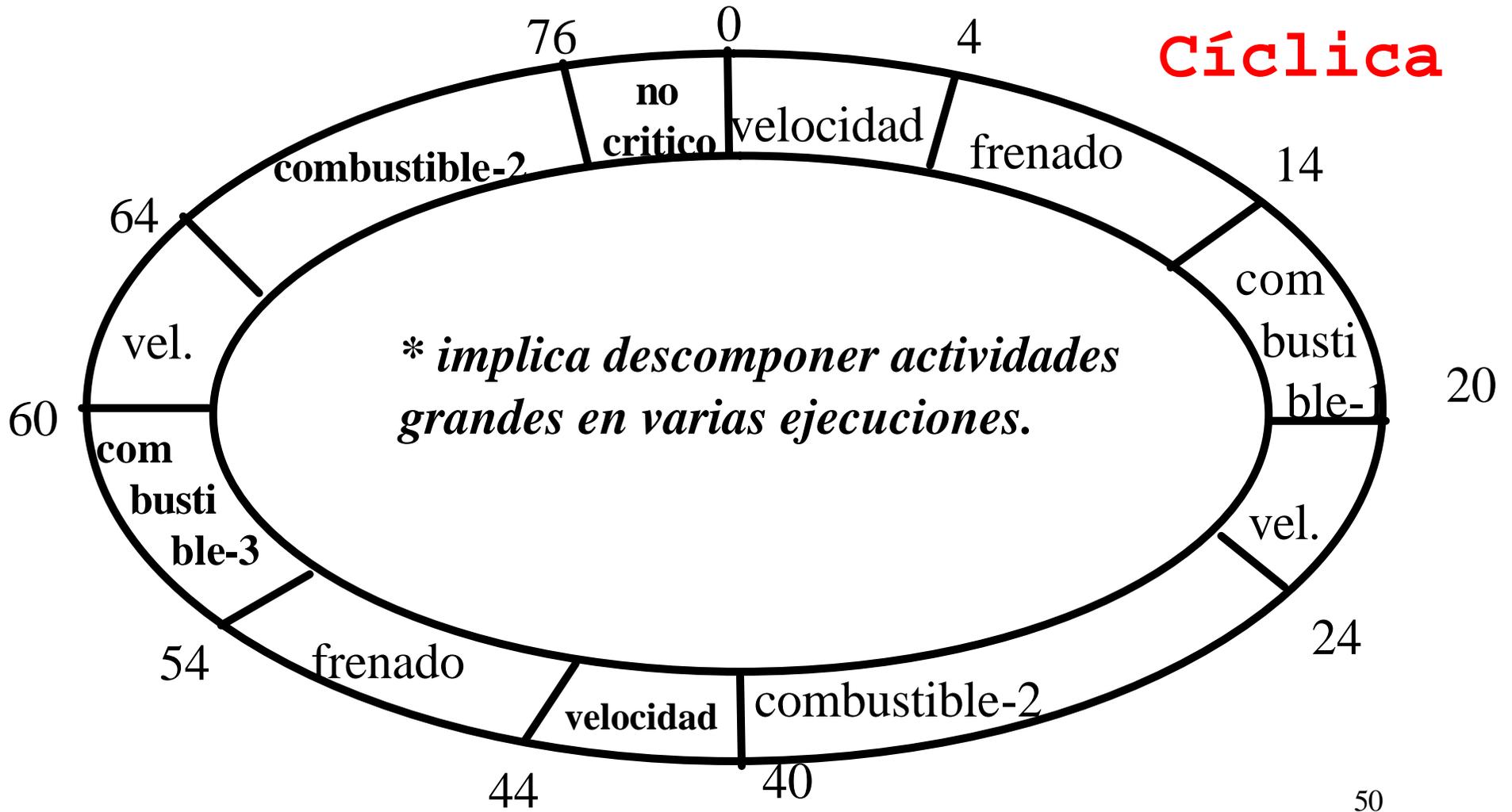
C=10ms.
T=40ms.

C=tiempo de computo (peor caso), T=Periodo de ejecución, D=Plazo de respuesta

Diseño de RTS:

Arquitecturas de SW (computadora de un auto)

**Solución
Cíclica**



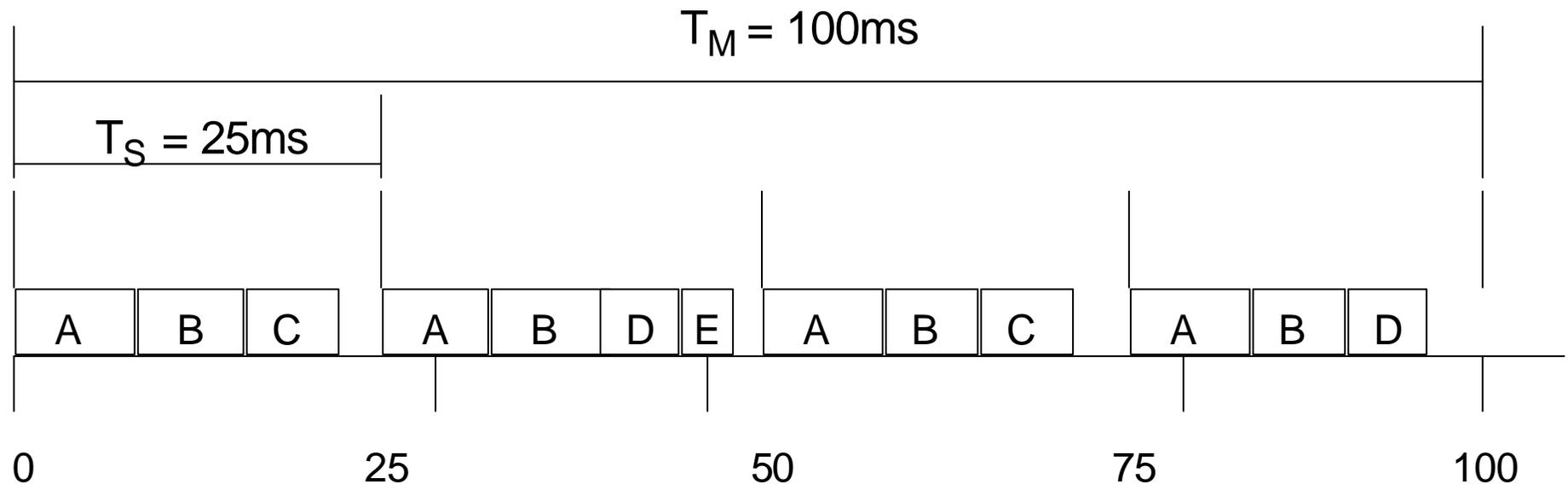
Diseño de RTS:

Arquitecturas de SW (computadora de un auto)

Solución Cíclica

Tarea	T	C
A	25	10
B	25	8
C	50	5
D	50	4
E	100	2

- El ciclo principal dura 100 ms
- Se compone de 4 ciclos secundarios de 25 ms cada uno



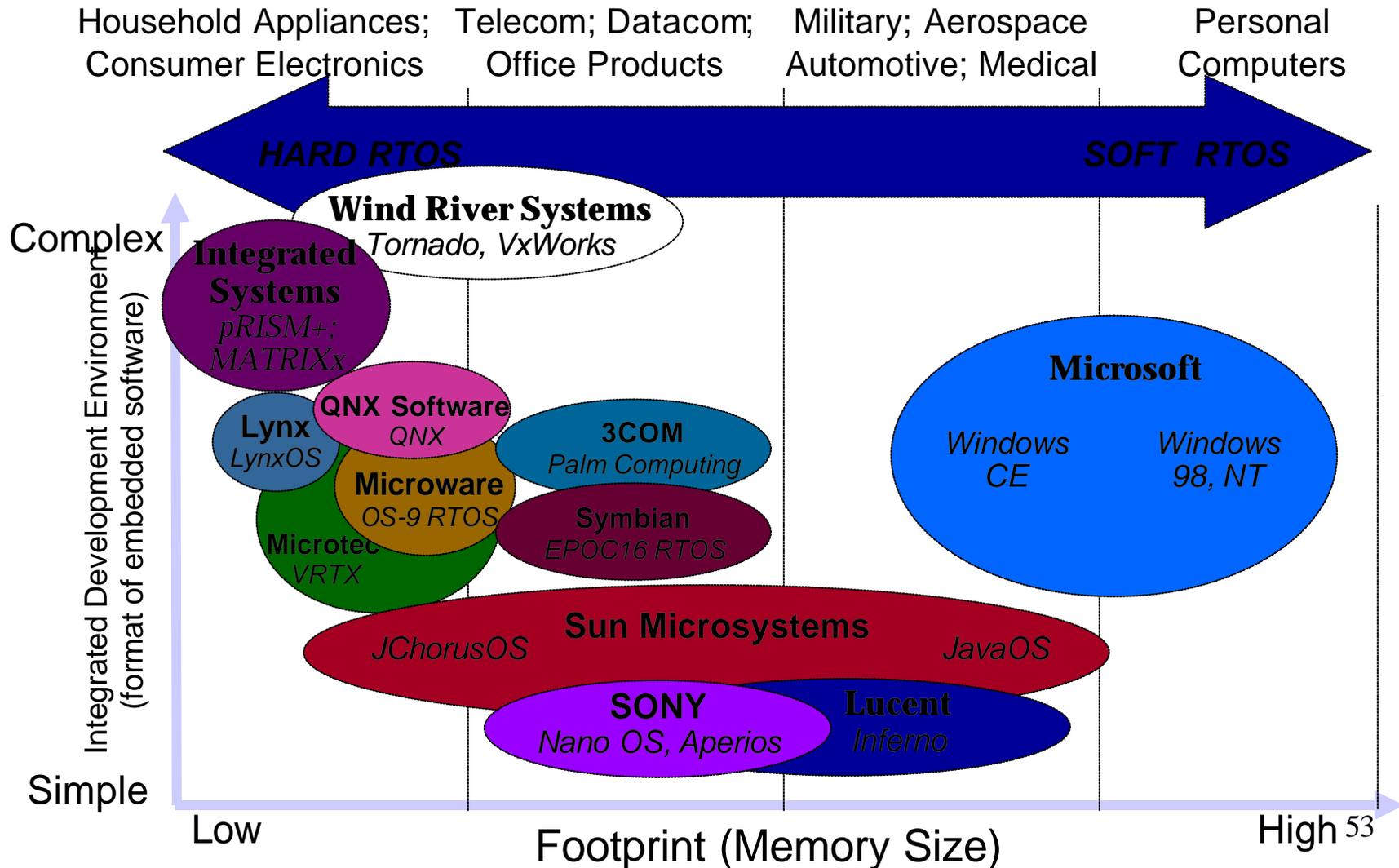
Diseño de RTS:

Interacción con Dispositivos Físicos

- **Mecanismos de entrada/salida dependientes del dispositivo:**
 - Monitorización de sensores y actuadores
 - Registros de entrada y salida para capturar los datos
- **Se pueden generar interrupciones o excepciones:**
 - Indicar la realización de ciertas operaciones
 - Alertar de la existencia de condiciones de error
- **Los manejadores de dispositivos forman parte del software de la aplicación:**
 - **No están bajo el control del sistema operativo.**

Antes la interfaz con los dispositivos se dejaba en manos del SO. Ahora, debido a la variedad de dispositivos y a la naturaleza de tiempo de respuesta crítico, el control debe ser directo.

Diseño de RTS: Sistemas Operativos de RT



Diseño de RTS: Sistemas Operativos de RT

- Estructura del sistema operativo.
- Modelos de tareas, estados de las tareas, servicios y transacciones.
- Procesos y threads. Cambio de contexto.
- **Algoritmos de Planificación:** Cíclica, RMS, EDF.
- Inversión de prioridad y protocolo de techo de prioridad.
- Tareas aperiódicas y Servidor esporádico.
- Sincronización de procesos.
- Comunicación entre procesos.
- Relojes y timers.
- Memoria compartida, locking, reserva.
- E/S síncrona y asíncrona.
- Transacciones en tiempo real y manejo de archivos.
- Manejo de interrupciones y device drivers.

Diseño de RTS: Componentes Principales

Reloj de tiempo real

- Provee información para el calendario de procesos (*process scheduling*).

Manejador de interrupciones

- Controla el servicio a los requerimientos instantáneos.

Scheduler

- Selecciona el próximo proceso a correr.

Administrador de recursos

- Asigna recursos de memoria ,dispositivos de E/S, Red.

Despachador

- Inicia la ejecución de procesos.

Diseño de RTS: Características de un RT-OS

- Velocidad y Eficiencia
- Bajo Tamaño.
- Ejecutable desde ROM.
- **Predecibilidad:** Pocos accesos a disco, DMA, cache, etc.
- Control completo del tiempo y de los recursos.
- Configurable para aplicaciones específicas.
- **Manejo de diversos dispositivos de E/S.**
- Tolerante a Fallas

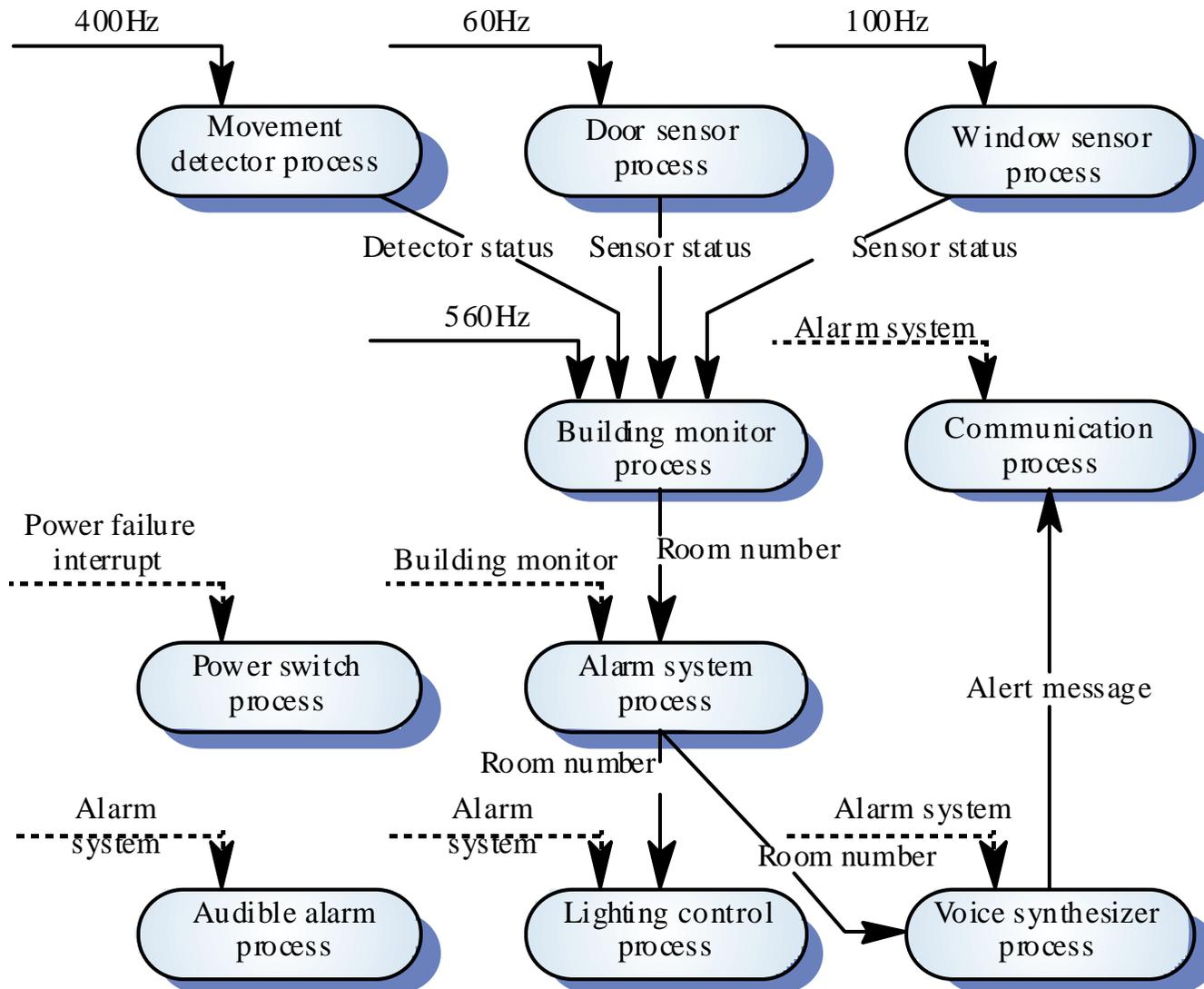
Diseño de RTS: Características de un RT-OS

	RTS	Sistema de tiempo compartido
1. Capacidad	1. Garantía de plazos	1. Flujo
2. Reactividad	2. Máximo tiempo de respuesta	2. Tiempo de respuesta medio
3. Sobrecarga	3. Estabilidad	3. Equidad

Diseño de RTS: **Requerimientos de Tiempo**

Estímulo/Respuesta	Requerimientos de tiempo
Interrupción por falla de energía	El encendido de la energía de emergencia debe estar listo en un tope de 50 ms.
Alarma de puerta	Cada alarma de puerta debe leerse dos veces por segundo.
Alarma de ventana	Cada alarma de ventana debe leerse dos veces por segundo.
Detector de movimiento	Cada detector de movimiento debe leerse dos por segundo.
Alarma sonora	La alarma sonora debe activarse dentro de 1/2 segundo de que una alarma se active por 1 sensor
Encendido de luces	Las luces deben encenderse dentro de 1/2 segundo de que una alarma se active por 1 sensor.
Comunicaciones	La llamada a la policía se activa dentro de 2 seg. de la activación de una alarma por 1 sensor.
Sintetizador de voz	Un mensaje sintetizado debe activarse dentro de 4 seg. de que una alarma sea activada por 1 sensor

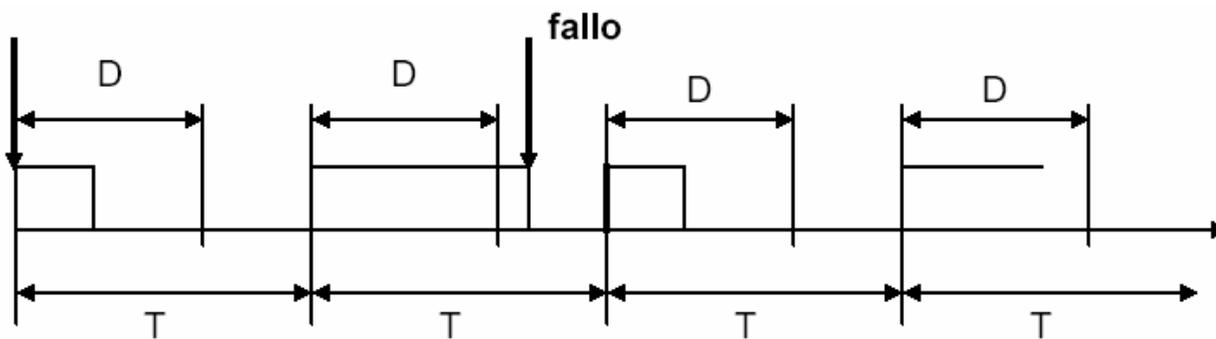
Diseño de RTS: Arquitecturas de Procesos



Diseño de RTS: **Actividad Periódica**

Requisitos de Tiempo Real:

- son actividades que se ejecutan a intervalos regulares de tiempo.
- generalmente deben ser completadas dentro de un **plazo** determinado

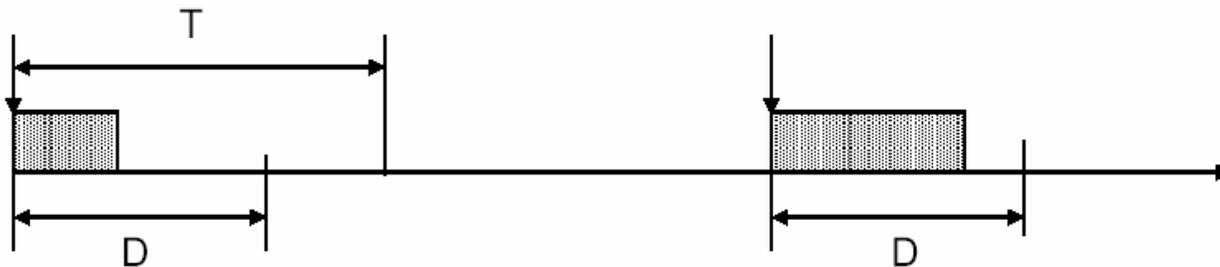


Parámetros temporales:

- T=Periodo
- D=Plazo
- C= Tiempo de cómputo máximo

Diseño de RTS: **Actividad Aperiódica**

- Son actividades que se ejecutan en respuesta a eventos asíncronos
- A veces se requiere que cuando se ejecuten lo hagan dentro de un **plazo**
- En este caso se denominan **actividades esporádicas** y se especifica una separación mínima entre dos eventos consecutivos. También puede especificarse el valor máximo del tiempo respuesta medio.



Parámetros temporales:

- T = Separación mínima entre eventos.
- D = Plazo de respuesta medido desde la activación
- C = Tiempo de cómputo máximo

Esto fue todo ...

por ahora