

V.2 -596-

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SIMULADOR DIGITAL DE
REACTORES Y PLANTAS NUCLEARES

E.V. DEPIANTE * , R.O. FERNANDEZ **, R.A. HARAN **, D. SAURINA * ^{Daniel}

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1985

La necesidad del uso de simuladores de plantas nucleares de potencia es considerada, principalmente a partir de la década de los '70, una herramienta prácticamente imprescindible especialmente en lo referente al entrenamiento de operadores.

Análogamente, para tareas de investigación de estrategias de control y de una mejor comprensión del funcionamiento de las plantas, surge también la necesidad de contar con simuladores que permitan un alto grado de interactividad con el usuario.

Es en este último campo donde se han puesto los esfuerzos iniciales en la construcción de simuladores, siendo el propósito desarrollarlos utilizando en la construcción de los mismos elementos de bajo costo, a saber, microcomputadoras.

En los apartados siguientes se describen los puntos más relevantes de los trabajos realizados hasta la actualidad en el desarrollo de un simulador de plantas nucleares.

2. SUBSISTEMAS DEL SIMULADOR Y SUS INTERCONEXIONES

El simulador está integrado esencialmente por dos subsistemas:

- Uno gráfico encargado de generar y actualizar imágenes en pantalla, aceptar requerimientos del usuario e interactuar con el otro subsistema.
- De cálculo, encargado de simular el comportamiento dinámico de la planta en cuestión, aceptando requerimientos del subsistema gráfico.

2.1. Subsistema gráfico:

Esquemáticamente se puede visualizar en la Figura 1.

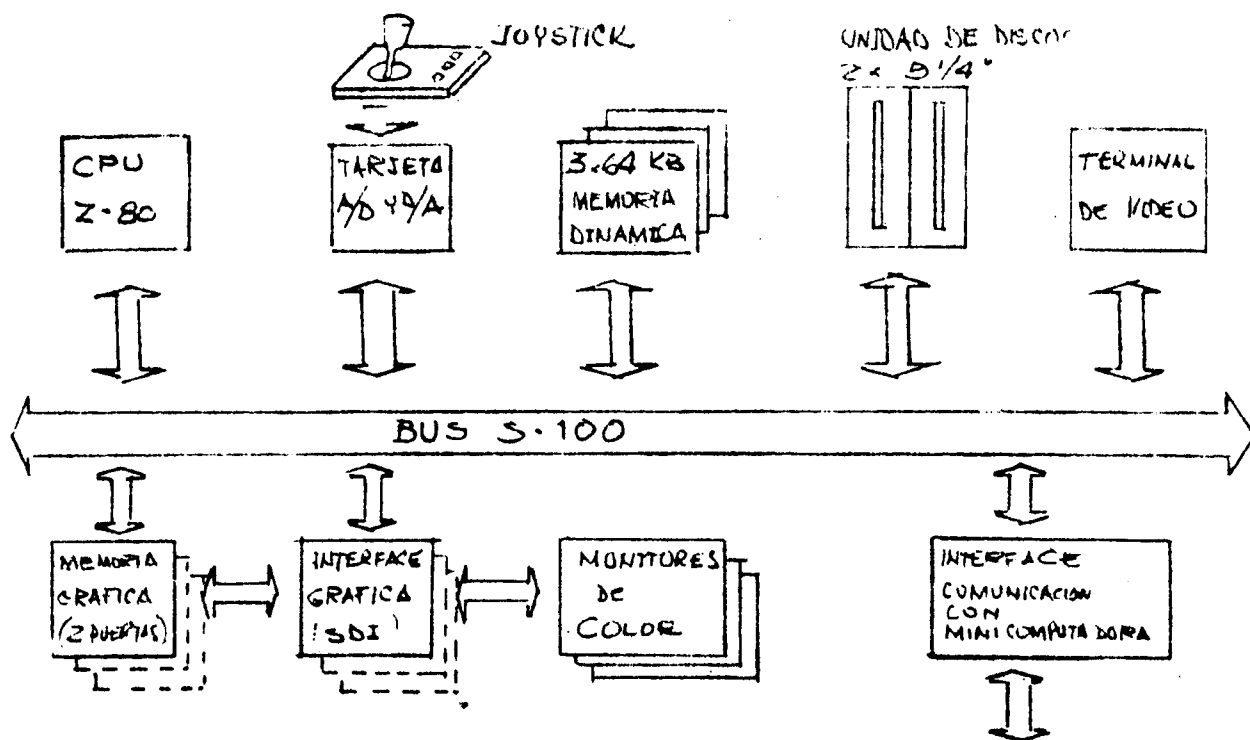


fig: 1

Descripción del sistema gráfico del simulador:

El subsistema gráfico del simulador de plantas nucleares, se basa en una microcomputadora CROMENCO Z2-D.

Este sistema de procesamiento está basado en el bus standard S-100, en el cual son insertadas las distintas plaquetas que conforman la microcomputadora. De estas cabe pormenorizar sobre la correspondiente a la interfase gráfica.

2.1.1. Interfase de video SDI: consiste esencialmente de 2 tarjetas que se conectan directamente al bus S-100 y actúan como elemento de interconexión entre la computadora y un monitor de color de alta resolución del tipo RGB. Estas tarjetas transforman la información digital almacenada en la memoria de la máquina en una imagen de color de muy alta resolución, con amplias posibilidades de elección en cuanto a tamaño, localización y tipo de resolución de dicha imagen de color (todas estas posibilidades son accesibles por software,

ya sea desde lenguaje de bajo nivel, o de nivel elevado como FORTRAN IV o BASIC). Además resulta posible combinar en una misma imagen partes de distinta resolución. La interfase SDI permite almacenar simultáneamente 2 páginas o imágenes completas, con la posibilidad de que se abran en una imagen ventanas para mostrar partes de la otra.

La interfase SDI utiliza acceso directo a memoria para tomar la información de la imagen desde memoria sin degradar a la CPU.

El sistema Z-2D tiene un sistema de bancos de memoria gráfica, de 2 puertas, pues son accedidas o por la CPU o por la SDI, siendo ellas de 48 KBytes. De acuerdo a esto los gráficos pueden mostrarse en alta resolución (756 x 482 puntos en 2 colores), o en resolución normal (378 x 241 puntos en 16 de 4096 posibles colores).

Cada SDI puede manejar hasta dos memorias gráficas de 48 KBytes. El hecho de contar con dos memorias o "páginas" posibilita mostrar una de ellas mientras se cambia la otra, permitiendo así pasar de una imagen a otras modificada lográndose efectos de animación en muy alta resolución.

Una de las funciones deseables del simulador es la de presentar información gráfica de distintas partes de una planta nuclear, así como poder observar la evolución temporal de las distintas variables involucradas en el funcionamiento de la misma, sin perder información vital al funcionamiento.

Por ello se ha previsto la utilización de 3 monitores de alta resolución tipo RGB ya adquiridos (dos de 19 pulgadas y uno de 13 pulgadas).

Para ello es necesario incorporar dos nuevas interfaces de video SDI para manejar dichos monitores.

No se dispone hasta el presente de información sobre una implementación de este tipo, pero ella se hará en nuestro laboratorio, siendo posible gracias a un adecuado manejo del sistema de bancos de memoria que posee esta microcomputadora.

Los monitores de color empleados son:

2 monitores RAMTEK de 19 pulgadas

1 monitor CROMENCO de 13 pulgadas con adaptador para máquina fotográfica.

2.2. Subsistema de cálculo

Para el mismo, en esta primera etapa se usó una mini-computadora Perkin-Elmer 3220, no por una cuestión de tamaño del modelo sino por no haber recibido a la fecha un microcomputador de 16 bits previsto para ser usado en el simulador.

2.3. Interconexiones de los Subsistemas

Se realizan a través de las Entradas/Salidas paralelas de ambos computadores con un protocolo de comunicación adecuado y desarrollado a tal efecto, estando previsto el uso de interrupciones con distintos niveles de prioridad para una mejor gestión del intercambio de la información.

Aspectos destacables de este apartado:

- Para un alto grado de interactividad entre modelo y usuario la comunicación entre los dos subsistemas es bidireccional.
- La potencia del sistema gráfico y sus posibilidades de "figuras en movimiento" hacen que se desechase el criterio utilizado en otros simuladores de tener bancos de figuras estáticos en discos rígidos.
- Como desventaja del sistema gráfico se nota la falta de la posibilidad de "zooming" como existe en sistemas gráficos más costosos.

3. SOFTWARE DESARROLLADO

3.1. Programas gráficos e interacción con el usuario

En el subsistema gráfico el usuario puede "moverse" por medio de elementos analógicos (joystick) sobre la planta, siendo posible "detenerse" sobre cualquier componente relevante de la misma y requerir del modelo matemático que corre en el subsistema de cálculo información sobre magnitudes de variables que involucren a dicho componente.

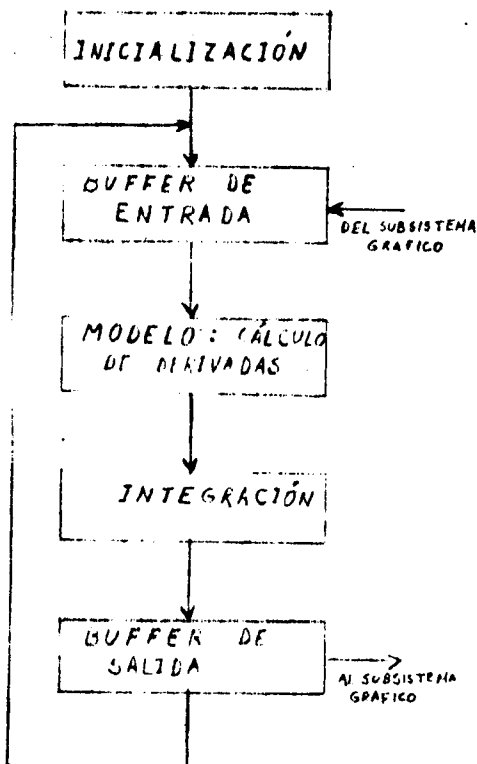
A tal fin el procesador gráfico realiza en este caso las siguientes tareas:

- Una vez detenido sobre un punto de la planta y por medio de un proceso de doble barrido según los ejes cartesianos, identifica qué tipo de elemento requiere información.
- Activa el sistema de requerimiento de datos al modelo, el cual a través de la interconexión le llena un "buffer" que es mostrado en la misma pantalla gráfica donde se encuentra la planta.

Previsto, pero aún no implementado, es que se envíe al subsistema gráfico no sólo el o los valores instantáneos sino que también pueda mostrarse en la misma pantalla gráfica u otra análoga, curvas de variables en función del tiempo mostrando la "historia" de las mismas o incluso planos de fase.

Existe además la posibilidad de introducir perturbaciones o cambios de parámetros al sistema, las cuales estarán íntimamente ligadas con el rango de validez del modelo. Los cambios que provoquen las mismas se traducen en la "planta" como posibles variaciones, si caben, de colores de los elementos involucrados en dicha operación.

3.2. Programa del subsistema de cálculo



El subsistema de cálculo es el que efectúa la simulación de la planta considerada. Su estructura general se muestra en la Figura 2.

La descripción de cada uno de los módulos que integran este subsistema es la siguiente:

- El primer módulo se ocupa de inicializar variables dinámicas
- El siguiente acepta los requerimientos provenientes del subsistema gráfico (pedidos de valores de variables, cambios de parámetros, etc). y procesa adecuadamente los mismos.

- El tercer módulo incluye las ecuaciones diferenciales ordinarias que conforman el modelo de la planta. Su función es evaluar las derivadas temporales.
- El cuarto efectúa la integración temporal de las variables dependientes.

El último transfiere la información requerida al subsistema gráfico.

Se desea hacer notar que es posible, modificando el software, simular distintas plantas nucleares en distintas condiciones de funcionamiento.

4. CONCLUSIONES

Para el estado actual de desarrollo del simulador ya se vislumbran ciertas líneas de trabajo sobre las que deberá ponerse mayor énfasis, a saber:

- Implementación de un sistema operativo que permita manejar simultáneamente 3 monitores de color, ya existentes; dando este número de displays gráficos una cantidad de información tal que el usuario pueda tomar decisiones de cambio de parámetros y comandos apropiados para producir el efecto deseado.
- Deberá proveerse una mayor interacción hombre-máquina diseñando interfases más potentes.
- Esfuerzos considerables deberán ponerse en el desarrollo de modelos que permitan no sólo operaciones sobre la planta en operación normal sino también el tratamiento de situaciones anormales provocadas por el usuario o que impredeciblemente para él se las ocasione el instructor.

La experiencia adquirida en la construcción de un simulador de plantas nucleares nos lleva a proseguir esta línea de trabajo en tareas de complejidad creciente de manera que el aporte al tema no quede restringido exclusivamente al ámbito académico.

5. REFERENCIAS

Chen, W.L., "Introduction to Power Plant Simulators", Singer Co., 1979.

Proceedings of the 10th IMACS World Congress on System Simulation and Scientific Computation.

Cordoba Generation Station Main Heat Transport System Design Manual, AECL, 1980.

APENDICE

Ejemplo gráfico de valores requeridos al modelo por el usuario.

