

Fernando Saez Vacas
Ingeniero Telecomunicación
Ingeniero de Sistemas
Antonio Pascual Galán
Ingeniero Telecomunicación
Ingeniero de Sistemas.

I. INTRODUCCION

Infografía (en inglés Computer Graphics) es la parte de la Informática que se especializa en las técnicas de entrada y salida de datos en forma gráfica.

Es sabido que la mente humana digiere difícilmente los datos presentados en forma numérica tabular, por lo que las técnicas infográficas vienen a añadir uno de los eslabones más importantes en la cadena de acercamiento del ordenador al hombre, desde que se creó la programación automática.

Un dispositivo gráfico permite reducir una gran cantidad de datos, presentándolos de una forma interpretable y aumentando por consiguiente, la interacción, potencia y creatividad del sistema hombre-máquina.

El desarrollo de estas técnicas se ha producido en dos sentidos:

- a) Diseño de materiales y su conexión con el ordenador (hardware).
- b) Diseño de sistemas y lenguajes de programación especializados (software).

Los avances conseguidos en el desarrollo de software no guardan paralelo con los del hardware, lo que hace que en muchos casos el usuario pueda contar con un equipo inflexible por falta de un software adecuado. La programación de un ordenador con periferia gráfica es compleja y larga, y ello obliga al constructor de la misma a diseñar el software que dé vida a su producto.

Este estudio se dedica exclusivamente a las técnicas y equipos operacionales en la actualidad. Describimos a continuación los principios y algunas de las características, propiedades y aplicaciones de los equipos:

1. de pantalla o visualización ("displays").
2. de trazador de papel ("plotters").
3. de copia en película (microfilm output systems ó computer output microfilm devices (C.O.M.)).

El principio de funcionamiento es siempre el mismo. Para representar un punto sobre una superficie a partir de un dato numérico, se transforma éste en una combinación de voltajes eléctricos, que desvían proporcionalmente un órgano hasta el lugar elegido, donde produce un trazo visible. En el caso de los dispositivos de pantalla, la desviación se produce por medio de las bobinas deflectoras de un tubo de rayos catódicos (similar a los de los aparatos de TV), y el órgano que produce la traza luminosa es un haz electrónico. Los "plotters" son dispositivos electromecánicos donde la desviación de un brazo con una pluma móvil se consigue por motores dotados de circuitos de control de precisión. Producen un trazo de tinta.

Hay tres diferencias importantes entre los dispositivos de pantalla y los trazadores de papel:

- * la velocidad, considerablemente superior en los primeros, debido a la falta de inercia del haz electrónico.

- * los primeros pueden servir como órganos de entrada/salida, mientras que los segundos solamente en tanto que órganos de salida.
- * los "displays" no dejan copia impresa, que es esencialmente el resultado de los "plotters".

Dirigidos a remediar este último inconveniente han aparecido los dispositivos de microfilm, en los que, automáticamente, se saca copia en película de la imagen (página) de una pantalla catódica.

Las diferencias reseñadas más arriba, junto con las propias características físicas, especializan en áreas determinadas a los distintos materiales gráficos.

2. VISUALIZADORES

Las primeras contribuciones a la infografía han sido: el proyecto SAGE (Semi Automatic Ground Environment) de informática para la defensa aérea, iniciado en los años cincuenta; el proyecto APT (Automatically Programmed Tools) del MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts), de la misma época; el proyecto Sketchpad, sistema de comunicación gráfica hombre-máquina, en el MIT; el proyecto MAC (Machine Aided Cognition o Multiaccess Computing), también en el MIT.

Todos estos proyectos y otros posteriores se refieren casi siempre al diálogo "on-line", por medio de una pantalla catódica, del hombre con un sistema informático complejo. Por ejemplo, en el sistema Sketchpad, el operador podía introducir datos gráficos y recibir resultados en una pantalla.

2.1. Elementos constitutivos

Un equipo de "display" consta en esencia de los siguientes bloques o funciones:

- * un tubo de rayos catódicos (CRT).
- * un método para regenerar los datos en la pantalla, combatiendo la degradación de la luminosidad fosfórica.
- * un dispositivo para generar datos gráficos o caracteres sobre la cara del tubo.

- * una interfase con el ordenador.
- * varios dispositivos de interacción, como teclados, "lapiz" sensible a la luz ("lapiz electrónico") u otros.

2.2. Hardware

Desde el punto de vista técnico los diseñadores deben resolver un buen número de problemas, dentro de consideraciones tan prácticas como el coste y la definición de un área de aplicaciones.

Los factores que condicionan el diseño se asocian con:

- la naturaleza de la tarea en que se utilizará el "display";
- la naturaleza humana.

En cuanto al primer tipo de factores, se estudian los siguientes aspectos: tamaño de la pantalla, tamaño del mensaje, formato del mensaje, tiempo de respuesta, borrabilidad, color, tonalidad, etc.

Los factores humanos obligan al estudio de las características físicas relacionada con la variedad de actividades y percepciones del hombre. Así, se consideran aspectos de fotometría, brillo y contraste, resolución, persistencia, legibilidad y fidelidad visual.

De las diversas técnicas, del número y complicaciones de los elementos que constituyen el equipo de visualización (display), y del tipo de aplicación a que se destinan, se ha derivado una gama muy amplia de materiales que, a efectos prácticos, clasificamos como:

- * visualizadores alfanuméricos.
- * visualizadores gráficos, propiamente dichos.

En las pantallas de los primeros se representan símbolos, y los segundos visualizan líneas y dibujos en general. Los precios están comprendidos entre \$ 2.000 y \$ 200.000. Un ejemplo típico es el de un pupitre "display", alfanumérico, cuyo precio puede variar entre \$ 6.000 a \$ 7.000, con las siguientes características:

- * pantalla monocromática CRT de 8,5 x 6,5 pulgadas.

- * capacidad para visualizar 500 caracteres simultáneamente.
- * "buffer" propio de 500 caracteres para propósitos de entrada/salida y regeneración de imagen.
- * generador de caracteres para 64 símbolos (sólo letras mayúsculas).
- * teclado del tipo teleimpresor para introducción de datos.
- * llaves para adición y control, y dispositivos hardware para composición de mensajes, inserción y borrado.
- * interfase con el ordenador, a través de cable directo de conexión o de enlace de comunicaciones.

2.2.1. Visualizadores alfanuméricos

2.2.1.1. Generación de símbolos.

Lo más característico de estos equipos es la técnica de generación de los símbolos. Describimos someramente algunas de ellas:

- a) Con el sistema de barrido, típico de la televisión, se asignan filas para posicionar los caracteres. Cada carácter se forma iluminando los puntos pertinentes de una pequeña matriz de 7 x 5 por ejemplo.
- b) las bobinas principales de deflexión del tubo de rayos catódicos pintan los caracteres en la pantalla, método que, aunque lento, permite una considerable flexibilidad en el juego de caracteres, dependiendo del hardware (o software) de generación de los mismos asociado al sistema.
- c) Una máscara en el extremo del tubo, con todos los caracteres recortados en ella. Se desvía el haz electrónico hacia el punto de la máscara donde se encuentra el carácter seleccionado; después, se centraliza y se desvía al lugar escogido de la pantalla. La formación del carácter es más rápida que si se pinta, pero tiene el inconveniente de que el hardware es caro, la máscara inalterable, y fijo el tamaño de los caracteres.
- d) Se forman los caracteres iluminando adecuadamente trozos de líneas en la pantalla.
- e) En el sistema monoscopio los caracteres, fijos, se encuentran, sobre una pantalla separada, en el circuito de entrada al "display" principal. Un barrido explora el carácter seleccionado sobre la pantalla generadora, el cual es situado sobre el punto deseado en la pantalla principal.
- f) Otro método consiste en una mejora del método c), situando unas bobinas intermedias que permiten modificar ligeramente el tamaño de los caracteres visualizados. Los sistemas que siguen este procedimiento utilizan un tubo especial del tipo "Charactron", diseñado por la división Stromberg-Carlson de la General Dynamics Corporation. Este tubo puede visualizar caracteres a un ritmo de más de 100.000 palabras por minuto, a partir de un juego de 64 (los números decimales, las letras mayúsculas del alfabeto y

varios signos aritméticos y de puntuación). El haz electrónico pasa a través de unas placas de selección, que lo dirigen al carácter escogido en las máscaras, donde adquiere la forma de dicho carácter. Después de alinearse con el eje del tubo, gracias a un nuevo juego de placas, pasa por unas bobinas focalizadoras que controlan su tamaño, y, por último, las de desviación principal lo hacen incidir en el lugar adecuado de la pantalla.

En los "displays" de tipo medio la interacción con el ordenador se realiza mediante un teclado. La pantalla hace las veces de una página en una máquina de escribir. Un cursor luminoso marca la posición del próximo carácter. El cursor se desplaza automáticamente por la pantalla siguiendo el tecleo de los símbolos, aunque también puede situarse externamente, por medio de mandos en el propio teclado, para propósitos de composición o corrección de textos.

2.2.1.2. Introducción de los datos

El Datanet 760 (marca registrada de Gene-

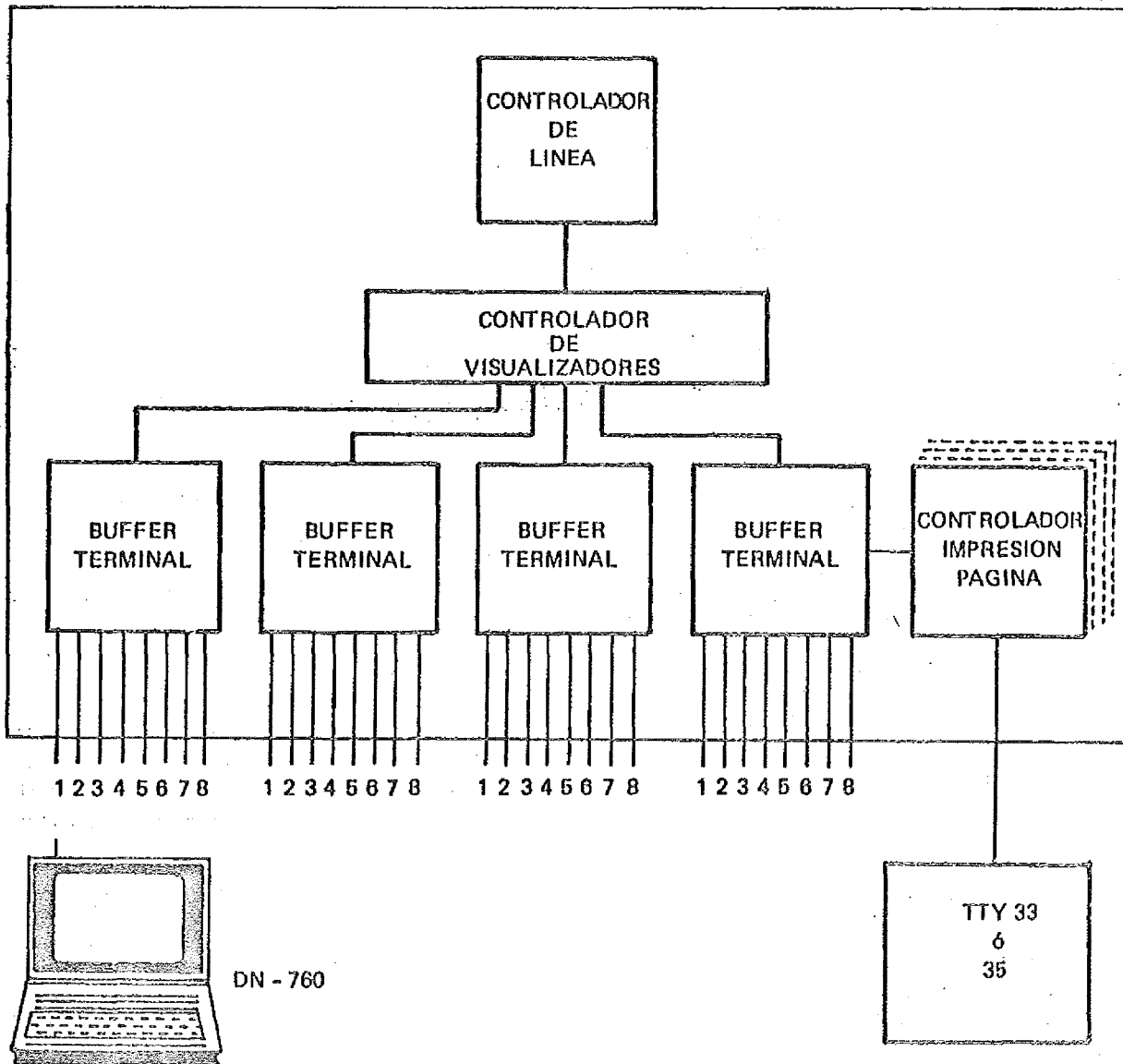


Fig. 2. Organización de un sistema de terminales DN-760

ral Electric Co.) de Honeywell Bull es un buen ejemplo de "display" esencialmente alfanumérico, terminal multiestación conectable a todos los ordenadores de las series 100, 200, 400, 600 y 6000. Sus características funcionales más importantes son:

- * Teclado de 82 posiciones (caracteres en código USASCII, códigos de control y símbolos especiales para trazado de diagramas y tablas), en standard para entradas alfanuméricas.
- * Visualización simultánea de hasta 1.196 símbolos, en 26 líneas.
- * Pantalla de 14 pulgadas.
- * Velocidad de transmisión: 1.200 o 2.000/2.400 bits por segundo.

Su conexión con un ordenador se obtiene a través de una memoria intermedia y de un controlador, en una organización esquemática en la figura 2, con posibilidades de hasta 32 DN-760 por controlador y realización de copia impresa en teletipo.

La serie 200 de Honeywell Bull utiliza el display modelo 390 VID (Visual Information Display), alfanumérico, del tipo de técnica monoscópica.

2.2.2. Visualizadores gráficos

En teoría utilizar los tubos de rayos catódicos para representar sólo datos alfanuméricos supone una limitación de sus posibilidades pictóricas, por así decirlo. No hay nada que se oponga, físicamente, a que el haz electrónico se pasee por la pantalla como el pincel de un pintor, salvo que en este caso el pintor debe ser un ordenador.

Las dificultades se presentan a nivel de almacenamiento y estructura de los datos y dependen estrechamente de las técnicas utilizadas en el gobierno del haz electrónico. El haz es gobernado a partir de unas instrucciones que lo llevan (trazando o sin trazar) de una posición de coordenadas X,Y a otra de la pantalla. Un "buffer" (tambor, disco o núcleos magnéticos) contiene las instrucciones y regenera la imagen en la pantalla.

Los dispositivos de interacción más corrientes son: El "lápiz electrónico", la pluma sobre superficie de gradiente de voltaje y la pluma sobre superficie de capacitancia. El más popular es el "lápiz electrónico", que actúa directamente apoyándolo sobre la pantalla. Es un tubo en forma de lápiz, que alberga una célula fotoeléctrica, excitable por la luz de la pantalla.

La señal luminosa se convierte en una referencia de tiempo, que permite determinar por programa la posición de un punto en la pantalla. Existen varias modalidades de sistema de "lápiz", desde el que sólo permite señalar datos, ya en imagen, para identificación por el programa, hasta el que posee capacidades de dibujo y seguimiento.

Es obvio que el incremento de las capacidades del sistema, se traduce en más complejidad de hardware y software, y en aumento de precio.

2.3. Software

Los problemas de diseño del software están relacionados con el siguiente proceso: comunicación en los dos sentidos entre un documento de información gráfica y los datos numéricos internos almacenados estructuralmente en el ordenador. Como ejemplo, para fijar las ideas, supóngase que se pretende visualizar los resultados, según diferentes perspectivas y cortes, de la ejecución de un programa cualquiera, correspondientes al tratamiento de un cuerpo geométrico.

Concentremos la atención en los conceptos del software para "displays" gráficos.

Básicamente se encuentran: seguimiento del "lápiz" (si lo hay), generación de formas en "display", servicio al pupitre, estructura de base de los datos y programas de aplicación.

La generación de las formas gráficas se consigue mediante rutinas, llamadas rutinas "displays". Las rutinas "displays", los servicios al pupitre y los programas de aplicación son muy específicos del área de aplicación y no entramos en ello.

2.3.1. Estructuras de base de los datos

Se llama modelo o base de los datos a la representación interna de la información, destinada a ser procesada o a ser representada en documento gráfico. Se han estudiado varios métodos que facilitan el procesamiento de la información gráfica en un ordenador y cualquiera de ellos requiere dos tipos de procedimiento:

- procedimiento de representación de elementos gráficos.
- procedimiento de representación de relaciones entre elementos gráficos (relaciones topológicas, geométricas, numéricas y de conjunto).

De los distintos métodos propuestos, unos emplean un procedimiento b) de representación implícita (p. ej. que dos líneas son paralelas quedará implícito en los valores de las coordenadas de los dos puntos extremos) y otros un procedimiento b) de representación explícita. Todos se sitúan en algún punto de compromiso entre volumen requerido de almacenamiento y facilidad de tratamiento.

Algún método ha originado lenguajes especializados de programación para descripción y manejo de datos de información gráfica.

Traemos aquí, para ilustrar la posible complejidad de la estructura de una base de datos, la que propone el Dr. Marvin Ling de la General Electric Computer División (en la actualidad con otra denominación). La estructura de los datos concierne a su formato, ordenamiento y asociación dentro de la memoria. La estructura estudiada por el Dr. Ling es una estructura de listas, basada en unidades genéricas (llamadas bloques o entidades) y en enlaces con varias propiedades.

Una entidad es algo del mundo real que posee ciertas propiedades, por ejemplo un triángulo que posee tres lados y tres vértices. Se representa por un bloque de formato fijo (un rectángulo), del que parten flechas hacia sus propiedades. Cada entidad está conectada con tres tipos de enlaces: enlace con entidades de nivel inferior; enlace con todas las entidades de nivel inferior; enlace con todas las entidades que contienen a la entidad considerada y enlace con todos los bloques que describen

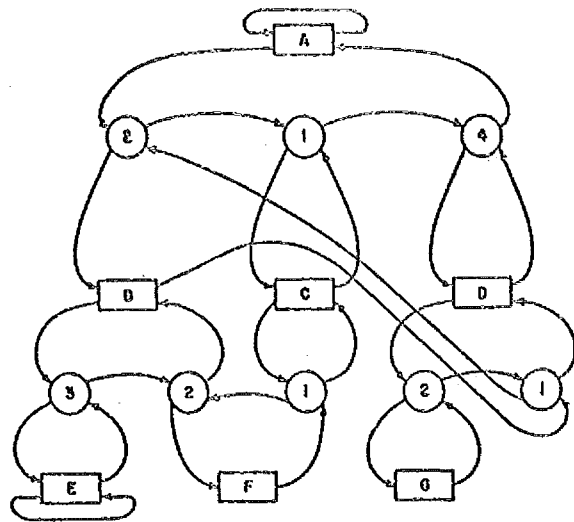


Fig. 3. Estructura de la base de datos gráficos propuesta por Marvin Ling, de la General Electric Computer División.

sus propiedades. Como ejemplo de éste último tipo de enlace tenemos a la entidad triángulo, enlazada con tres bloques de líneas (los lados) y tres bloques de puntos (los vértices).

La relación entre entidades de diferentes niveles se representa por conjunciones; cada bloque de conjunción contiene información de cantidad, situación, orientación y tamaño. En la figura 3 los rectángulos son entidades y los círculos, conjunciones. La entidad A consta de dos entidades B, una entidad C y cuatro entidades D, la B consta de tres entidades E y dos entidades F, etc. Por tanto, A tiene a las entidades B, C y D como nivel inmediato inferior y las entidades E, F y G, como nivel más bajo. Puede verse que B, no solamente es entidad inmediatamente inferior de A sino también de D.

2.3.2. Organización de las entradas y salidas

En cuanto a las entradas, actualmente pueden seguirse dos procedimientos mayores: descripción por medio de lenguajes gráficos y descripción por dispositivos de interacción, como el "lápiz electrónico", y un procedimiento menos extendido consistente en la exploración óptica del documento gráfico, seguida de los complejos programas de interpretación de película y conversión a la estructura interna de los datos (fig. 4).

Los métodos de salida vienen esquematizados por la figura 5. Hay una serie de rutinas que extraen la información necesaria de la base de datos y generan las instrucciones re-

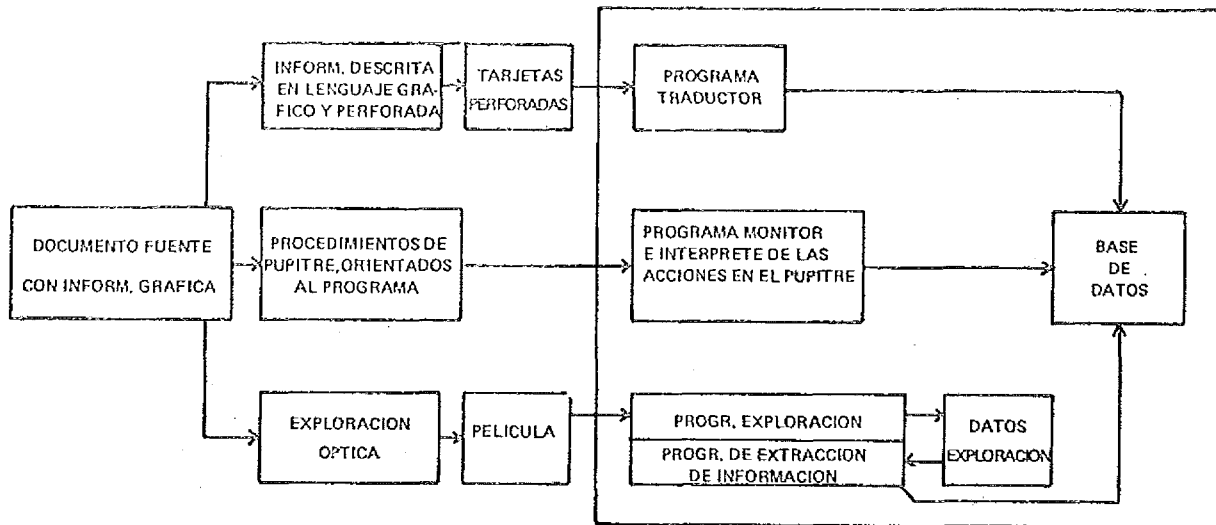


Fig. 4. Métodos de entrada de datos gráficos

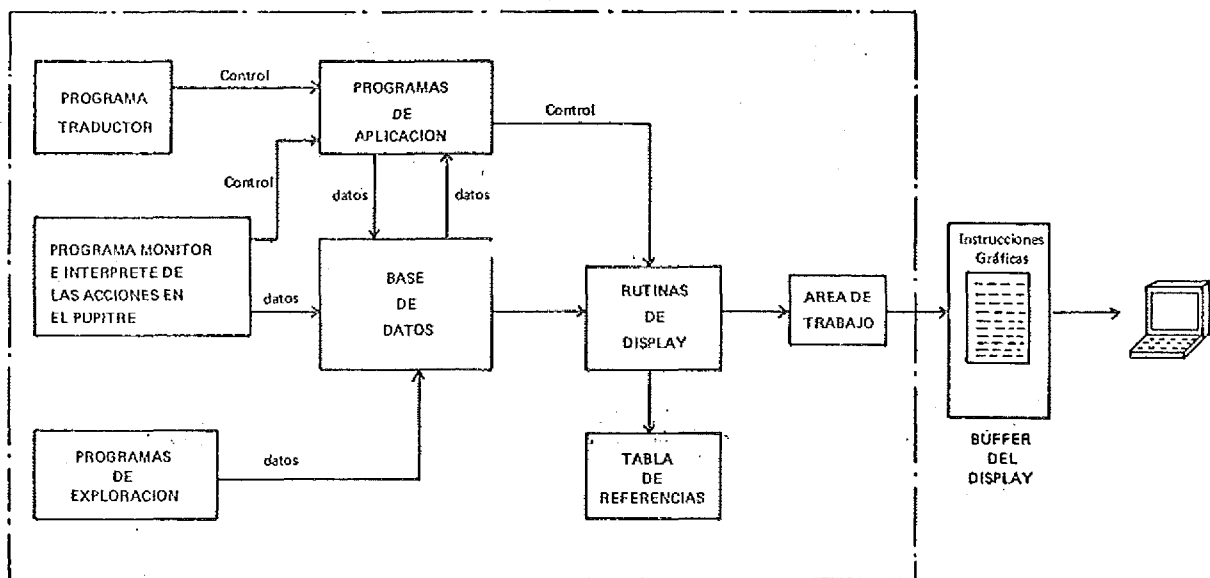


Fig. 5. Métodos de salida de datos gráficos

queridas por el sistema de display. En el caso de las pantallas con tubos electrónicos (CRT), las instrucciones son ejecutadas de 30 a 40 veces por segundo. Instrucciones de pupitre inician las rutinas de display, cada una de ellas con una serie de posibilidades (cambios de escala, traslación, rotación y combinaciones diferentes). Como se ha precisado más arriba, la base de datos está estructurada con arreglo a formatos y organizaciones que facilitan el tratamiento por ordenador.

La tabla de referencias provee la necesaria relación entre los elementos de información en la imagen y los datos asociados en la base de datos para propósitos de seguimiento y corrección (caso del "lápiz electrónico").

La clase de aplicación condiciona la organización y el contenido del resto de los programas. Las rutinas de aplicación toman los datos de la base de datos y sus resultados son almacenados allí o preparados para visualización, con ayuda de las rutinas de display.

2.4. Aplicaciones

Son muy variadas. Un informe de Auerbach EDP las clasificada en cuatro categorías:

2.4.1. Ingeniería y diseño

El usuario puede considerarse como un "programador", en el sentido de que entabla

una conversación con el sistema, a través del pupitre de visualización.

- * ingeniería y matemáticas.
- * programación (desarrollo de programas, depuración).
- * planificación de gestión (previsión, logística).

2.4.2. Interacción con la información, en modo flexible o estructurado.

El principal objetivo del pupitre de visualización es proporcionar acceso rápido a la información de una base de datos, grande y centralizada. En casos, esta información se actualiza por mensajes de los mismos usuarios del pupitre; en otros, la actualización se produce por técnicas convencionales de tratamiento por lotes.

- * gestión industrial y gubernamental (presupuestos, control de procesos, control de producción, gestión de inventarios).
- * mando y control militares (estrategias, logísticas, foto y carto-interpretación, criptografía).
- * investigación científica (observación de experimentos de laboratorio, estudios psicológicos).
- * banca y finanzas (análisis de créditos, de contabilidad, de valores...).
- * administración hospitalaria (búsqueda de registros de pacientes, análisis diagnósticos...).
- * transportes (reservas automáticas, alquiler de automóviles, hoteles...).
- * seguros.
- * administración industrial.
- * almacenamiento y búsqueda de la información (bibliotecas, edición de textos, indexación).
- * administración militar.
- * educación (instrucción asistida por ordenador (CAI), enseñanza programada, administración escolar).

2.4.3. Funciones de observación

El usuario actúa la mayor parte del tiempo

como espectador. La información, casi siempre preestructurada, es proyectada para uno o más observadores. A veces, el observador tiene opción entre un número de informaciones distintas.

Entran dentro de este cuadro los sistemas de seguridad y de observación de procesos automáticos o semiautomáticos.

2.4.4. Comunicaciones

La unidad visualizadora sirve como medio de colección y a veces de control de la información (alfanumérica o gráfica), que ha sido o va a ser transmitida.

3. TRAZADORES

3.1. Generalidades

Durante mucho tiempo, la utilización de los trazadores de curvas se ha restringido a la de elementos de salida de los calculadores analógicos. Su utilización con los calculadores digitales es muy reciente.

Los primeros trazadores de curvas fueron analógicos, los cuales aceptaban señales de entrada analógicas para control del movimiento de la pluma. Al tener que conectarse a ordenadores, fue necesario disponer de una "interfase" para señales analógicas exigidas por el trazador de curvas.

El incremento de utilización de los trazadores de curvas con ordenador aconsejó la creación de una técnica de trazadores digitales de curvas que permiten la conexión directa a dichos ordenadores.

Esta técnica podrá utilizarse en cualquier problema que puede resolverse en forma de dibujo. Los campos de utilización son muy variados:

- dibujo técnico y científico.
- tratamientos administrativos.

La ventaja del uso de trazadores es triple:

- Rápidez

El tiempo de realización de un esquema por métodos tradicionales (toma de datos, cálculos y dibujos) puede situarse entre 50 y 200 horas. Así, para diseñar los muros de carga de un edificio por el método tradicional, el tiem-

po es de 100 horas; mediante la utilización de trazador de curvas se reduce a una hora.

— Precisión

Por los métodos tradicionales, la precisión es del orden de 1/10 mm, mientras que con un trazador puede ser de 1/20 mm.

— Fiabilidad

Los trazadores de curvas pueden utilizarse durante las 24 horas del día. Han sufrido numerosas pruebas eléctricas, electromecánicas y mecánicas bajo diversas condiciones térmicas y mecánicas. Los resultados obtenidos dan la seguridad de que cualquier trazador puede trabajar 1000 horas seguidas sin avería.

3.1.1. Tipos de trazadores

Las máquinas de dibujo automático reciben el nombre de trazadores de curvas. Existen diversos tipos actualmente, y pueden clasificarse según distintos conceptos: según la superficie de dibujo, técnica de dibujo empleada, o técnica de registro.

Según la superficie de dibujo, los más utilizados son los de mesa y los de tambor.

Las técnicas de registro más usuales emplean pluma y tinta, o impulsos eléctricos. Estos últimos pueden registrarse sobre papel sensibilizado.

Las técnicas de dibujo son: incremental, trazado de un modo general segmentos pequeños de líneas; o de trazos, si son segmentos largos.

3.1.1.1. Trazador de mesa

Utiliza como superficie de dibujo un tablero cuyas dimensiones pueden variar desde 30 x 30 pulgadas a 5 x 24 pies. El papel sobre el que se dibuja permanece inmóvil.

El órgano de escritura puede desplazarse en cualquiera de las direcciones permitidas

Estas direcciones pueden ser: + X, -X, + Y, -Y, o en ambas direcciones simultáneamente. Los modelos más normales pueden desplazar su órgano de escritura según 8 direcciones, pero existen modelos que permiten 24 direcciones de desplazamiento.

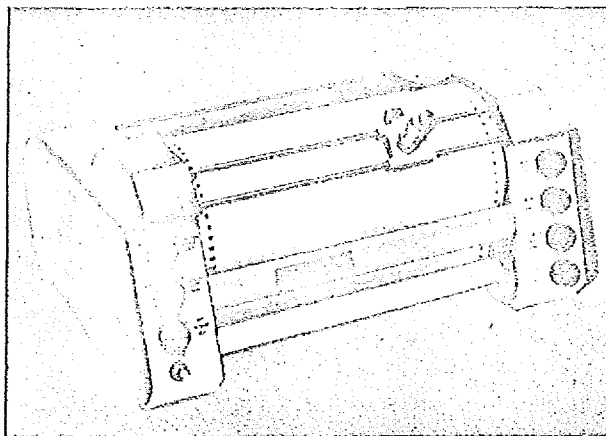


Fig. 6. Trazador de tambor Calcomp modelo 565

Nota: las fotografías de los materiales Calcomp se publican por cortesía de California Computer Products, Inc., y su representante en España Hispano Electrónica, S.A.

La pluma puede subir y bajar, para permitir el posicionamiento y el dibujo.

La mayoría de estos modelos utilizan pluma y tinta para la realización de los dibujos. Existen modelos que disponen de varias plumas; la tinta que utilizan puede ser de igual o distinto color. Por tanto, estos modelos pueden describir varias curvas a la vez.

Estos trazadores son incrementales, pudiendo alcanzar una velocidad de 1/10 ó 1/20 mm. Calcomp (California Computer Products Inc.) ha desarrollado en sus modelos más evolucionados el modo ZIP que permite, en las rectas, aumentar notablemente la velocidad de traza. (Se basa en un aumento, no del desplazamiento del motor, sino de la velocidad del mismo).

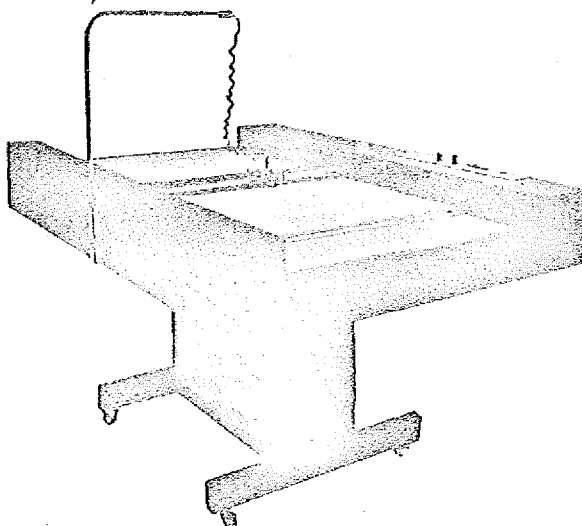


Fig. 7. Trazador de mesa Benson mod. 220

Por cortesía de Benson y su representante Europavia España, S.A.