

## **Visualização Gráfica para Microcomputadores**

**F. Nunes Ferreira, DEEC.FEUP/INESC.Norte**

**J. Paulo Pereira, INESC.Norte**

**A. Cardoso da Costa, INESC.Norte**

**A. Teixeira Puga, INESC.Norte**

**Primeiro Encontro Português de Computação Gráfica**

**LNEC, Julho de 1988**

**Lisboa**

## Introdução

Nos últimos 2/3 anos, alguns elementos da equipa de Computação Gráfica e CAD do INESC.Norte têm dedicado grande parte do seu esforço no desenvolvimento de placas gráficas para microcomputadores, procurando acompanhar o que se passa nesta área a nível mundial. As novidades surgem a uma frequência espantosa, nomeadamente no que se relaciona com novos componentes e novas placas gráficas.

Ao nível dos componentes são de salientar: -As "Dual-port vídeo RAM's" (VRAM's) que, apesar de recentemente introduzidas, substituem já as clássicas RAM's dinâmicas (DRAM's) na implementação da memória gráfica; as VRAM's praticamente eliminam os conflitos clássicos resultantes dos acessos simultâneos do processador gráfico e do controlador de vídeo. -Os processadores gráficos, programáveis através de uma linguagem de alto nível, pretendem substituir os controladores gráficos, estes caracterizados por um conjunto rígido de comandos.

No meio desta evolução tecnológica pretende-se situar o trabalho já realizado no INESC-Norte na área do Hardware Gráfico e perspectivar a acção futura.

Apresentam-se algumas generalidades julgadas importantes na referência aos trabalhos realizados. Tecem-se ainda algumas considerações sobre os trabalhos em curso e sobre as perspectivas de evolução a curto prazo.

### 1-Algumas generalidades

#### 1.1-Estrutura de um sistema de visualização baseado em tubo de varrimento tipo TV

Apesar de se verificarem importantes desenvolvimentos em diferentes suportes de visualização, o tubo de varrimento do tipo TV continua a ser o mais disponível e promissor.

Um relance sobre a estrutura de um sistema de visualização baseado em tubo de varrimento tipo TV (Fig.1), põe em realce os blocos fundamentais: - **Memória gráfica**, cujo conteúdo está intimamente relacionado com a

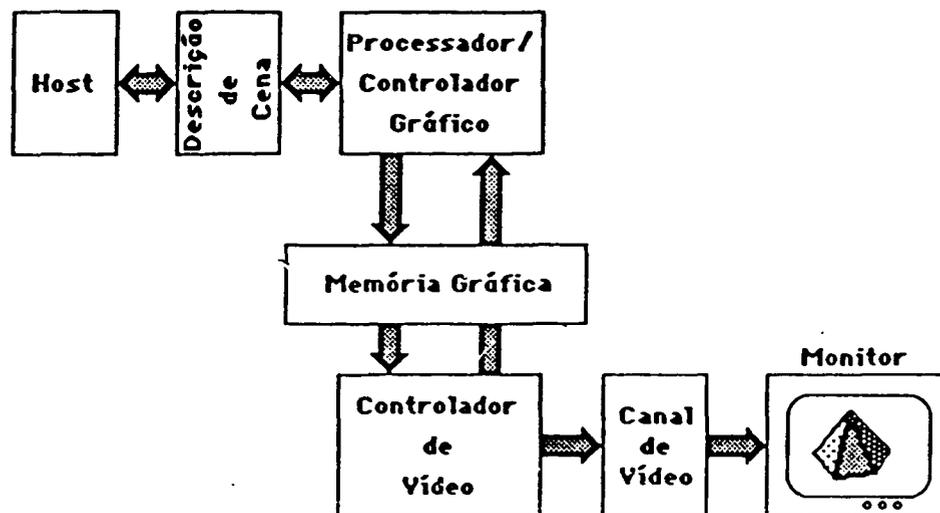


Fig.1-Arquitectura de um sistema de visualização baseado num ecrã de varrimento TV

imagem no monitor; - **Controlador/Processador Gráfico**, responsáveis pela actualização do conteúdo da memória gráfica; - **Controlador de Vídeo**, ocupado continuamente em manter a imagem estável, retirando a informação da memória gráfica (50 vezes /Segundo) e passando-a ao **Canal de Vídeo**, este continuamente ocupado em adaptar a informação recebida às exigências da entrada vídeo do monitor.

## 1.2-Memória Gráfica

Os conflitos de acesso à memória gráfica constituem um dos problemas clássicos destes sistemas de visualização, quando a implementação daquela memória se baseia em DRAM's. Este problema foi praticamente eliminado com a introdução ainda recente das VRAM's [3].

As VRAM's dispõem de um **porto de acesso aleatório**, como acontece com as DRAM's, adequado aos acessos do controlador ou do processador gráfico, e um **porto de acesso sequencial**, baseado num "shift-register" interno, que se compatibiliza razoavelmente com o tipo de acesso do controlador de vídeo.

O controlador de vídeo pode ocupar de 20 a 75% (aproximadamente) a memória gráfica baseada em DRAM's, ocupação que se reduz a menos de 5% se se utilizar VRAM's.

## 1.2-Controlador de Vídeo e Canal de Vídeo

A lentidão da memória gráfica em relação ao que se passa ao nível do sinal de vídeo (para uma resolução 1024\*1024, 50 quadros/Segundo sem entrelaçamento, a frequência de vídeo aproxima-se dos 70MHz) exige que o controlador de vídeo promova a leitura em paralelo da informação relativa a vários "pixels", encarregando-se o canal de vídeo da respectiva serialização (shift-register, tabela de cores e conversor digital-analógico). Esta zona, pelas frequências elevadas que envolve, apresenta-se como uma das mais críticas de um sistema de visualização, exigindo para altas resoluções tecnologias muito rápidas (por exemplo, ECL).

## 1.3-Controlador Gráfico /Processador Gráfico

A actualização da memória gráfica, necessária à modificação das imagens, é realizado por um Controlador Gráfico ou então por um Processador Gráfico.

O controlador gráfico oferece um conjunto fixo de comandos que permitem desenhar segmentos de recta, circunferências e arcos, preencher zonas, etc. O processador gráfico, alternativa ainda muito recente ao controlador gráfico, não oferece um conjunto de comandos. Trata-se de um processador, programável através de uma linguagem de alto nível (por exemplo, C), com um conjunto de instruções-máquina que facilita a implementação dos algoritmos gráficos (algoritmos para desenhar segmentos de recta, circunferências e outras curvas, eventualmente , com "anti-aliasing", algoritmos para implementação de texto de qualidade, de janelas e de preenchimento de zonas rectangulares ou irregulares, aproveitando as instruções que promovem as operações de "bit-block-transfer" ou a generalização destas "pixel-block-transfer" com ou sem transparência e "clipping").

Os defensores desta alternativa inovadora especificam a diferença entre controlador e processador gráfico, dizendo que o primeiro está para a máquina de calcular assim como o segundo está para o processador "general purpose". De facto o processador gráfico suporta as futuras versões do software gráfico bastante melhor que o controlador, especialmente nos momentos que precedem a fixação dos standards

gráficos (por exemplo, seria arriscado conceber um controlador orientado para o VDI- Virtual Device Interface-, pois ainda não foi aceite a respectiva normalização; o mesmo não se dirá de um processador gráfico).

## **2-Trabalhos realizados**

Vamos referir a experiência do grupo no desenvolvimento de placas gráficas para microcomputadores, permitindo a visualização a cores em média/alta resolução [1] e a visualização monocromática em muito alta resolução [2].

### **2.1-Visualização gráfica a cores em média/alta resolução**

O impulso inicial surgiu de uma solicitação do projecto ELENA (escritório electrónico) do INESC; era necessário desenvolver uma placa gráfica compatível com o "backplane bus" criado no seio daquele projecto, permitindo a visualização gráfica a cores, em média/alta resolução.

Partiu-se de um conjunto de especificações usualmente disponíveis em placas gráficas de vários fabricantes, mas para "backplane busses" de grande difusão (por exemplo, XT/AT bus).

Este projecto deu-se por concluído em Janeiro de 1987, com a segunda versão, cujas características principais são referidas mais à frente.

Uma primeira versão apresentava as seguintes características:

-Memória gráfica de 1024\*512\*4 baseada em VRAM's (TMS 4161)

-Controlador de vídeo e controlador gráfico incorporados no mesmo dispositivo (TMS 34061), muito limitado no que se refere a comandos gráficos, pelo que o processamento gráfico ficava a cargo do processador da estação ELENA, onde a placa seria inserida.

-Características gráficas

•Resolução máxima: 960\*512 (50 quadros/Segundo, sem entrelaçamento)

•Tabela de cores permitindo visualizar 16 cores por linha à escolha entre 4096.



- Características alfanuméricas
  - Plano alfanumérico de  $1024 \times 512 \times 1$  (o número de linhas da janela alfanumérica é programável e situa-se entre 0 e 51)
  - Registos "cor caracter" e "cor de fundo"
- Interacção através de teclado e alavanca (joystick)
- Software gráfico, permitindo definir:
  - Texto (tamanho janela, cor dos caracteres e de fundo)
  - Aspecto (tipo de traçado, preenchimento de zonas fechadas, ...)
  - Primitivas gráficas (segmento de recta, circunferência, rectângulo)
  - Texto gráfico (dimensão e orientação)
  - Controlo dos planos da memória gráfica (selecção de plano(s) para escrita, definição dos planos visualizáveis e respectivas prioridades de visualização)

Uma segunda versão, em relação à versão anterior, apresentava as seguintes diferenças:

- Processador próprio (iAPX 186) a funcionar como processador gráfico
- Memória gráfica de  $1024 \times 512 \times 8$
- 256 cores simultaneas à escolha entre 4096 e resolução máxima de  $1024 \times 512$  (50 quadros/S, sem entrelaçamento)
- Memória gráfica configurável através de "jumpers" admitindo uma organização  $1024 \times 1024 \times 4$ . Nesta situação: 16 cores simultaneas à escolha entre 4096 e resolução máxima  $1024 \times 1024$  (50 quadros/S, sem entrelaçamento)
- Transferências em DMA à taxa de 2MByte/S, o que facilita a implementação de janelas por software
- Interacção através de teclado e mesa digitalizadora

## **2.2-Visualização Monocromática em muito alta resolução**

A manipulação electrónica (aquisição, arquivo, consulta e visualização) de documentos manuscritos ou de documentos que integrem texto e gráficos (desenhos e imagens) torna-se fundamental em várias aplicações como, por exemplo, arquivo electrónico e publicação assistida por computador.

Com este trabalho (placa gráfica e software associado) pretendeu-se colocar nos computadores pessoais um certo número de facilidades, transformando-os em estações de trabalho adequadas a este tipo de aplicações.

As características principais do protótipo, disponível desde Janeiro de 1988, são:

-Placa compatível com o bus XT/AT/PS 30.

-Compressão e descompressão de documentos em formato A4, de acordo com a recomendação T6 da CCITT, num intervalo de tempo que se situa entre 1 a 3 segundos.

-Visualização de documentos A4, em tamanho natural, com uma resolução de, aproximadamente, 1700x2400, (8 elementos/mm).

O software desenvolvido permite, por exemplo, a utilização de janelas e a edição dos documentos visualizados.

### **2.2.1-Arquitectura do protótipo**

Este trabalho teve origem numa solicitação de uma aplicação de arquivo electrónico (baseada em disco óptico) em desenvolvimento no INESC.Norte.

Esta aplicação exigia um posto de trabalho com a possibilidade de comprimir, descomprimir e visualizar documentos cujo conteúdo podia incluir texto, desenhos, imagens e informação manuscrita. A aquisição faz-se através de um "scanner" e o arquivo principal é implementado em disco óptico.



A nossa estratégia para responder a esta solicitação passou pela utilização de um vulgar microcomputador (compatível XT/AT/PS 30) equipado com uma placa com características originais.

A figura 2 dá uma ideia da arquitectura geral do protótipo desenvolvido, a qual assenta fundamentalmente na utilização de um processador gráfico (TMS 34010) e em Video RAM's (TMS 4161 EV4, 64kx4).

A alta integração dos componentes utilizados permitiu que a placa gráfica desenvolvida viesse a ocupar apenas um "slot" do microcomputador.

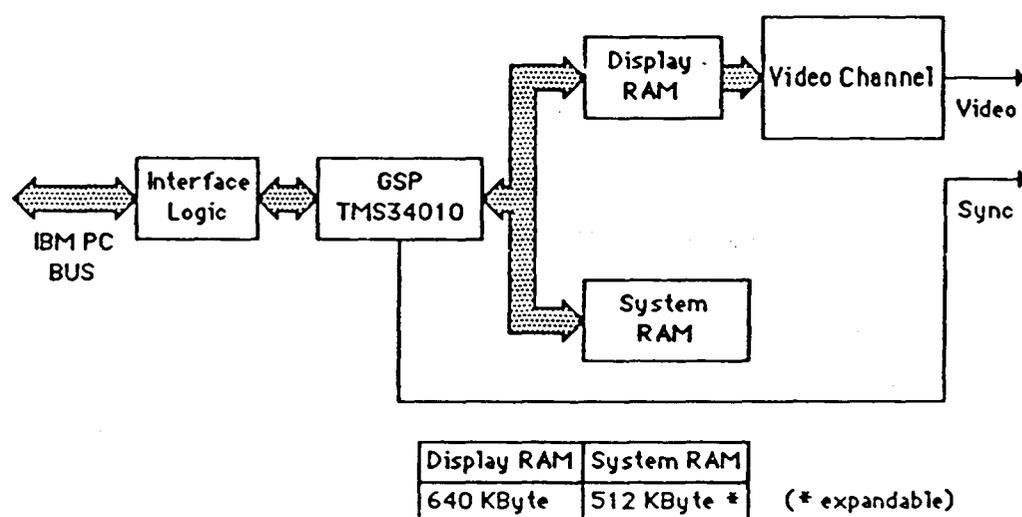


Fig.2-Arquitectura da placa monocromática

O processador local (escravo) recebe, pelo bus XT/AT, ficheiros comprimidos (segundo a recomendação T6 da CCITT), os quais são guardados temporariamente na memória sistema; o mesmo processador descomprime os ficheiros, gerando o conteúdo da memória gráfica.

O processador realiza ainda as funções típicas do controlador de vídeo, enviando continuamente o conteúdo da memória gráfica para o canal de vídeo.

Passamos a referir, de forma breve, os blocos principais da figura 2.

### 2.2.2-Canal de vídeo

Uma resolução da ordem de 1700 x 2400, 50 imagens por segundo, não entrelaçadas, impõe frequências de vídeo superiores a 250 MHz [3]. Isto implicaria a utilização, por um lado, de uma tecnologia muito rápida ao

nível do canal vídeo, por outro lado, de monitores de que desconhecemos a sua comercialização.

Com um monitor de longa persistência, tentámos um varrimento de ecrã que entrelaçava quatro quadros (linhas pares e colunas pares, linhas ímpares e colunas pares, linhas pares e colunas ímpares, linhas ímpares e colunas ímpares). Esta solução baixava a frequência de vídeo para cerca de 70 MHz, mas os resultados não se apresentavam aceitáveis para todo o tipo de imagens. As imagens naturais apresentam uma certa coerência entre pixels vizinhos; basta pensar que para resoluções da ordem dos 1700 x 2400, uma matriz de 8 x 8 pixels é visualizada numa área de 1 mm<sup>2</sup>. Todavia, as imagens sintetizadas, onde aquela coerência nem sempre se evidencia, apresentam uma cintilação (flicker) incómoda.

Adoptou-se, então, o varrimento normal de televisão, de imagens a 2 quadros (quadro das linhas pares e quadro das linhas ímpares), com um monitor de longa persistência, resultando imagens isentas de qualquer cintilação. Como consequência, a frequência do canal de vídeo passou a rondar os 150 MHz, exigindo uma tecnologia muito rápida (ECL). Quanto aos monitores, com as características adequadas (1700 x 2400, fósforo de longa persistência), apesar de existirem comercializados, são ainda bastante raros.

### 2.2.3-Processador Local e Memória

O processador escolhido foi o ainda recente TMS 34010 [4], [5], o qual realiza simultaneamente as tarefas de processador gráfico (manipulação do conteúdo da memória gráfica) e de controlador de vídeo (acesso à memória gráfica para efeitos de refrescamento do ecrã). O TMS 34010 apresenta uma arquitectura RISC de 32 bits, 6 MIPS e uma capacidade de endereçamento também de 32 bits. Podemos dizer que possui um conjunto de instruções "general purpose", enriquecido com algumas instruções orientadas para algoritmos gráficos. Assim, torna-se fácil, por exemplo, calcular e visualizar texto de qualidade e implementar ambientes de janelas múltiplas.

A memória associada ao processador local, implementada com Video RAM's (VRAM's), está dividida em dois blocos (memória-sistema de 512 KBytes e memória gráfica de 640 KBytes). A utilização de VRAM's mostrou-se muito



interessante neste tipo de aplicação, já que, praticamente, elimina os conflitos de acesso do processador gráfico e do controlador gráfico à memória gráfica [3].

No nosso sistema não existe memória do tipo ROM para armazenar código, nem mesmo para a inicialização do processador. O TMS 34010 dispõe de um mecanismo simples e eficiente para receber código do processador principal (Downloading). Desta forma, torna-se extremamente fácil reconfigurar as tarefas do processador e, ao mesmo tempo, toda a memória-sistema não ocupada por código estará disponível como zona de trabalho.

Podemos então imaginar que, numa aplicação relacionada com a consulta de documentos, enquanto o processador descomprime e visualiza uma página, o sistema poderá pedir outras páginas ao arquivo central, as quais serão guardadas na zona de trabalho disponível.

#### **2.2.4-Compressão e descompressão**

A compressão de informação torna-se cada vez mais importante e necessária, sobretudo em áreas onde se pretende armazenar e transmitir o conteúdo de documentos digitalizados a resoluções tão elevadas como, por exemplo, 8 elementos/mm.

Compressões médias de 15:1 e, em certos casos, de 30:1, evidenciam o tempo de transmissão e o espaço de memória poupados. Torna-se, portanto, necessário implementar compressores e descompressores de imagens, tão eficientes quanto possível. A tecnologia actual oferece circuitos integrados VLSI dedicados à resolução deste problema. Um exemplo é o Am7970A da AMD que comprime e descomprime imagens e documentos segundo as recomendações T.4 e T.6 da CCITT [6]. Todavia, a nossa opção recaiu sobre a utilização do processador TMS34010 pelas seguintes razões:

-O software de compressão/descompressão resultou bastante eficiente;

-A facilidade de alterar esse mesmo software, o que lhe confere grande flexibilidade face a novas recomendações.

O software de compressão e descompressão foi implementado em linguagem Assembly o que, apesar de dificultar a tarefa do programador, veio a permitir uma gestão mais eficiente de todos os recursos do processador. O tempo necessário para comprimir/descomprimir documentos em formato A4 varia entre 1 e 3 segundos, o que se compatibiliza com o uso de certas facilidades, tais como, janelas e zooming, sobre os ficheiros comprimidos e armazenados na memória do sistema (há memória suficiente para armazenar vários documentos comprimidos).

### 2.2.5-Software desenvolvido

O software desenvolvido inclui várias funções:

-Emulação do driver de vídeo ROM BIOS para o sistema operativo MS-DOS (o utilizador define uma janela alfanumérica de 80 x 25 em qualquer ponto do ecrã, escolhe um tipo de caracteres, especifica as suas dimensões, etc.)

-Um conjunto de rotinas gráficas:

- Aumento ou redução de uma janela
- Rotação de uma janela
- Replicação de uma janela com possibilidade de executar operações lógicas sobre a mesma
- Preenchimento de uma janela com um padrão à escolha
- Preenchimento de uma área irregular com um padrão à escolha
- Escrita de texto com selecção do tipo de caracteres e dimensão, em qualquer posição e orientação
- Linhas, elipses e elipses preenchidas com um padrão à escolha
- Transferência de (para) o disco para (de) uma janela do ecrã
- outras

-Um conjunto de rotinas para comprimir e descomprimir imagens, de acordo com a recomendação T.6 da CCITT.

Com esta placa gráfica, estamos convencidos de que estão criadas condições para transformar um vulgar PC numa poderosa estação gráfica de baixo custo. Antevemos vários domínios de aplicação, para um sistema deste tipo:

-Estação para Arquivo e Escritório Electrónicos (EX: consulta de documentos que integrem informação manuscrita)

- Estação para Publicação Assistida por Computador (processamento de documentos)
- Estação gráfica de muito alta resolução

### 3-Trabalhos em curso

Os trabalhos em curso nesta área integram-se num projecto mais geral, apoiado pela JNICT, designado ESTIMULO (Estação de Trabalho Integrada Multimédia).

A nossa intervenção neste projecto relaciona-se com o Processador gráfico/imagem. Do ponto de vista do processador gráfico, as nossas preocupações centram-se no tema "Visualização a cores em alta resolução", o que já nos conduziu ao estudo comparativo dos controladores/processadores mais recentes, alguns deles ainda não disponíveis. O software gráfico que tomámos como referência foi o "X-Windows", tendo em vista a definição da arquitectura que se virá adoptar.

Quanto ao processador imagem, o principal problema relaciona-se sobretudo com os algoritmos de compressão/descompressão de imagens e respectiva implementação, tendo em vista a transmissão a baixas cadências, para efeitos de teleconferência.

### 4-Perspectivas de evolução a curto prazo

A curto prazo, integrar-se-ão neste grupo outros elementos da equipa de Computação Gráfica e CAD, investigadores que têm dedicado a sua atenção à "Síntese de imagens com elevado nível de realismo". O tema geral de investigação passará a ser "Algoritmos e Arquitecturas especiais para Computação Gráfica", para o qual já caracterizamos e definimos a infraestrutura de apoio aos trabalhos.

A infraestrutura de apoio que se antevê, traduzir-se-á num ambiente de trabalho multi-posto, com excelentes capacidades de visualização (mínimo: 1024 x 768, 256 cores à escolha entre 16M cores) e que possa incorporar Hardware adquirido e desenvolvido localmente. Este Hardware deverá apresentar as seguintes características:

- Tecnologia de grande divulgação (baixo custo)

- Modularidade, permitindo uma configuração fácil da potencialidade de cálculo necessário,
- Elevado grau de programabilidade (mesmo aos níveis mais baixos), sendo completamente aberto ao teste e avaliação de novas ideias,
- Compatível com a implementação de algoritmos que permitam paralelismo.

Julgamos que esta nova linha de actuação significa um salto qualitativo muito importante dos nossos trabalhos, mas que se justifica pelos resultados e experiências que temos vindo a acumular nestes últimos anos.

## 5-Bibliografia

[1]- F. Nunes Ferreira, J. P. Pereira, A. C. Costa, A. Puga  
Visualização Gráfica em Média e Alta Resolução  
ENDIEL, 1987, Lisboa.

[2]- F. Nunes Ferreira, J. P. Pereira, A. C. Costa, A. Puga  
Visualização Monocromática em Muito Alta Resolução  
3º Simpósio das Telecomunicações, 1988, Porto.

[3]- M. C. Whitton  
Memory Design for Raster Graphics Displays  
IEEE Computer Graphics and Applications, March 1984

[4]- K. Guttag, J. Van Aken, M. Asal  
Requirements for a VLSI Graphics Processor  
IEEE Computer Graphics and Applications, January 1986

[5]- Graphics System Processor Products  
TMS34010 User's Guide  
Texas Instruments, 1986

[6]- AMD Technical Manual  
Compression Expansion Processor Am7970A  
Advanced Micro Devices Inc., 1986