



FACULTY
OF INFORMATICS

Masaryk University

Curso de Desenvolvimento GBA

1. Introdução ao GBA

João Paulo Taylor Ienczak Zanette

Índice

1. Introdução

1.1 Contextualização do Curso

1.2 Evolução dos consoles

2. Conhecendo a plataforma

2.1 O interior do GBA

3. Vídeo

3.1 Funcionamento

Objetivos

- Ensinar programação de baixo-nível (comunicação direta com hardware/integração com assembly);
- Ensinar técnicas de programação aplicadas;
- Mostrar o funcionamento de imagens/gráficos e áudio no mundo digital;
- Relacionar as tecnologias vistas com as utilizadas atualmente.

Programação

- Assembly ARM7-TDMI — Modo Thumb (GBA);
- OpenGL (NDS);
- C++ (GBA/NDS).

A mesma forma de programação para GBA serve também para: GB, GBC, NES, SNES, MegaDrive, SegaSaturn e PSX (PS1).

Circuitos e Técnicas Digitais

- Leitura/escrita de registradores (em que cada bit é mapeado para uma função específica) via programação;

Sistemas Digitais

- Compreensão a respeito de como o Assembly gerado pela compilação altera o estado/memória do circuito;
- Compreensão do sistema que gera imagens em um circuito digital (VGA, LCD, etc...);
- Funcionamento (inclusive a nível de circuito) da execução de músicas em formato de instrução MIDI;
- Técnicas de otimização através de Hardware.

Computação Gráfica

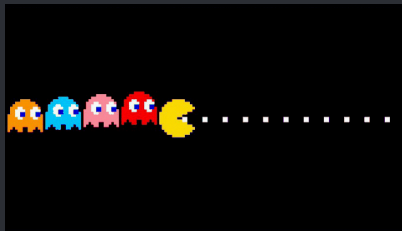
- Desenho de primitivas (linhas, triângulos, circuitos, etc...);
- Aceleração gráfica via Hardware.

Notações

0b???	«???» está em binário (0b11111111 = 255).
0x???	«???» está em hexadecimal (0xFF = 255).
???b	«???» está em binário (11111111b = 255).
???h	«???» está em hexadecimal (FFh = 255).
????:????	«:» serve apenas para melhor visualização (0x04000000 = 0400:0000h).
??? >> x	«???» deslocado “x” bits para direita.
??? << x	«???» deslocado “x” bits para esquerda.

Hello, World!

Um breve prólogo das especificações técnicas e limitações dos consoles de VideoGame ao longo do tempo e uma análise de sua evolução.



Atari 2600 (1977)

Processador: MOS Technology
6507 (variante do
6502 de 1975)

Resolução:

- 160×192
(NTSC)
- 160×228
(PAL)

Barramento: 8 bits

Clock: 1.19MHz

Cores: 128

RAM: 128 bytes

Som: 2 canais (1 chip
cada)

ROM: 16KB



NES (1983)

Processador: MOS 6502 Customizado

Barramento: 8 bits

Clock (CPU): 1.79MHz (NTSC),
1.66MHz (PAL)

Clock (GPU): 5.37MHz (NTSC),
5.33MHz (PAL)

RAM: 2KiB + RAM Expandida
(do cartucho)

ROM: 48KB

Resolução: 256×240

Cores: 56 cores (paleta básica)

Cores na tela: 25 cores por scanline (cor

de fundo + 4 conjuntos
de 3 cores de tiles + 4
conjuntos de cores por
sprite)

OAM: 256 bytes

Dim. das Sprites: 16×16 ou 24×24

Máx. Sprites na tela: 64

Som: 5 canais (2 square, 1
triangle, 1 ruído-branco, 1
modulação de código
delta-pulse (DPCM) de 6
bits)



00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B	3C	3D

SNES (1990)

Processador: Ricoh 5A22 customizado da Nintendo

Barramento: 16 bits

Clock (CPU): 1.79MHz, 2.86MHz ou 3.58MHz

Clock (GPU): Mesmo da CPU

RAM: 128KB

VRAM: 64KB (512 + 32 bytes de sprite, 256×15 bits de paleta)

RAM (Áudio): 64KB

Resolução: 256×224/512×448

Cores: 32768 (15 bits)

OAM: 544 bytes

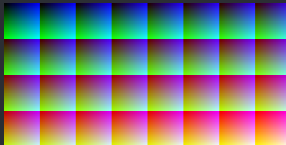
Dim. das sprites: 8×8, 16×16, 32×32 e 64×64

Cores/sprite: 16

Máx. sprites na tela: 128 (32 na mesma linha)

Camadas de background: 4

Som: 8 canais (32KHz 16-bit stereo).



GameBoy (1989)

Processador: Sharp LR35902
Customizado

Barramento: 8 bits

Clock (CPU): 4.19MHz

RAM: 8KB (podendo ser
expandido para 32KB)

ROM: 256 bytes (interno),
256K/512K/1M/2M/4M/8M
(cartuchos)

VRAM: 8KB (interno)

Resolução: 160x144

Cores: 2 bits (4 tons de «cinza»)

OAM: 160 bytes (4 bytes/sprite)

Dim. das sprites: 8x8, 8x16

Cores/sprite: 16

Máx. sprites na tela: 40

Som: 2 geradores de pulso de
onda



GameBoy Advance (2001)

Processador: ARM7 TDMI com
memória embarcada

Barramento: 16 bits

Co-processador: Z80 8-bit de 4/8MHz
(para compatibilidade
com GB/GBC)

Clock (CPU): 16.8MHz

Clock (GPU): 52.5MHz (59.73FPS)

RAM: 32KB (CPU)

VRAM: 92KB (interno)

DRAM: 256KB (externa à CPU)

Resolução: 240x160 (3:2)

Cores: 15-bit BGR (5 bits/canal),

512 cores (character
mode), 32768 cores
(bitmap mode)

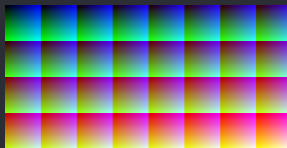
OAM: 160 bytes (4 bytes/sprite)

Dim. das sprites: 8x8, 8x16, 8x32, 16x8,
16x16, 16x32, 32x8, 32x16,
32x32, 32x64, 64x32,
64x64

Cores: 256 (1 paleta para toda a
tela)

Máx. sprites na tela: 256

Som: Dual 8-bit DAC para som
Stereo (DirectSound)



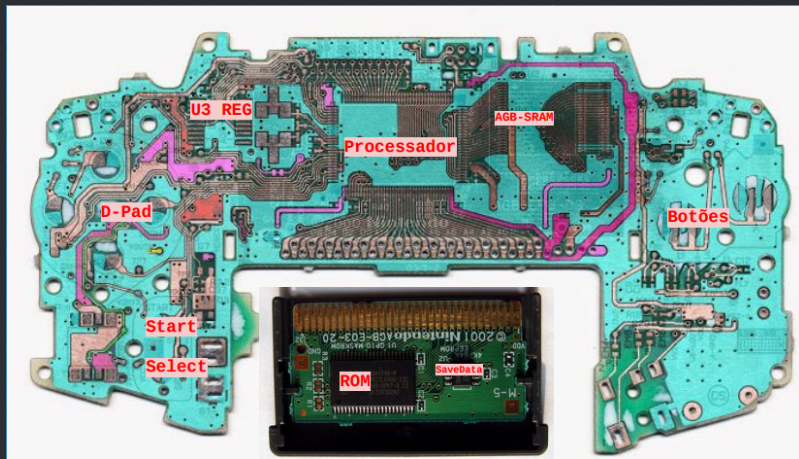
GameBoy Advance (2001)

ARM7-TDMI : ARM7 + 16-bit Thumb + JTAG Debug + fast Multiplier
+ enhanced ICE.

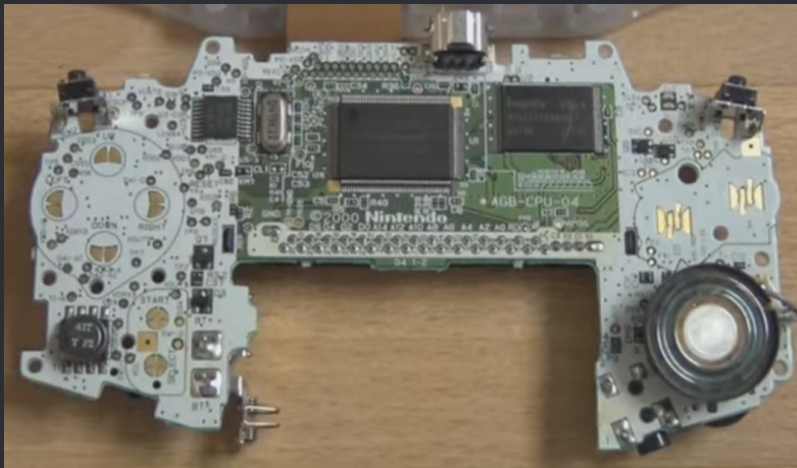
DAC: Digital-Analogic-Converter

O interior do GBA

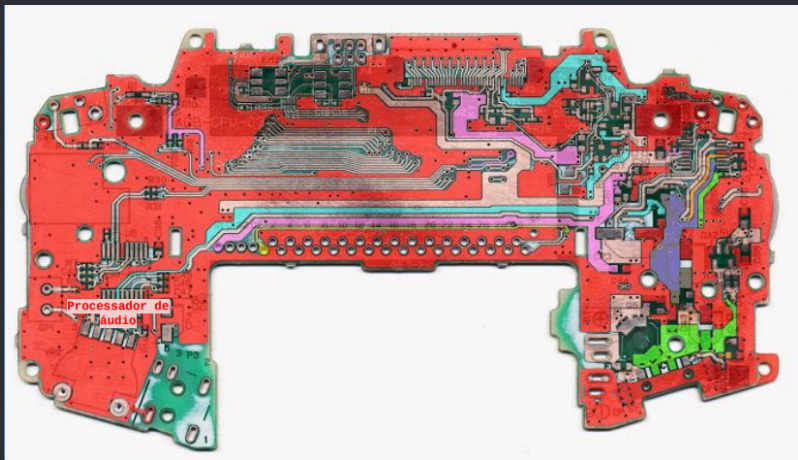
Interior do GBA (frontal)



Interior do GBA (frontal)

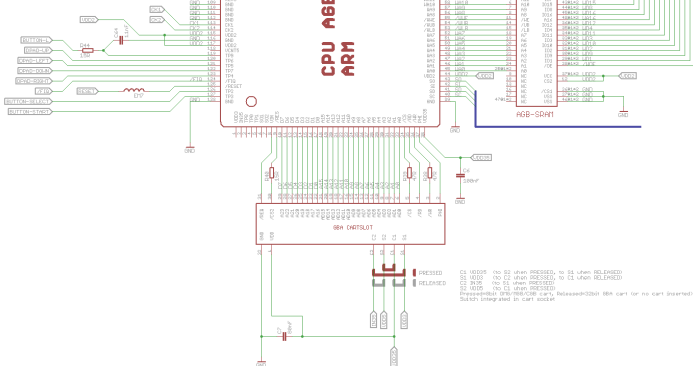


Interior do GBA (trás)



Interior do GBA: Processador

Button & D-Pad Inputs



Organização da Memória (Geral)

Descrição	Início	Tamanho
BIOS – ROM do Sistema	0x00XX:XXXX	0x0:3FFF (16KB)
WorkRAM On-Board	0x02XX:XXXX	0x3:FFFF (256KB)
WorkRAM On-Chip	0x03XX:XXXX	0x0:7FFF (32KB)
Registradores de I/O	0x04XX:XXXX	0x0:03FE (~1KB)

Organização da Memória (Vídeo)

Descrição	Início	Tamanho
Paleta de BG/OBJ	0x05XX:XXXX	0x0:03FF (1KB)
RAM de Vídeo (VRAM)	0x06XX:XXXX	0x1:7FFF (96KB)
OAM (Obj. Attr. Mem.)	0x07XX:XXXX	0x0:03FF (1KB)

Organização da Memória (GamePak)

Descrição	Início	Tamanho
FlashROM (ws0)	0x08XX:XXXX	0x1FF:FFFF (16KB)
FlashROM (ws1)	0x0AXX:XXXX	0x1FF:FFFF (256KB)
FlashROM (ws2)	0x0CXX:XXXX	0x1FF:FFFF (32KB)
GamePakSRAM	0x0EXX:XXXX	0x000:FFFF (64KB)

Vídeo

Vídeo: Funcionamento

Vimos que o GBA possui uma tela com resolução 240x160 pixels.

Porém, isso varia do **modo de vídeo** (Video Mode).

No GBA há 3 modos **Bitmapeados** (enumerados como 3, 4 e 5) e 3 modos **Tilemapeados** (enumerados como 0, 1 e 2). Por simplicidade, começaremos com modos Bitmapeados (especificamente o 3).

Modo	BGs	Resolução	bpp	RAM	Page-Flip
3	2	240x160	16	(1x) 12C00h	Não
4	2	240x160	8	(2x) 9600h	Sim
5	2	160x128	16	(2x) A000h	Sim

Vídeo: Registrador de Controle do Visor

F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
W	W	W	0B	B3	B2	B1	B0	F	0	H	P	C	Mode		

Bit	Descrição
M (0-2)	Display-Mode.
C (3)	(Read-Only) Indica se o cartucho inserido é de GBC (1) ou GBA (0).
P (4)	Seleção de página.
H (5)	Habilita acesso à OAM quando em HBlank.
O (6)	Modo de mapeamento de objetos. 0 = 2D/Matricial; 1 = 1D/Sequencial.
F (7)	Força uma tela em branco.
B<X> (8-B)	Habilita Background <X>.
0B (C)	Habilita camada de objetos.
W (D-F)	Habilita o uso das janelas 0/1/de objetos, respectivamente. Janelas podem ser usadas como máscaras (como foi feito com o lampião em Zelda).