



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

# 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.

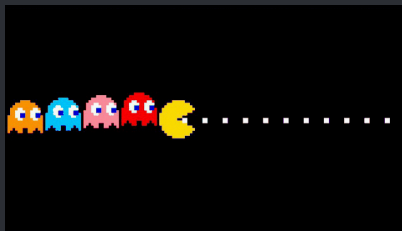
## Notações

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:**

- 160x192  
(NTSC)
- 160x228  
(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:** 256x240

**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:** 16x16 ou 24x24

**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, 256x15 bits de paleta)

**RAM (Áudio):** 64KB

**Resolução:** 256x224/512x448

**Cores:** 32768 (15 bits)

**OAM:** 544 bytes

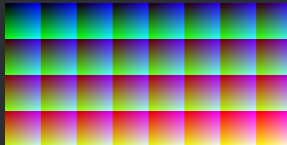
**Dim. das sprites:** 8x8, 16x16, 32x32 e 64x64

**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):** 5.5MHz (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)

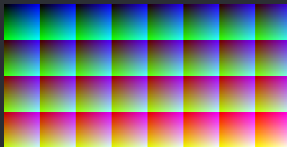
**OAM:** 160 bytes (4 bytes/sprite)

**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)

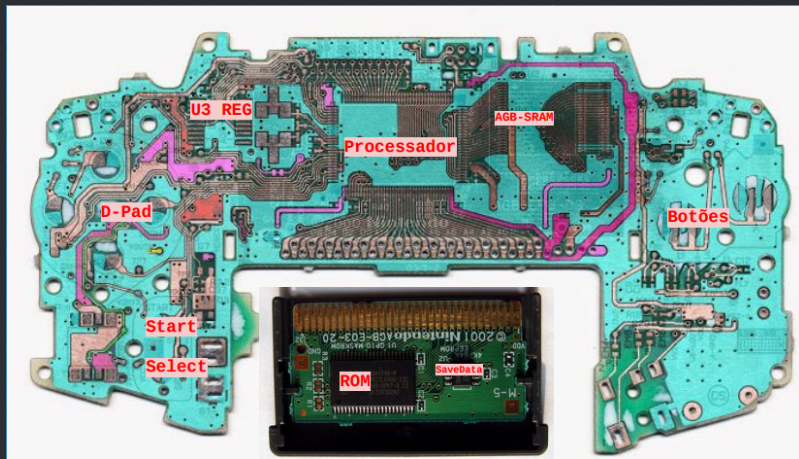
**ARM7-TDMI** : ARM7 + 16-bit Thumb + JTAG Debug + fast Multiplier  
+ enhanced ICE.

**DAC**: Digital-Analogic-Converter

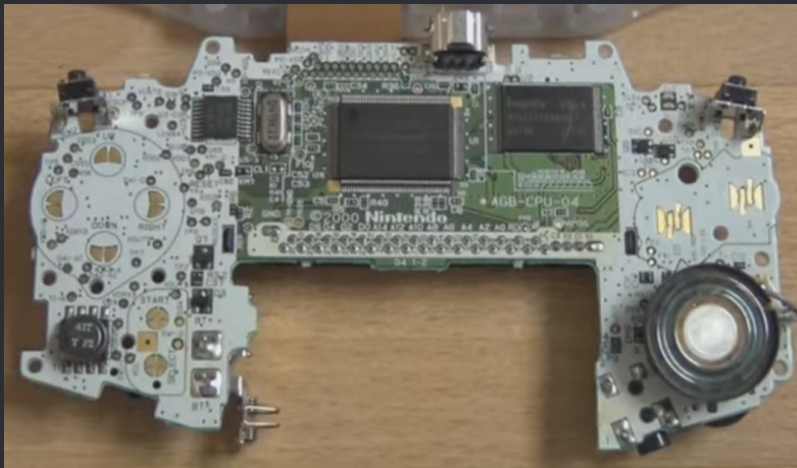
# O interior do GBA



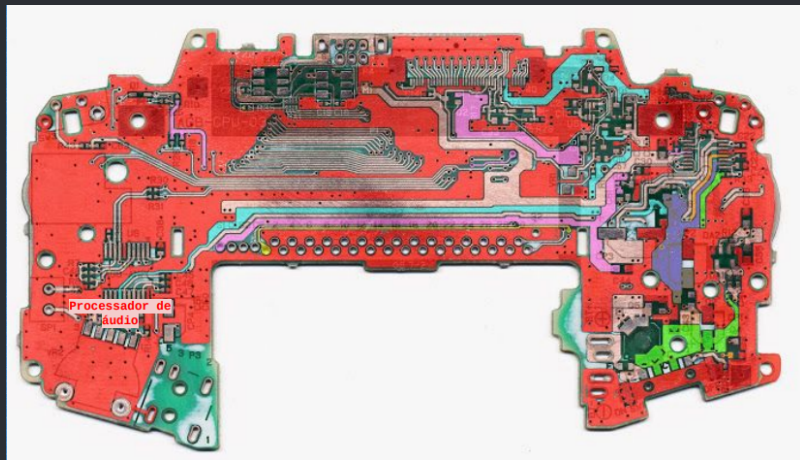
## Interior do GBA (frontal)



## Interior do GBA (frontal)

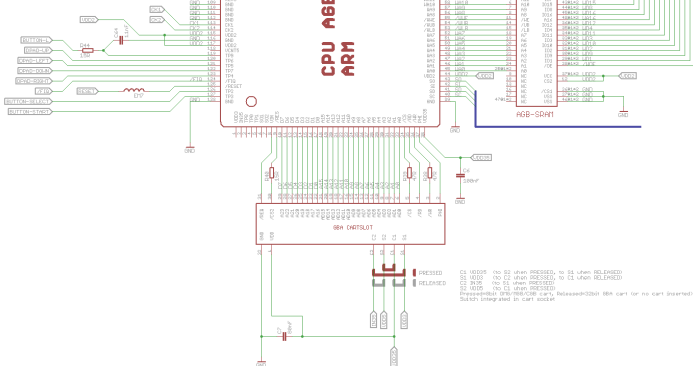


## Interior do GBA (trás)



## Interior do GBA: Processador

## Button & D-Pad Inputs



## Organização da Memória (Geral)

Descrição	Início	Fim
BIOS - ROM do Sistema	0x0000:0000	0x0000:3FFF
-	0x0000:4000	0x01FF:FFFF
WorkRAM On-Board	0x0200:0000	0x0203:FFFF
-	0x0200:4000	0x02FF:FFFF
WorkRAM On-Chip	0x0300:0000	0x0300:7FFF
-	0x0300:8000	0x03FF:FFFF
Registradores de I/O	0x0400:0000	0x0400:03FE
-	0x0400:0400	0x04FF:FFFF