

# PySNES – EIN SNES Emulator in PYTHON

## SNES Memory Mapping

# Inhalt

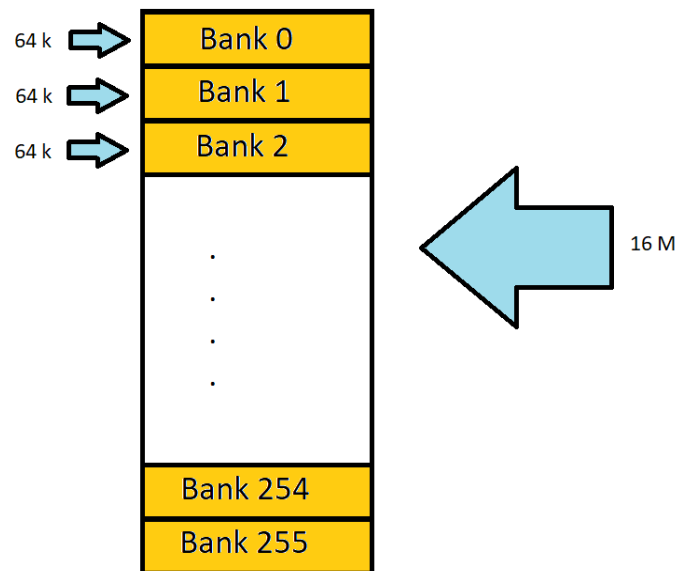
- Speicheraufbau
- LoROM vs. HiROM
- ExLoROM vs. ExHiROM
- Implementierung

# Speicheraufbau

- Die SNES CPU hat eine Daten- und eine Adressleitung
- 24-Bit Adressleitung: Hexadezimal 0xXXXXXX
- 16-Bit Datenleitung
- Signal ob Daten in/aus den Speicher gelesen/geschrieben werden
- Der Cartridgetyp (LoROM, HiROM, etc ...) bestimmt die Verkabelung mit den Adressleitungen
- Ablauf:
  - Signal auf Adressleitung
  - Signal ob Lesen oder Schreiben
  - Daten auf Datenleitung wandern
  - Verarbeitung in CPU

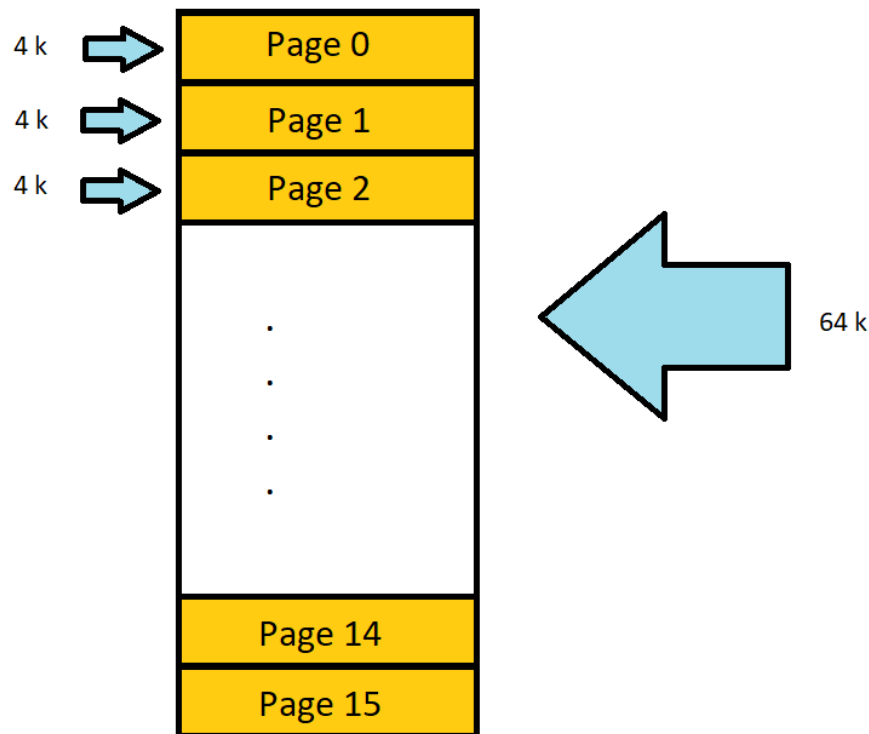
# Speicheraufbau

- Bank: 64 Kilobyte Speicherabschnitt (aus Sicht der CPU)
- Bis zu 255 Bänke ( $2^{24} - 1$ )
- Das SNES hat jedoch **nicht** 16 MB Speicher
- Das **MSB** einer Adresse wählt die **Bank** z.B. 0x**1F**ABCD wählt **Bank 0x1F** mit dem **Offset ABCD**



# Speicheraufbau

- Eine Bank besteht aus 16 Speicherseiten (Page) a 4 Kilobyte
- Seiten sind unteilbar: Eine Seite muss als Ganzes durch den Speicher bewegt werden (smallest mappable unit)



# Speicheraufbau

Eine 24-Bit Adresse 0xXXXXXX besteht aus:

- Zwei Byte für die Bank
- Vier Byte für die Position in der Bank (Offset)
- Notation XX:XXXX
- Was sich danach im Speicher befindet hängt von der gewählten Bank und vom Cartridgetyp LoROM / HiRom ab
- Eine Adresse könnte ...
  - Den RAM adressieren
  - Den ROM adressieren
  - Die PPU adressieren
  - ... usw.

# Speicheraufbau

Was adressiert man denn nun?

- Die Verkabelung und damit der **Cartrigetyp entscheidet!**
- Auch gibt es **Unterschiede je nach** gewählter **Bank.**
- ROM-Bank: Speicherabschnitt auf der ROM
  - Achtung: potentielle Namensverwirrung!
  - LoROM: 32KB ROM Bank
  - HiROM: 64KB ROM Bank

# LoROM vs. HiROM

- 64K Bank zwischen 0x00-0x2F (also die erste 48 Bänke)
- LoROM:
  - Offset in unterer Hälfte wird auf **System** abgebildet. Was genau abgebildet wird schwankt in den online Dokus.
  - Offset in oberer Hälfte wird auf **32K ROM (0x00-0x17)** Bänke abgebildet
- HiROM:
  - Offset in unterer Hälfte wird auf **System** abgebildet. Was genau abgebildet wird schwankt in den online Dokus.
  - Offset in oberer Hälfte wird auf **64K ROM (0x00-0x17)** Bänke abgebildet.  
**Achtung:** Es wird nur die obere Hälfte abgebildet! Offset 0x0000 – 0x7FFF ist durch dieses Mapping nicht zugänglich (kommt später)



# LoROM vs. HiROM

- 64K Bank zwischen 0x00-0x2F (0-47)

- LoROM:

Offset	Inhalt
0x0000-0x0FFF	LowRAM (WRAM Page 0)
0x1000-0x1FFF	LowRAM (WRAM Page 1)
0x2000-0x2FFF	0x2100-0x21FF: PPU1, APU
0x3000-0x3FFF	SuperFX, DSP, ...
0x4000-0x4FFF	0x4000-0x41FF: Controller 0x4200-0x44FF: PPU2, DMA, ...
0x5000-0x5FFF	Unused
0x6000-0x6FFF	Unused / enhancement chips memory
0x7000-0x7FFF	Unused / enhancement chips memory
0x8000-0x8FFF	LoROM
0x9000-0x9FFF	LoROM
0xA000-0xAFFF	LoROM
0xB000-0xBFFF	LoROM
0xC000-0xCFFF	LoROM
0xD000-0xDFFF	LoROM
0xE000-0xEFFF	LoROM
0xF000-0xFFFF	LoROM

- HiROM:

Offset	Inhalt
0x0000-0x0FFF	LowRAM (WRAM Page 0)
0x1000-0x1FFF	LowRAM (WRAM Page 1)
0x2000-0x2FFF	0x2100-0x21FF: PPU1, APU
0x3000-0x3FFF	SuperFX, DSP, ...
0x4000-0x4FFF	0x4000-0x41FF: Controller 0x4200-0x44FF: PPU2, DMA, ...
0x5000-0x5FFF	Unused
0x6000-0x6FFF	Unused / enhancement chips memory
0x7000-0x7FFF	Unused / enhancement chips memory
0x8000-0x8FFF	HiROM
0x9000-0x9FFF	HiROM
0xA000-0xAFFF	HiROM
0xB000-0xBFFF	HiROM
0xC000-0xCFFF	HiROM
0xD000-0xDFFF	HiROM
0xE000-0xEFFF	HiROM
0xF000-0xFFFF	HiROM

# LoROM vs. HiROM

- LoROM Bank-Switching: Bank zwischen 0x00-0x2F (0-47)

Beispiel Bank **0x00** SNES-RAM:

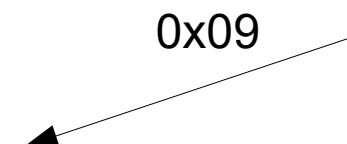
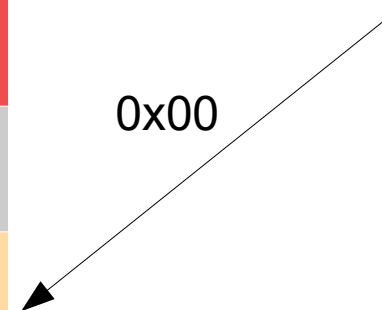
Offset	Inhalt
0x0000-0x7FFF	Anderes
0x8000-0xFFFF	LoROM 0 (32K)

Beispiel Bank **0x09** SNES-RAM:

Offset	Inhalt
0x0000-0x7FFF	Anderes
0x8000-0xFFFF	LoROM 9 (32K)

ROM:

Adresse	ROM-Bank
0x000000-0x007FFF	LoROM 0
0x008000-0x00FFFF	LoROM 1
0x010000-0x017FFF	LoROM 2
0x018000-0x01FFFF	LoROM 3
0x020000-0x027FFF	LoROM 4
0x028000-0x02FFFF	LoROM 5
0x030000-0x037FFF	LoROM 6
0x038000-0x03FFFF	LoROM 7
0x040000-0x047FFF	LoROM 8
0x048000-0x04FFFF	LoROM 9
...	... usw.



# LoROM vs. HiROM

- 64K Bank zwischen 0x30-0x3F (also Bank 48 bis 63)
- LoROM:
  - Wie vorher bei Bänken 0 bis 48
  - 32K ROM Bank (bis ROM Bank 0x1F)
- HiROM:
  - Offset in oberer Hälfte wird auf **64K ROM (0x20-0x3F)** Bänke abgebildet.  
**Achtung:** Es wird nur die obere Hälfte abgebildet! Offset 0x0000 – 0x7FFF ist durch dieses Mapping nicht zugänglich (kommt später)
  - Im Offset 0x6000-0x7FFF befindet sich jeweils 8KB **SRAM**

# LoROM vs. HiROM

- 64K Bank zwischen 0x30-0x3F (48-63)

- LoROM:

Offset	Inhalt
0x0000-0x0FFF	LowRAM (WRAM Page 0)
0x1000-0x1FFF	LowRAM (WRAM Page 1)
0x2000-0x2FFF	0x2100-0x21FF: PPU1, APU
0x3000-0x3FFF	SuperFX, DSP, ...
0x4000-0x4FFF	0x4000-0x41FF: Controller 0x4200-0x44FF: PPU2, DMA, ...
0x5000-0x5FFF	Unused
0x6000-0x6FFF	Unused / enhancement chips memory
0x7000-0x7FFF	Unused / enhancement chips memory
0x8000-0x8FFF	LoROM
0x9000-0x9FFF	LoROM
0xA000-0xAFFF	LoROM
0xB000-0xBFFF	LoROM
0xC000-0xCFFF	LoROM
0xD000-0xDFFF	LoROM
0xE000-0xEFFF	LoROM
0xF000-0xFFFF	LoROM

- HiROM:

Offset	Inhalt
0x0000-0x0FFF	LowRAM (WRAM Page 0)
0x1000-0x1FFF	LowRAM (WRAM Page 1)
0x2000-0x2FFF	0x2100-0x21FF: PPU1, APU
0x3000-0x3FFF	SuperFX, DSP, ...
0x4000-0x4FFF	0x4000-0x41FF: Controller 0x4200-0x44FF: PPU2, DMA, ...
0x5000-0x5FFF	Unused
0x6000-0x6FFF	SRAM
0x7000-0x7FFF	SRAM
0x8000-0x8FFF	HiROM
0x9000-0x9FFF	HiROM
0xA000-0xAFFF	HiROM
0xB000-0xBFFF	HiROM
0xC000-0xCFFF	HiROM
0xD000-0xDFFF	HiROM
0xE000-0xEFFF	HiROM
0xF000-0xFFFF	HiROM

# LoROM vs. HiROM

- 64K Bank zwischen 0x40-0x6F (also Bank 64 bis 111)
- Diese Bänke werden nur auf den ROM abgebildet
- LoROM:
  - Je nach Dekodierchip (MAD-1) auf der Cartrige wird der untere Bereich gespiegelt.  
Der obere Bereich enthält jedoch immer **32K ROM Abschnitte**
  - Rom Bank 0x20 bis 0x37
- HiROM:
  - **64K ROM Abschnitte**
  - Rom Bank 0x00 bis 0x2F

# LoROM vs. HiROM

- 64K Bank zwischen 0x40-0x6F (64-111)

- LoROM:

Offset	Inhalt
0x0000-0x0FFF	LoROM- Mirror (Kein MAD-1)
0x1000-0x1FFF	LoROM- Mirror (Kein MAD-1)
0x2000-0x2FFF	LoROM- Mirror (Kein MAD-1)
0x3000-0x3FFF	LoROM- Mirror (Kein MAD-1)
0x4000-0x4FFF	LoROM- Mirror (Kein MAD-1)
0x5000-0x5FFF	LoROM- Mirror (Kein MAD-1)
0x6000-0x6FFF	LoROM- Mirror (Kein MAD-1)
0x7000-0x7FFF	LoROM- Mirror (Kein MAD-1)
0x8000-0x8FFF	LoROM
0x9000-0x9FFF	LoROM
0xA000-0xAFFF	LoROM
0xB000-0xBFFF	LoROM
0xC000-0xCFFF	LoROM
0xD000-0xDFFF	LoROM
0xE000-0xEFFF	LoROM
0xF000-0xFFFF	LoROM

- HiROM:

Offset	Inhalt
0x0000-0x0FFF	HiROM
0x1000-0x1FFF	HiROM
0x2000-0x2FFF	HiROM
0x3000-0x3FFF	HiROM
0x4000-0x4FFF	HiROM
0x5000-0x5FFF	HiROM
0x6000-0x6FFF	HiROM
0x7000-0x7FFF	HiROM
0x8000-0x8FFF	HiROM
0x9000-0x9FFF	HiROM
0xA000-0xAFFF	HiROM
0xB000-0xBFFF	HiROM
0xC000-0xCFFF	HiROM
0xD000-0xDFFF	HiROM
0xE000-0xEFFF	HiROM
0xF000-0xFFFF	HiROM

# LoROM vs. HiROM

- 64K Bank zwischen 0x70-0x7D (also Bank 112 bis 125)
- LoROM:
  - Diese Bänke werden nur auf den ROM und SRAM abgebildet. Der SRAM ist auf dem Cartrige
  - Die untere Hälfte der Bank ist der **SRAM** die obere wie schon vorher der **32K ROM** (ab ROM Abschnitt 0x38)
- HiROM:
  - **64K ROM Abschnitte**
  - Rom Bank 0x30 bis 0x3D

# LoROM vs. HiROM

- 64K Bank zwischen 0x70-0x7D (112-125)

- LoROM:

Offset	Inhalt
0x0000-0x0FFF	SRAM
0x1000-0x1FFF	SRAM
0x2000-0x2FFF	SRAM
0x3000-0x3FFF	SRAM
0x4000-0x4FFF	SRAM
0x5000-0x5FFF	SRAM
0x6000-0x6FFF	SRAM
0x7000-0x7FFF	SRAM
0x8000-0x8FFF	LoROM
0x9000-0x9FFF	LoROM
0xA000-0xAFFF	LoROM
0xB000-0xBFFF	LoROM
0xC000-0xCFFF	LoROM
0xD000-0xDFFF	LoROM
0xE000-0xEFFF	LoROM
0xF000-0xFFFF	LoROM

- HiROM:

Offset	Inhalt
0x0000-0x0FFF	HiROM
0x1000-0x1FFF	HiROM
0x2000-0x2FFF	HiROM
0x3000-0x3FFF	HiROM
0x4000-0x4FFF	HiROM
0x5000-0x5FFF	HiROM
0x6000-0x6FFF	HiROM
0x7000-0x7FFF	HiROM
0x8000-0x8FFF	HiROM
0x9000-0x9FFF	HiROM
0xA000-0xAFFF	HiROM
0xB000-0xBFFF	HiROM
0xC000-0xCFFF	HiROM
0xD000-0xDFFF	HiROM
0xE000-0xEFFF	HiROM
0xF000-0xFFFF	HiROM



# LoROM vs. HiROM

- 64K Bank zwischen 0x7E-0x7F (also Bank 126 und 127)
- LoROM:
  - Zugriff auf den Arbeitsspeicher (128 KB WRAM)
  - Kein ROM Mapping
- HiROM:
  - Zugriff auf den Arbeitsspeicher (128 KB WRAM)
  - Kein ROM Mapping

# LoROM vs. HiROM

- 64K Bank zwischen 0x7E-0x7F (112-125)

- LoROM:

Offset	Inhalt
0x0000-0x0FFF	RAM
0x1000-0x1FFF	RAM
0x2000-0x2FFF	RAM
0x3000-0x3FFF	RAM
0x4000-0x4FFF	RAM
0x5000-0x5FFF	RAM
0x6000-0x6FFF	RAM
0x7000-0x7FFF	RAM
0x8000-0x8FFF	RAM
0x9000-0x9FFF	RAM
0xA000-0xAFFF	RAM
0xB000-0xBFFF	RAM
0xC000-0xCFFF	RAM
0xD000-0xDFFF	RAM
0xE000-0xEFFF	RAM
0xF000-0xFFFF	RAM

- HiROM:

Offset	Inhalt
0x0000-0x0FFF	RAM
0x1000-0x1FFF	RAM
0x2000-0x2FFF	RAM
0x3000-0x3FFF	RAM
0x4000-0x4FFF	RAM
0x5000-0x5FFF	RAM
0x6000-0x6FFF	RAM
0x7000-0x7FFF	RAM
0x8000-0x8FFF	RAM
0x9000-0x9FFF	RAM
0xA000-0xAFFF	RAM
0xB000-0xBFFF	RAM
0xC000-0xCFFF	RAM
0xD000-0xDFFF	RAM
0xE000-0xEFFF	RAM
0xF000-0xFFFF	RAM

# LoROM vs. HiROM

- 64K Bank zwischen 0x80-0xFD (also Bank 128 bis 253)
  - Hier wiederholt sich die Abbildung
  - Z.B. 0x80:0000 liefert das selbe wie 0x00:0000 usw ...
- LoROM:                      HiROM:

Bänke	Spiegelung
0x80-0xBF	0x00-0x3F
0xC0-0xEF	0x40-0x6F
0xF0-0xFD	0x70-0x7D

Bänke	Spiegelung
0x80-0x9F	0x00-0x1F
0xA0-0xBF	0x20-0x3F
0xC0-0xFD	0x40-0x7D

Streng genommen ist es nicht der selbe Mirror. Praktisch wird aber 0x80-0xFD in beiden Fällen gespiegelt

# LoROM vs. HiROM

- 64K Bank zwischen 0xFE-0xFF (also Bank 254 und 255)
- LoROM:
  - 0x0000 – 0x7FFF: SRAM
  - 0x8000 – 0xFFFF: ROM Bank 3F (je 32KB)
- HiROM:
  - ROM Bank 3F (je 64KB)

# LoROM vs. HiROM

Zusammenfassung: Unterschiede LoROM/HiROM:

- HiROM: Im Bereich 0x00-0x3F untere ROM Hälfte der 64KB nicht zugänglich (durch System überlagert)
- HiROM: 61 volle ROM Bänke von 0x40-0x7D
- LoROM-SRAM: in 32KB Blöcken in 0x70-0x7D bei Offset 0x0000 - 0x7FFF
- HiROM-SRAM: in 8KB Blöcken in 0x20-0x3F bei Offset 0x6000 - 0x7FFF
- LoROM/HiROM: Mirror unterschiedlich
- Oberste zwei Bänke unterschiedlich

# ExLoROM vs. ExHiROM

- Für noch mehr Speicher
- Brauchen nur wenige Module
- TODO

# Implementierung

- Cartridge Type im Header auslesen und Mappertyp bestimmen
- Mapper ist großes if-else mit Referenz auf ROM, RAM, SRAM, APU, PPU, CPU, ...

# Quellen

- LoROM Model:  
<https://www.cs.umb.edu/~bazz/snes/cartridges/lorom.html>
- Wiki Book – SNES Memory Mapping:  
[https://en.wikibooks.org/wiki/Super\\_NES\\_Programming/SNES\\_memory\\_map](https://en.wikibooks.org/wiki/Super_NES_Programming/SNES_memory_map)
- Another Mem Map:  
[http://gatchan.net/uploads/Consoles/SNES/Flashcard/SNES\\_MemMap.txt](http://gatchan.net/uploads/Consoles/SNES/Flashcard/SNES_MemMap.txt)
- Mem Map:  
<http://www.emulatronia.com/doctec/consolas/snes/SNESMem.txt>