

1 Wersje konsol

Pierwotnym wydaniem konsoli był Family Computer z 1983 roku, w skróconej formie nazywany "Famicom". Famicom oficjalnie nigdy nie został wydany poza Japonią. Nintendo przygotowując się do wydania międzynarodowego swojej konsoli do grania podjęło decyzję o przeprojektowaniu wyglądu sprzętu w celu dostosowania się do zachodnich odbiorców. Wynikiem tych prac był Nintendo Entertainment System, wydany w 1985 roku w USA, rok później na terenie Europy oraz w 1987 roku w pozostałych lokalizacjach w Europie oraz Australii[?].



Rysunek 1: Family Computer wraz z kontrolerami[?]

Rysunek 2: Nintendo Entertainment System NES-001 wraz z kontrolerem[?]

Odświeżone wersje konsol zostały wydane w 1993 roku. Nintendo znacznie zunifikowało wygląd zewnętrznego konsoli, zachowując kompatybilność kartridzy dla poszczególnych regionów.



Rysunek 3: "New Famicom" wraz z kontrolerem[?] kontrolerem[?]

Rysunek 4: Nintendo Entertainment System NES-101 wraz z

Obok oryginalnych sprzętów od Nintendo równocześnie egzystowały konsole podrabiane na masową skalę, w większości były to produkty kompatybilne z japońskim Famicomem. Dokładna historia nie jest znana; zebrane informacje pozwalają na stwierdzenie, iż pierwsze podróbki zaczęły pojawiać się pod koniec lat osiemdziesiątych oraz zostały wyprodukowane na Tajwanie. W latach dziewięćdziesiątych następowała miniutaryzacja sprzętów oraz minimalizacja kosztów, co spowodowało stopniowo powiększane przenoszenie produkcji do Chin oraz drastyczny spadek jakości wykonania konsol. Kreatywność "piratów" doprowadziła do powstania sprzętów będących czymś innym niż zwyczajna konsola:

- Konsole z dwoma gniazdami na kartridże - jedno dla gier z Famicoma, drugie dla gier z NES,
- Konsole z dwoma gniazdami na kartridże - jedno standardowo na zewnątrz obudowy, drugie wewnątrz obudowy z fabrycznie zamontowaną grą. Dzięki temu rozwiązaniu gdy w zewnętrznym gnieździe nie było zamontowanego kartridża to uruchamiał się kartridż wbudowany w konsolę,
- Konsola-klawiatura, udająca komputer - zawsze dołączano kartridż z "programami multimedialnymi" które korzystały z klawiatury. Była tu pewna inspiracja oficjalnym Family Basic,
- Przenośna konsola z wbudowanym wyświetlaczem,
- Sprzęty "Plug 'n' Play" o wymyślnych kształtach, często były one pozbawione gniazda na kartridże, zatem wbudowane gry musiały wystarczyć.



Rysunek 5: Generation NEX - klon z dwoma gniazdami na kartridże, górne jest dla gier Famicom, boczne dla gier NES[?]



Rysunek 6: Daryar DY-400-656 - konsoła z wbudowaną grą 400 in 1[?]



Rysunek 7: GLK-2004 - popularna konsola-klawiatura[?]



Rysunek 8: Game Axe Color - jeden z pierwszych handheldów (2000 rok) odwierający gry z Famicoma[?]

Klony konsoli Nintendo są produkowane po dzień dzisiejszy, tyle że częściowo wyszły ze szarej strefy - "Wielkie N" nie ma podstaw prawnych do sądzenia się z firmami gdyż wygasły patenty (TODO: sprawdzić dokładnie jak to wygląda, lecę z głowy z tego co kiedyś czytałem). Konstrukcje są również uwspółczesniane poprzez zastosowanie gniazda HDMI czy obsługę gier z kilku platform jednocześnie.



Rysunek 9: RetroUSB AVS - konsola wysokiej jakości do której stworzenia użyto podzespołów z oryginalnych NES[?]



Rysunek 10: Hyperkin RetroN 5 - sprzęt obsługujący ogromną ilość platform jednocześnie, również kartridże do NES i Famicoma[?]



Rysunek 11: NES 620 Games - niskobudżetowy, współczesny klon konsoli NES z wbudowanymi grami, bez zewnętrznego gniazda na kartridże[?]

Nieoficjalne sprzęty zyskały popularność w biedniejszych krajach w których Nintendo nie dystrybuowało swoich produktów. "Marki" konsol różniły

się między poszczególnymi państwami, niektóre kraje miały nawet "oficjalnych dystrybutorów tychże podróbek. Miały również miejsce sytuacje, gdzie jeden i ten sam model / typ konsoli był sprzedawany pod kilkoma nazwami.[?]



Rysunek 12: Micro Genius IQ-502 - wersja konsoli sygnowana marką producenta[?]



Rysunek 13: Pegasus IQ-502 - wersja znaczona na rynek rosyjski, Dendy to Micro Genius IQ-502 przeznaczona na rynek polski, Pegasus to marka firmy Bobmark.[?]

Wszystkie trzy powyższe sprzęty to w rzeczywistości jeden projekt firmy Micro Genius, różniący się logotypami na konsoli oraz padach.

2 Specyfikacja konsoli

Procesor (CPU): Ricoh 2A03 (NTSC) / Ricoh 2A07 (PAL), ośmiorozmiotowy mikroprocesor będący modyfikacją MOS 6502. Różnice 2A03 / 2A07 względem produktu MOS Technology są następujące[?]:

- Deaktywowany tryb dziesiętny (BCD),
- Wbudowany generator dźwiękowy,
- Obsługa kontrolerów poprzez porty \$4016 oraz \$4017,
- DMA.

Mimo iż jest to 8-bitowy procesor, można zaadresować 64 kilobajty pamięci. To, jak podzielona jest ta przestrzeń adresowa przedstawia poniższa tabela (podane wartości są zapisane w systemie szesnastkowym):

| Adresy | Rozmiar | Zastosowanie |
|-----------------|---------|--|
| \$0000 - \$07FF | \$0800 | Wewnętrzna pamięć RAM (dwa kilobajty) |
| \$0800 - \$1FFF | \$0800 | Duble danych spod adresów \$0000 - \$07FF (co dwa kilobajty) |
| \$2000 - \$2007 | \$0008 | Rejestry kontrolujące PPU |
| \$2008 - \$3FFF | \$1FF8 | Duble danych spod adresów \$2000 - \$2007 (co osiem bajtów) |
| \$4000 - \$4017 | \$0018 | Rejestry kontrolujące APU oraz rejesty wejścia / wyjścia |
| \$4018 - \$401F | \$0008 | Dezaktywowany tryb samotestowania |
| \$4020 - \$FFFF | \$BFE0 | Przestrzeń do dowolnej dyspozycji dla kartridża |

Adresy \$4020 - \$FFFF są zaadresowane zgodnie z możliwościami kartridża (patrz ??) [?]

Układ graficzny (PPU): Ricoh 2C02, ośmiorozmiotowy układ opracowany przez Nintendo specjalnie dla tej konsoli. Mimo iż jest to 8-bitowy procesor, można zaadresować 16 kilobajtów pamięci. To, jak podzielona jest ta przestrzeń adresowa przedstawia poniższa tabela (podane wartości są zapisane w systemie szesnastkowym):

| Adresy | Rozmiar | Zastosowanie |
|-----------------|---------|---|
| \$0000 - \$0FFF | \$1000 | ?? 0 |
| \$1000 - \$1FFF | \$1000 | ?? 1 |
| \$2000 - \$23FF | \$0400 | ?? 0 |
| \$2400 - \$27FF | \$0400 | ?? 1 |
| \$2800 - \$2BFF | \$0400 | ?? 2 |
| \$2C00 - \$2FFF | \$0400 | ?? 3 |
| \$3000 - \$3EFF | \$0F00 | Dubel danych spod adresów \$2000 - \$2EFF |
| \$3F00 - \$3F1F | \$0020 | ?? |
| \$3F20 - \$3FFF | \$00E0 | Duble palety barw (co 32 bajty) |

Dostęp do wyżej wymienionych adresów odbywa się poprzez adresy CPU: \$2006 i \$2007. Gniazdo kartridzy: 60-pin (Famicom), 72-pin (NES)

2.1 Rejestry kontrolujące PPU

Adresy \$2000 - \$2007 oraz \$4014 w CPU mają specjalne znaczenie - poprzez nie programista / program może wpływać na działanie układu graficznego konsoli. Zwyczajowe nazwy tych adresów przedstawia poniższa tabela [?]:

| Adres hex | Nazwa |
|-----------|-----------|
| \$2000 | PPUCTRL |
| \$2001 | PPUMASK |
| \$2002 | PPUSTATUS |
| \$2003 | OAMADDR |
| \$2004 | OAMDATA |
| \$2005 | PPUSCROLL |
| \$2006 | PPUADDR |
| \$2007 | PPUDATA |
| \$4014 | OAMDMA |

Nazw tych powszechnie używa się w kodzie programów zamiast adresów bezpośrednich oraz w dyskusjach na temat programowania konsol NES / Famicom. Taką zasadę stosuję również w tym dokumencie.

2.2 Rejestry kontrolujące APU

Adresy \$4000 - \$4013, \$4015 oraz \$4017 w CPU mają specjalne znaczenie - poprzez nie programista / program może wpływać na działanie układu

dźwiękowego konsoli. Zwyczajowe nazwy tych adresów przedstawia poniższa tabela [?]:

| Adres hex | Nazwa |
|-----------|------------|
| \$4000 | PL1_VOL |
| \$4001 | PL1_SWEEP |
| \$4002 | PL1_LO |
| \$4003 | PL1_HI |
| \$4004 | PL2_VOL |
| \$4005 | PL2_SWEEP |
| \$4006 | PL2_LO |
| \$4007 | PL2_HI |
| \$4008 | TRI_LINEAR |
| \$400A | TRI_LO |
| \$400B | TRI_HI |
| \$400C | NOISE_VOL |
| \$400E | NOISE_LO |
| \$400F | NOISE_HI |
| \$400E | DMC_FREQ |
| \$400F | DMC_RAW |
| \$4010 | DMC_START |
| \$4011 | DMC_LEN |
| \$4012 | SND_CHN |

Nazwy te zostały zaczerpnięte z biblioteki audio do NES / Famicom - FamiTone2 [?]. Używam ich również w kodzie źródłowym programu oraz w tym dokumencie. (TODO: omówienie każdego rejestru, jeszcze nie kodowałem tego to nie znam szczegółów programowych)

3 Projekt

W tej sekcji omówię krok po kroku jak powstawał mój własny projekt programu na platformę NES. Zacznę od pojedynczych, prostych czynności aż po pewnego rodzaju pełnoprawny szkielet takiego projektu zgodny z dobrymi praktykami programowania NES. Następnie zostaną omówione krytyczne fragmenty kodu z punktu widzenia całego projektu oraz własne rozwiązania często spotykanych zagadnień.

3.0 Absolutne minimum

3.1 Mapper

3.2 Pattern Table

3.3 Nametable

3.4 Paleta barw

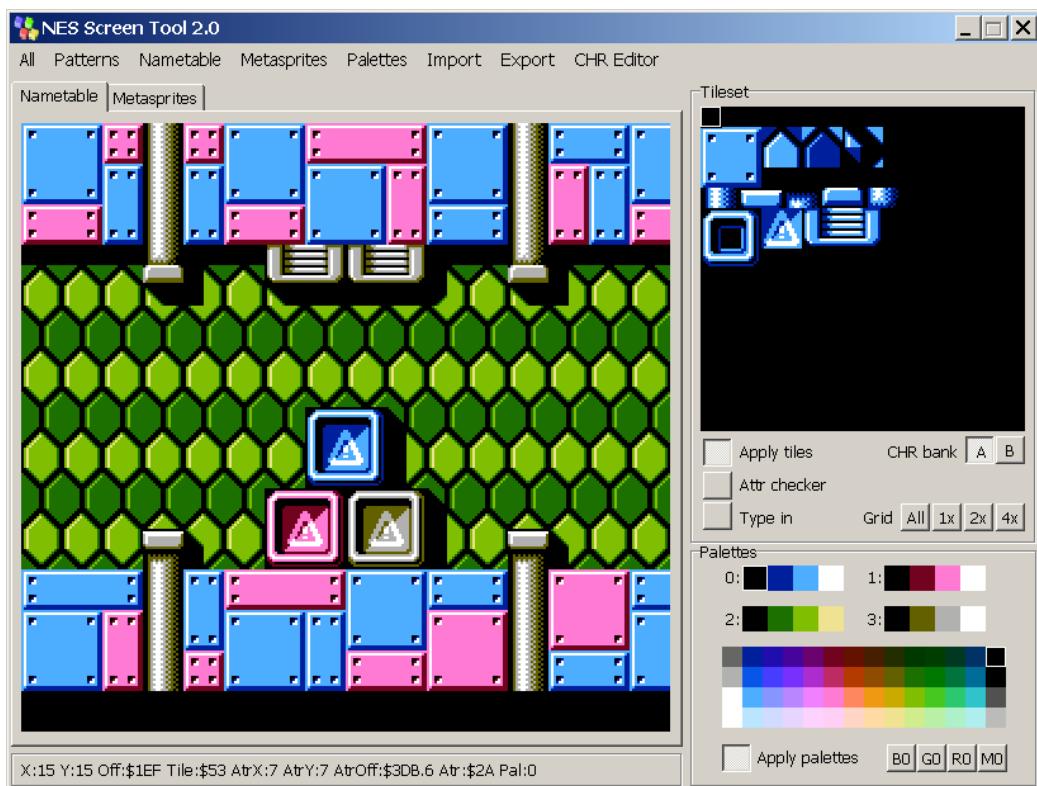
4 Narzędzia

4.1 CA65

Strona projektu: <https://cc65.github.io/> CA65 jest częścią większego pakietu zwanego CC65. Jest on zbiorem narzędzi do komplikacji kodu napisanego w języku C na sprzętę z procesorem MOS 6502. Za to CA65 jest asemblerem pod ten sam procesor. W przypadku NES język C stanowi problem wydajnościowy, gdyż plik wynikowy który powstaje po komplikacji kodu w C jest znacznie wolniejszy niż odpowiednik asemblerowy; warto pamiętać iż ta konsola jest wielokrotnie mniej wydajna niż współczesne sprzęty. Stąd moja decyzja o pisaniu kodu tylko i wyłącznie w asemblerze.

(UWAGI: zestaw kompilator plus linker zasługuje na większe wyróżnienie od niżej opisanych programów pomocniczych do grafiki czy muzyki; do przemyślenia miejsce w dokumencie)

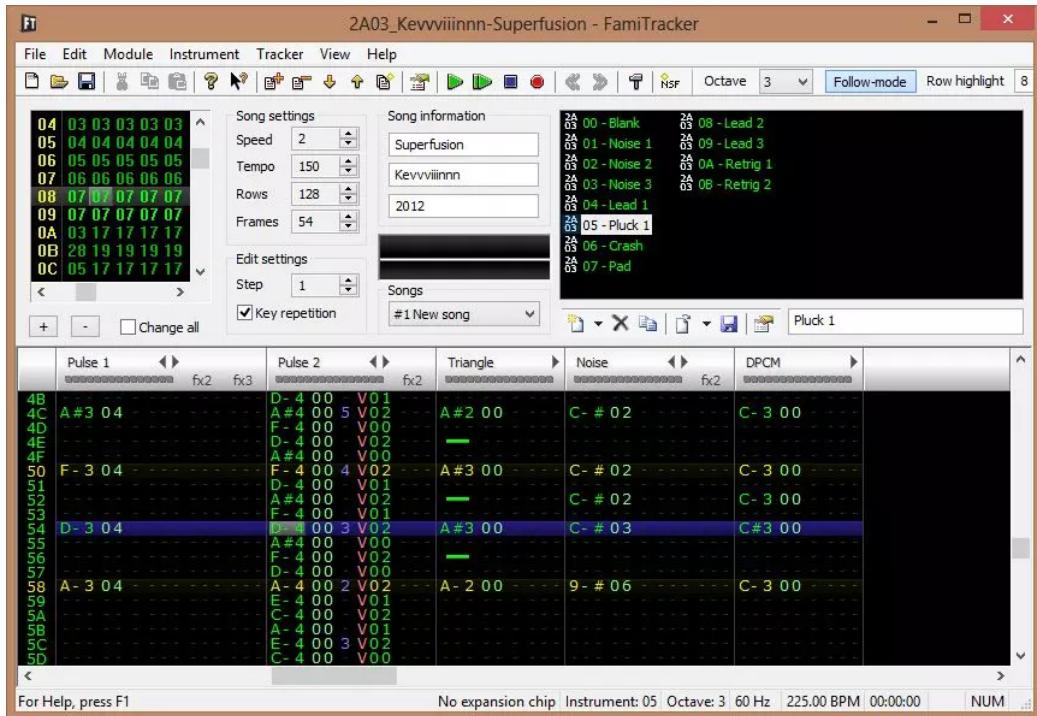
4.2 NES Screen Tool



Rysunek 15: Ekran główny aplikacji [?]

NES Screen Tool to program wspomagający tworzenie grafiki zgodnej z platformą NES / Famicom. Aplikacja pozwala na szczegółowe tworzenie grafik per pixel jak i bardziej ogólne działania jak eksport przygotowanych danych do formatu zrozumiałego przez konsolę, gotowego do zastosowania w kodzie programu. Strona domowa [?].

4.3 FamiTracker



Rysunek 16: Ekran główny aplikacji [?]

FamiTracker to program pozwalający na tworzenie muzyki w stu procentach kompatybilnej z platformami NES / Famicom. Aplikacja należy do rodziny trackerów - programów komputerowych w których komponuje się muzykę wykorzystując połączenie zapisu nutowego oraz poleceń sterujących efektami [?]. Strona domowa [?].

Literatura

- [1] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Nintendo-Famicom-Console-Set-FL.jpg>
- [2] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/NES-Console-Set.jpg>
- [3] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f1/New_Famicom.jpg
- [4] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/NES-101-Console-Set.jpg>

- [5] <https://levelupvideogames.com/used-messiah-generation-next-468309594161/>
- [6] <http://forum.pegasus-gry.com/index.php?topic=2315.0>
- [7] <https://arhn.eu/2018/04/historia-pegasusa-z-klawiatura-glk-2004-et-al/>
- [8] <https://www.ign.com/articles/2000/06/10/game-axe-color>
- [9] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/RetroUSB-AVS-Console-wController-FL.jpg>
- [10] https://cdn10.bigcommerce.com/s-2l8ru96d/products/223/images/1135/ret5bk_54484.1567
- [11] <https://www.amazon.com/Controllers-Children-Birthday-Childhood-Memories/dp/B083RBYRYN>
- [12] <http://www.retrogamingmuseum.com/the-collection/micro-genius-nes-clone>
- [13] <https://archiwum.allegro.pl/oferta/konsola-pegasus-iq-502-pady-pudelko-plomba-i7530854084.html>
- [14] <https://youla.ru/moskva/hobbi-razvlecheniya/konsoli-igry/dendy-classic-2-novaia-5b6c9ae1cf689a85567f44a6>
- [15] https://en.wikipedia.org/wiki/Nintendo_Entertainment_System
- [16] https://en.wikipedia.org/wiki/Nintendo_Entertainment_System_hardware_clone
- [17] Patrick Diskin: *Nintendo Entertainment System Documentation*, 2.1 2A03 Overview, <http://www.nesdev.com/NESDoc.pdf>
- [18] http://wiki.nesdev.com/w/index.php/CPU_memory_map
- [19] http://wiki.nesdev.com/w/index.php/PPU_registers#Summary
- [20] <http://wiki.nesdev.com/w/index.php/APU#Specification>
- [21] <http://forums.nesdev.com/viewtopic.php?t=7329>
- [22] <https://shiru.untergrund.net/software.shtml>
- [23] <https://shiru.untergrund.net/pic/nesst.png>
- [24] <http://famitracker.com/>

- [25] <https://blog.uptodown.com/wp-content/uploads/Famitracker-pianola.jpg.webp>
- [26] [https://pl.wikipedia.org/wiki/Tracker_\(oprogramowanie_muzyczne\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Tracker_(oprogramowanie_muzyczne))