

MIKROPROCESORY

MICHIO SHIBUYA
TAKASHI TONAGI
OFFICE SAWA



THE MANGA GUIDE
MIKROPROCESORY



THE MANGA GUIDE

MIKROPROCESORY

MICHIO SHIBUYA
TAKASHI TONAGI
OFFICE SAWA



Dane oryginału

Original Japanese-language edition *Manga de Wakaru CPU*, ISBN: 978-4-274-05061-9 © 2014 by Michio Shibuya, Takashi Tonagi, and Office Sawa published by Ohmsha, Ltd.

English-language edition *The Manga Guide to Microprocessors*, ISBN: 978-1-59327-817-5 © 2017 by Michio Shibuya, Takashi Tonagi, and Office Sawa co-published by No Starch Press, Inc. and Ohmsha, Ltd.

Polish-language rights arranged with Ohmsha, Ltd. and No Starch Press, Inc. for *The Manga Guide. Microprocesory*, ISBN: 978-83-01-19656-1 © 2017 by Michio Shibuya, Takashi Tonagi, and Office Sawa published by Polish Scientific Publishers PWN Wydawnictwo Naukowe PWN Spółka Akcyjna.

Przekład: **WITKOM Witold Sikorski: Małgorzata Dąbkowska-Kowalik i Witold Sikorski**

Projekt okładki polskiego wydania: **Dariusz Ziach, na podstawie oryginału**

Wydawca: **Łukasz Łopuszański**

Koordynator ds. redakcji: **Adam Kowalski**

Redaktor: **Ingeborga Jaworska-Róg**

Produkcja: **Anna Bączkowska**

Skład i łamanie: **Dariusz Ziach**

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujmy cudzą własność i prawo.

Więcej na www.legalnakultura.pl.

Polska Izba Książki

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA
Warszawa 2018

ISBN: 978-83-01-19656-1

Wydanie I

Wydawnictwo Naukowe PWN SA
02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2
tel. 22 69 54 321, faks 22 69 54 288
infolinia 801 33 33 88
e-mail: pwn@pwn.com.pl; reklama@pwn.pl
www.pwn.pl

Druk i oprawa: Totem.com.pl

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE.....	xi
-------------------	----

1

CO ROBI PROCESOR?	1
Komputery mogą przetwarzać dowolny typ informacji	11
Procesor jest sercem każdego komputera	14
Pięć elementów współczesnego komputera	16
Jednostka arytmetyczno-logiczna, ALU: serce procesora	22
Procesor przetwarza informacje i podejmuje decyzje	25
Czym w zasadzie jest informacja?	30
Różnica między informacją analogową i cyfrową	31

2

DZIAŁANIA NA CYFRACH	35
Świat komputerów jest binarny	36
Przeciwnie stany 1 i 0	37
Systemy dziesiętny i binarny (dwójkowy)	38
Wyrażanie liczb w postaci binarnej	40
Liczby stałoprzecinkowe i zmiennoprzecinkowe	42
Binarne dodawanie i odejmowanie	44
Obwody scalone zawierają bramki logiczne	48
Czym są działania logiczne?	48
Podstawowe bramki logiczne: AND (i), OR (lub) oraz NOT (nie)	51
Tablice i diagramy Venna	53
Podsumowanie bramek AND, OR i NOT	55
Inne podstawowe bramki: NAND, NOR i XOR	57
Zestawienie bramek NAND, NOR i XOR	58
Prawa de Morgana	60
Układy, które wykonują działania arytmetyczne	62
Układ dodawania	62
Sumator jednobitowy	64
Sumator i sumator kaskadowy	66
Sumator równoległy	68
Układy, które pamiętają	70
Układy z pamięcią są niezbędne	70
Przerzutnik: podstawa układów pamięci	74
Przerzutnik typu RS	76
Przerzutnik typu D i zegar	78
Przerzutniki T i liczniki	81
Nowoczesne projekty układów: CAD i FPGA	85

3

ARCHITEKTURA PROCESORA	87
Wszystko o pamięci i procesorze	88
Pamięć ma przypisany adres	89
Dane przechodzą po szynie	92
Szerokość szyny i bity	94
Sygnały R/W (odczytu i zapisu) oraz we/wy	98
Instrukcje składają się argumentów i kodów operacji	101
W działaniach używane są akumulatory i inne rejestry	103
Przetwarzanie instrukcji przez procesor	106
Klasyczna architektura procesora	106
Cykl instrukcji	107
Przetwarzane instrukcje zmieniają się zgodnie z licznikiem instrukcji	112
Wszystkie rodzaje urządzeń pamięci	115
Porównanie między HDD a pamięcią	116
Obszar RAM, ROM i we/wy	119
Czym są przerwania?	122
Przerwania są użyteczne	122
Stos i wskaźnik stosu	126
Priorytet przerw	128
Klasyfikacja pamięci	132
Porty we/wy i GPU	132
Częstotliwość zegara oraz stopień dokładności	133
Generatory zegara	134
Przerwanie licznika czasu	135
Sygnały reset	136
Wydajność procesora mierzona jest w jednostkach FLOPS	137

4

DZIAŁANIA	139
Typy działań	140
Istnieje wiele rodzajów instrukcji	142
Instrukcje działań arytmetycznych i logicznych	144
Co to jest przesunięcie bitowe?	145
Bit znaku pozwala nam zapisywać ujemne liczby binarne	147
Przesunięcia logiczne i arytmetyczne	149
Przesunięcia cykliczne (rotacja bitowa)	152
Przesyłanie danych	153
Instrukcje wejścia/wyjścia	154
Instrukcje rozgałęzień	155
Wyznaczanie wartości warunków i flagi stanu	158
Powiązanie odgałęzień i wyznaczania wartości warunków	161
Typy argumentów	162
Ile mamy rodzajów argumentów?	162
Argumenty przyjmują wiele postaci	165
Natychmiastowe (bezpośrednie) przetwarzanie wartości	166
Odwołania do adresów	167

Czym są tryby adresowania?	168
Przegląd trybów adresowania	172
Struktura działań w jednostce arytmetyczno-logicznej (ALU)	176
ALU od środka	176
Podstawowa architektura układu 74S181	178
Transmisja szeregową i transmisja równoległą	185
Przegląd podstawowych rejestrów	186
Przegląd podstawowych flag stanu	187
Instrukcja SLEEP	188
 5	
PROGRAMY	189
Asemblery i języki wyższego poziomu	190
Czym są asemblery?	192
Cechy języków asemblera i języków wyższego poziomu	194
Różnica między programem a kodem źródłowym	199
Podstawy programów	200
Co można zrobić przy użyciu warunków i skoków?	200
Do czego możemy wykorzystywać komputer?	204
Gdzie są przechowywane programy?	208
Co dzieje się przed wykonaniem programu?	208
 6	
MIKROKONTROLERY	211
Czym są mikrokontrolery?	212
Mikrokontrolery są we wszystkich typach produktów	213
Funkcja mikrokontrolera	214
Architektura mikrokontrolera	219
Czym są układy DSP?	222
DSP i działania mnożenia i akumulacji (<i>multiply-accumulate</i>)	224
Mikrokontrolery w maszynach przemysłowych	224
 EPILOG	227
 POSŁOWIE	239
 INDEKS	241

WPROWADZENIE

Począwszy od lat 50. XX wieku, gdy komputery zaczęły pojawiać się na całym świecie, zainteresowanie technologią informacyjną stale rośnie. Sercem tej technologii jest półprzewodnik nazywany procesorem. Od początku XXI wieku rozwój teorii projektowania układów i ich wytwarzania doprowadził do gwałtownego postępu zarówno szybkości przetwarzania danych, jak i rozmiarów układów scalonych, które pozwalają nam na umieszczanie ich w większości urządzeń elektronicznych używanych przez nas na co dzień. Poza komputerami osobistymi, smartfonami i tabletami procesory znajdziemy dziś w takich urządzeniach jak klimatyzatory, lodówki, pralki i inne podstawowe sprzęty domowe.

Warto zauważyć, że procesory, które znajdują się w nowoczesnych komputerach, mają niezwykle moc, a wiele ich zastosowań wykracza poza zakres tej książki. Nie będziemy też zajmować się architekturą komputera, która przeżyła w ostatnich latach wielki rozkwit. Zamiast tego, jak się wydaje, najlepszym sposobem zrozumienia, czym są procesory i jak działają programy – jest analiza działania pierwszych procesorów i przyjrzenie się pojęciom i zasadom, wedle których je zaprojektowano.

Pozwólcie, że posłużę się alegorią. Minęło już sporo czasu od chwili, gdy zaczęliśmy traktować samochody w życiu codziennym jako coś oczywistego, ale mimo ich powszechności niewiele jest dziś osób, które potrafią wyjaśnić, jak działa silnik lub jak energia wytwarzana przez silnik jest przenoszona na pęd samochodu. W latach 50. XX wieku na egzaminie na prawo jazdy trzeba było odpowiedzieć na pytania dotyczące budowy silnika, ale w dzisiejszych testach takich pytań nie ma. Oznacza to, że o wnętrzu silnika samochodowego uczyć się dziś tylko osoby tym zainteresowane.

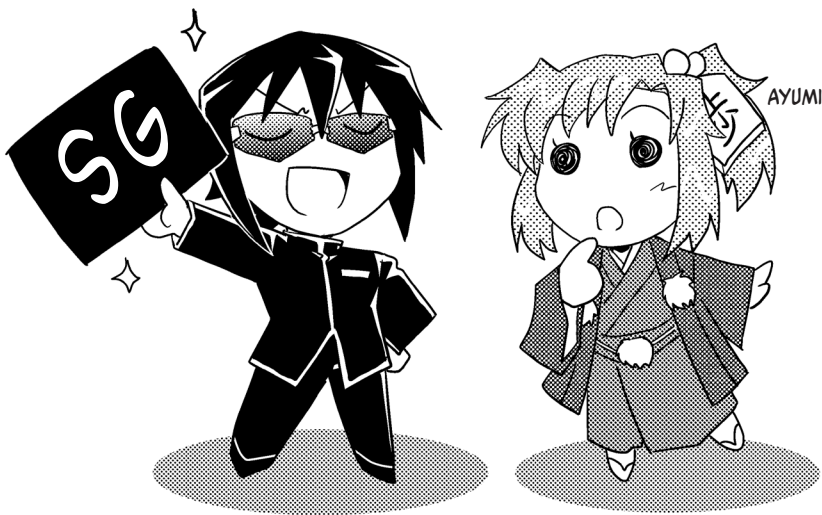
Podobnie ja chciałbym, żeby dzięki tej książce czytelnicy nie tylko nauczyli się różnych podstawowych pojęć, lecz także aby mogła zaspokoić ich ciekawość co do niektórych wewnętrznych zasad działania procesorów, które tak nonszalancko wkroczyły do naszego życia codziennego.

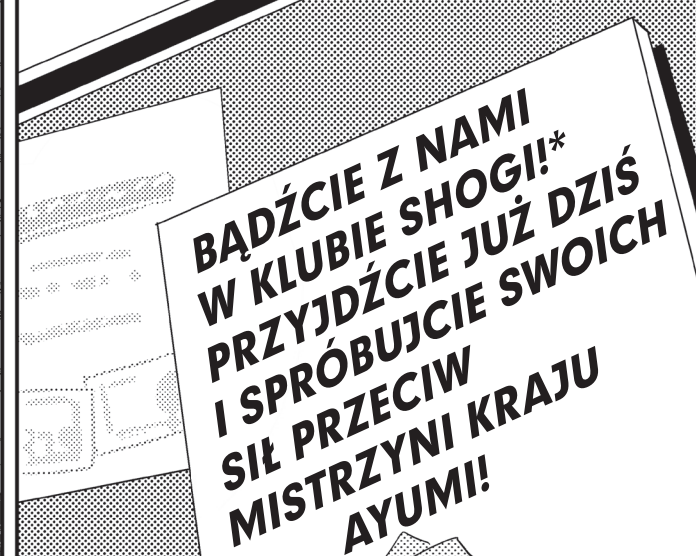
Przy okazji publikacji tej książki chciałbym podziękować Sawako Sawada z Biura sawa, który wymyślił komiksową historyjkę oraz Takashi Tonagi za pracę nad ilustracjami.

MICHIO SHIBUYA
LIŚTOPAD 2014

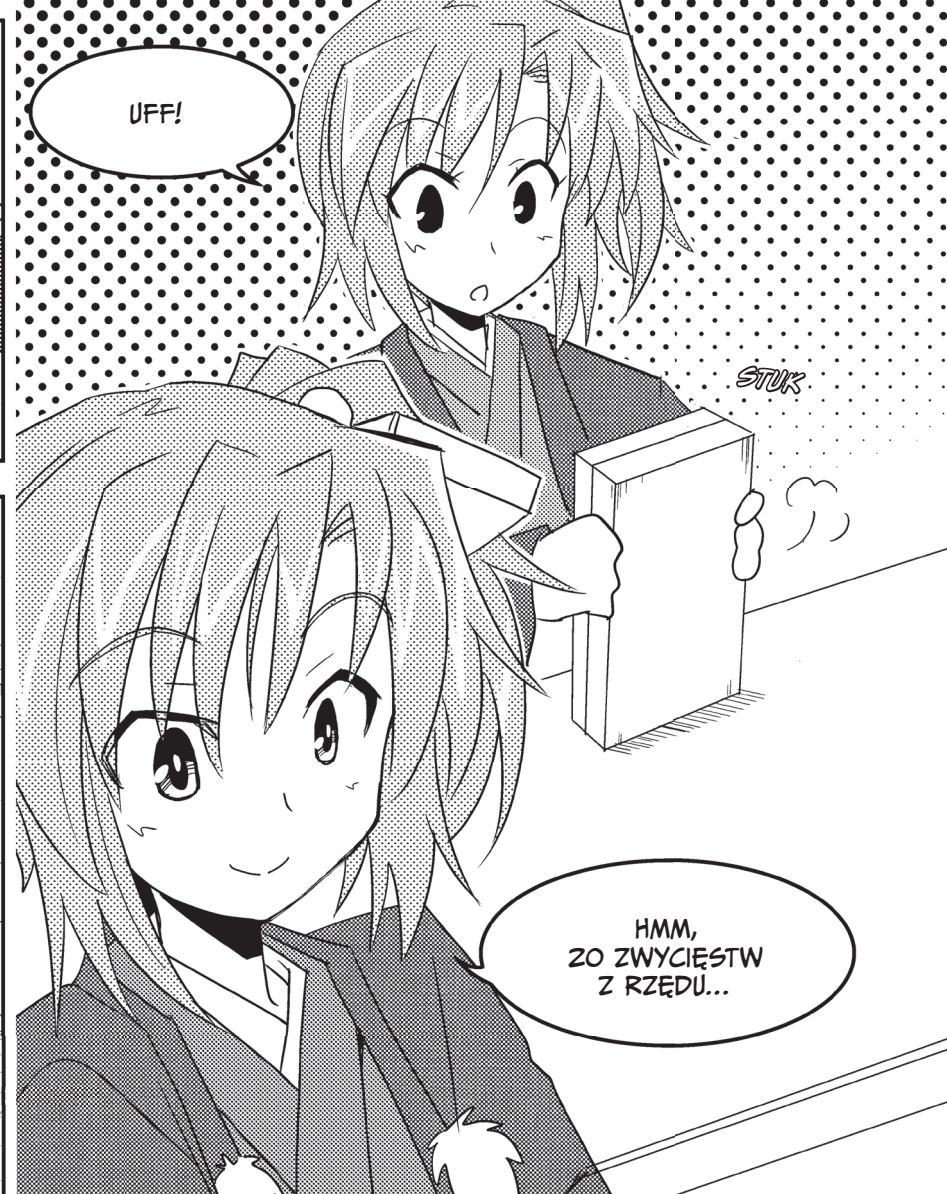


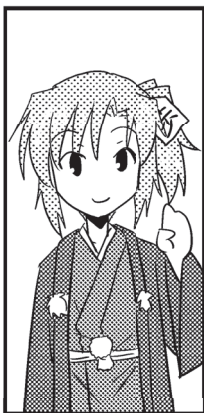
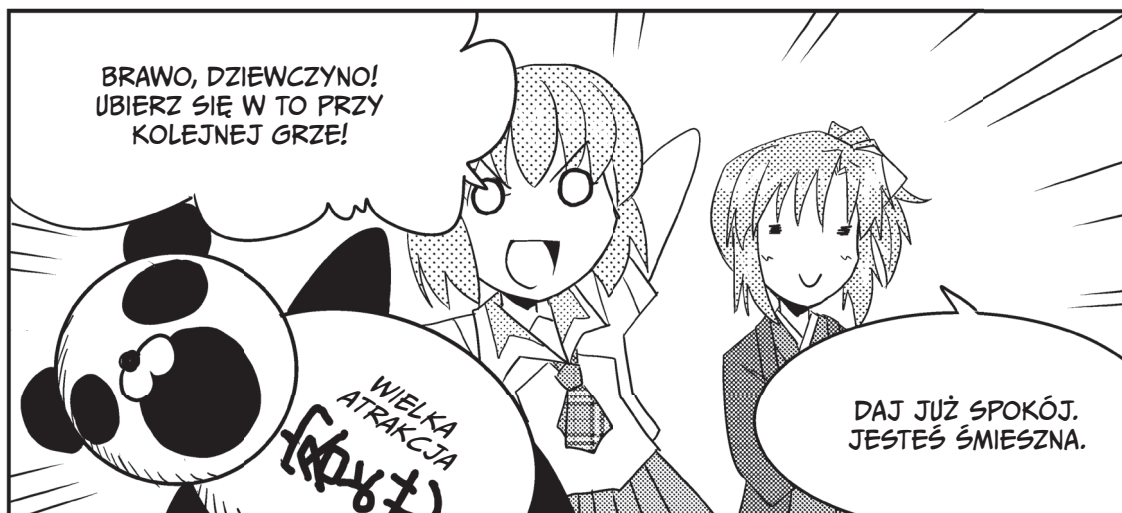
CO ROBI PROCESOR?

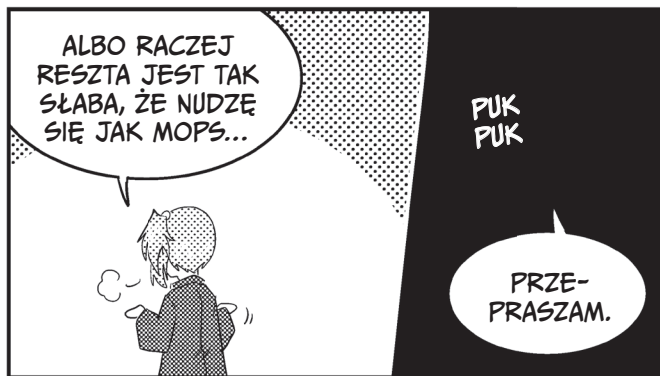




* JAPONSKA GRA PIANZOWA PODOBNA DO SZACHÓW







HAHAHAHAHAHAHA!!!
POPATRZCIE! UWOLNIONY
Z CIEMNEJ OTCHŁANI!

SG
Spadająca Gwiazda!!!

ŁOMOT

SPADAJĄCA GWIAZDA!!!

CZYM ON SIĘ TAK
PODNECA? TO TYLKO
CZARNY KOMPUTER!!!

CO TO?
TYLKO PLANSZA
DO SHOJI...?

RZECZY-
WIŚCIE...

TAKIE MAM
SZCZĘŚCIE...
PRAWDZIWY
DZIWAŁ.

WOLAŁBYM W ZASADZIE,
ABYŚ GRAŁA PRZECIW
MOJEMU KOMPUTEROWI,
A NIE PRZECIW MNIE.



CO, CHCESZ, ŻEBYM JA,
PRAWDZIWA MISTRZYNI
W SHOGI, GRAŁA
W TWOJĄ GRĘ
WIDEO?

HE, HE...
TO NIE ZWYKŁA GRA
KOMPUTEROWA.

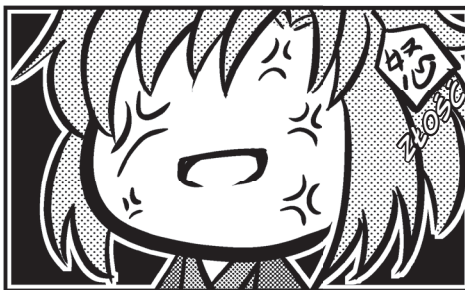
WIESZ, JESTEM
BARDZO
ZAJĘTA...



TEN LAPTOP,
SPADAJĄCA GWIAZDA,
MA PROGRAM, KTÓRY JA
ZAPROJEKTOWAŁEM.

TRZASK

I JEST
MOCNIEJSZY
NIŻ TY!



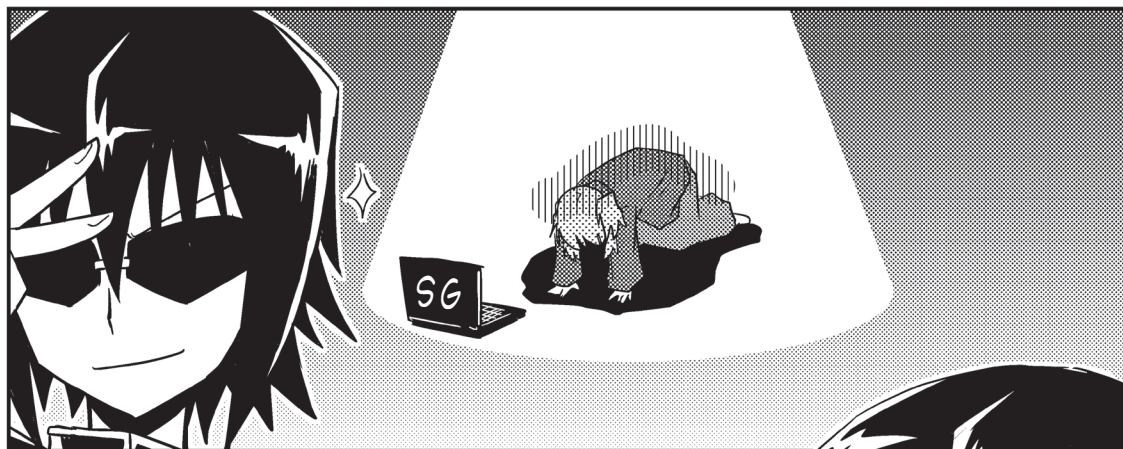
TAAA... NIE BARDZO
ROZUMIEM, CO DO
MNIĘ MÓWISZ, ALE TO
OCZYWISTE, ŻE PATRZYSZ
NA MNIĘ Z GÓRY.

TURKOT

CHRUP

MUSZĘ TYLKO WYGRAĆ, TAA?
MAM NADZIEJĘ, ŻE JESTEŚ
GOTOWY NA KLĘSKĘ...

PRZEGRĄŁAM...?
JAK TO MOŻLIWE??



NIE MA SZANS PRZECIW
MOJEJ SPADAJĄCEJ
GWIEZDZIE!

POCHŁONA CIĘ JEGO
CZELUŚCIE I POZNASZ
SMAK ZUPEŁNEJ PORĄŻKI!
HAHAHAHAHAHAHA!



AYUMI KATSURAGI!
ZROZUM, ŻE
PRZEGRZAŁAŚ!

TO PRAWDA,
ŻE NIE JA CIĘ
POKONAŁEM.

ALE TO TYLKO ZNACZY,
ŻE TWÓJ INTELEKT
JEST NICZYM WOBEC
PROCESORA, INTELEKTU
SPADAJĄCEJ GWIAZDY!

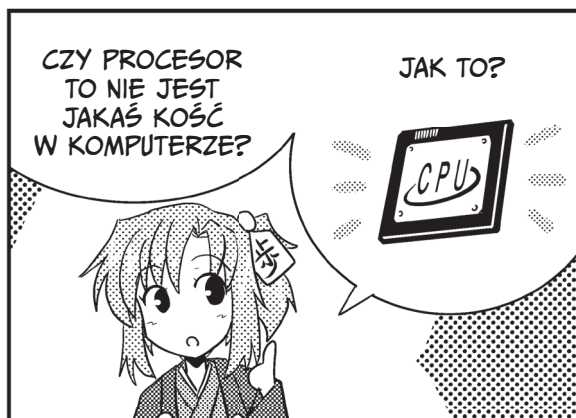
/ TAKA JEST PRAWDA!

TO ZNACZY TAKŻE,
ŻE TWÓJ ODDANY YUU
KANO, GENIALNY PROGRA-
MISTA, KTÓRY POWOŁAŁ TEN
PROCESOR DO ŻYCIA,
MA TAKI SAM...

NIE!
ZNACZNIE *BARDZIEJ*
IMPONUJĄCY
INTELEKT!

CO?

PROCESOR?



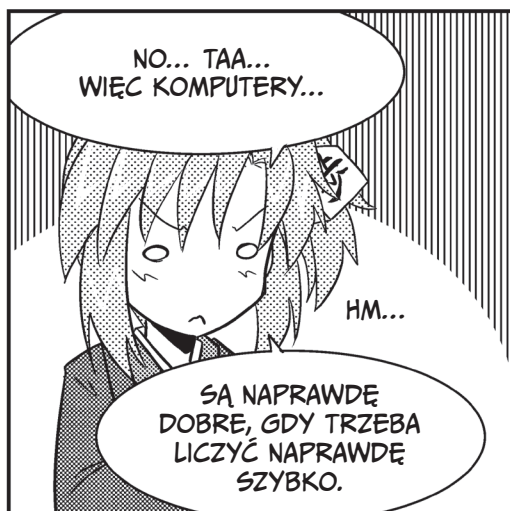
KOMPUTERY MOGĄ PRZETWARZAĆ DOWOLNY TYP INFORMACJI



NAJPIERW TRZEBA
POWIEDZIEĆ, ŻE NAZWA
„KOMPUTER” POCHODZI
OD ANGIELSKIEGO *compute*,
CZYLI LICZYĆ.



PIERWSZE KOMPUTERY
SŁUŻYŁY TYLKO DO
OBLICZEŃ, JAK DZISIEJSZE
KALKULATORY.





WSZYSTKIE
RODZAJE INFORMACJI
SĄ TERAZ DIGITALIZOWANE.
MUZYKĘ, FOTOGRAFIE I WIDEO
MOŻNA PRZEDSTAWIĄĆ
JEDYNIEM ZA POMOCĄ
JEDYNEK I ZER.

GDY ZMIENIAMY
POSTAĆ DANYCH NA CYFROWĄ,
CZYLI PRZEDSTAWIAMY JE
ZA POMOCĄ ZER I JEDYNEK,
ICH PRZETWARZANIE PRZEZ
KOMPUTER JEST ZNACZNIE
PROSTSZE.

OCH. SŁYSZAŁAM O TYM WCZEŚNIEJ.
MAMY CYFROWĄ
TELEWIZJĘ, CYFROWE
APARATY, PRAWDA?



TYLKO ZERA I JEDYNKI!

WYDAJE MI SIĘ, ŻE OGÓLNI
KOMPUTERY DZIAŁAJĄ
W ŚWIECIE CYFROWYM,
GDZIE DOZWOLONE SĄ
TYLKO ZERA I JEDYNKI...

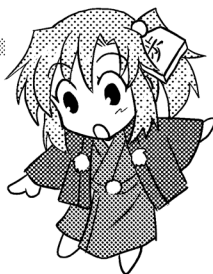
ALE CO W TYM
JEST TAKIEGO
ŚWIETNEGO?

ZMIANA DANYCH
NA CYFROWE UMOŻLIWIŁA
WIELE NOWYCH
RZECZY.

TECHNOLOGIA
CYFROWA JEST BARDZO
WAŻNA W WIELU ASPEKTACH
NOWOCZESNEGO ŻYCIA.

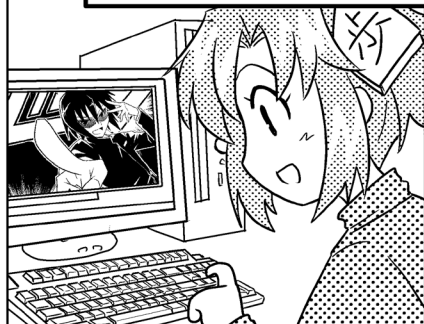
OCH!

WIĘC MÓWISZ,
ŻE WSZYSTKO
TO ZAWDZIĘCZAMY
TECHNOLOGII
CYFROWEJ?

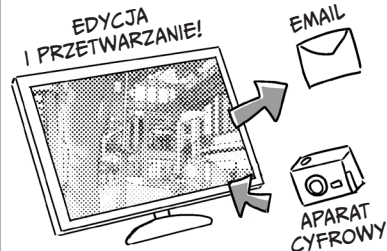


SURFOWANIE PO SIECI,
OGLĄDANIE WIADOMOŚCI
I FILMÓW...

EDYCJA NA KOMPUTERZE
FOTOGRAFII ZROBIONYCH
MOIM APARATEM CYFROWYM
I WYSYŁANIE ICH MAILEM...



TRANSFER!



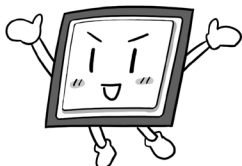
KUPOWANIE MUZYKI CYFROWEJ
I JEJ TRANSFER DO
ODTWARZACZA MP3!

WŁAŚNIE TAK!
TO WSZYSTKO JEST
ZASTOSOWANIEM
TECHNOLOGII
CYFROWEJ.

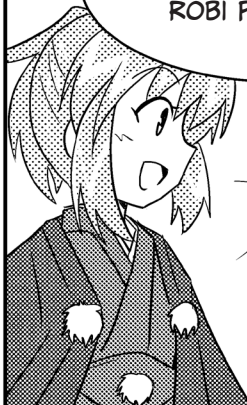


A SERCEM TEJ TECHNOLOGII
JEST PROCESOR
DZIAŁAJĄCY JAK MÓZG.

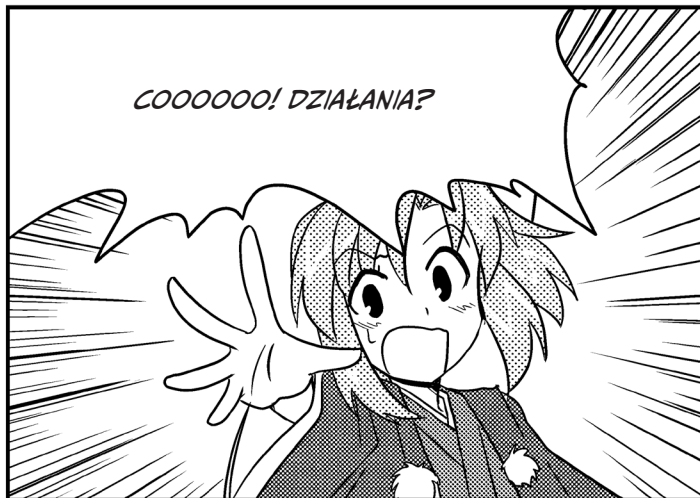
PROCESOR



ZNOWU TO SŁOWO!
WIĘC CO TAK NAPRAWDĘ
ROBI PROCESOR?



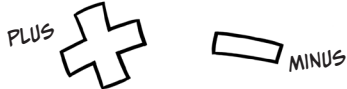
PROCESOR JEST SERCEM KAŻDEGO KOMPUTERA



DZIAŁANIA PROCESORA*

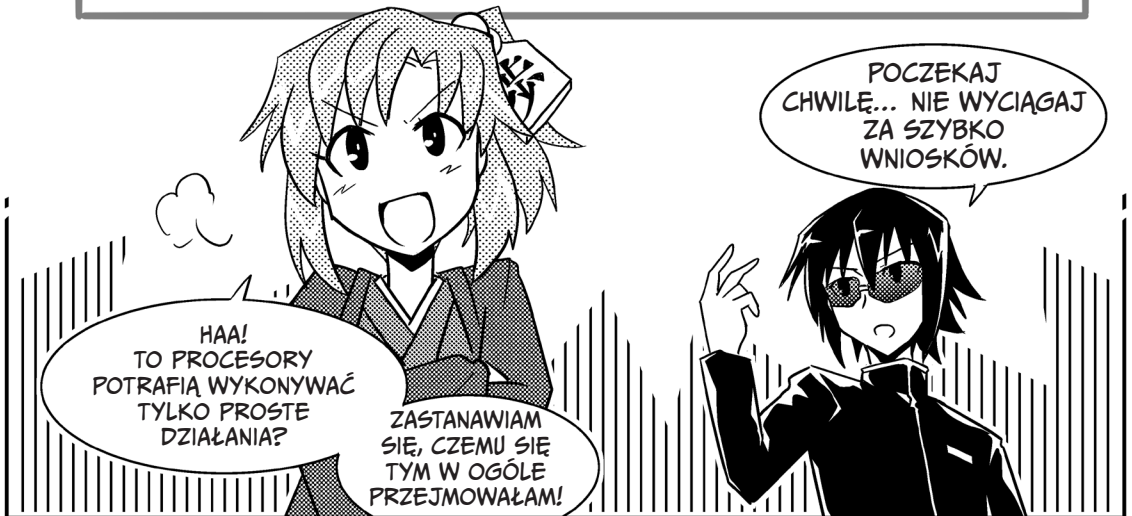
DZIAŁANIA ARYTMETYCZNE

JEDYNE DZIAŁANIA, JAKIE
MOGĄ WYKONAĆ KOMPUTERY,
TO DODAWANIE I ODEJMOWANIE.



DZIAŁANIA LOGICZNE

DZIAŁANIA LOGICZNE DOTYCZA
PORÓWNYWANIA ZER I JEDYNEK
NA KILKA PROSTYCH SPOSOBÓW.



* POZA TYMI JEDNOSTKAMI OPERACYJNYMI NOWOCZESNE PROCESORY MOGĄ ZAWIERAĆ FPU (JEDNOSTKI ZMIENNOPRZECINKOWE), KTÓRE POZWALAJĄ NA OBSŁUGĘ MNOŻENIA I DZIELENIA. ALE W TEJ KSIĄŻCE ZAJMUJEMY SIĘ TYLKO PODSTAWAMI.

