PODSTAWY TEORII UKŁADÓW CYFROWYCH

Kod BCD

Opracował: Andrzej Nowak

Bibliografia: **Urządzenia techniki komputerowej,** K. Wojtuszkiewicz
http://pl.wikipedia.org/

System Dziesiętny Kodowany Binarnie

System binarny jest wygodny do prowadzenia obliczeń maszynowych. Jednakże istnieje duża liczba zastosowań urządzeń obliczeniowych, gdzie występuje częsta potrzeba konwersji dziesiętno-binarnych - np. kalkulatory, kasy sklepowe, wagi, urządzenia pomiarowe, liczniki itp.

Dla takich zadań opracowano kod **BCD** - Binary Coded Decimal, czyli dziesiętny kodowany binarnie. Stanowi on połączenie zalet dwójkowego kodowania z czytelnością liczb dziesiętnych.

Wartość liczb w kodzie BCD

W systemie **BCD** każdą cyfrę dziesiętną liczby kodujemy za pomocą 4 bitów tworzących wartość tej cyfry w systemie dwójkowym.

Np. liczbę 2379 zakodujemy następująco:

2	3	7	9
0010	0011	0111	1001

W efekcie otrzymujemy **kod BCD** tej wartości:

$$2379_{(10)} = 0010001101111001_{(BCD)}$$

Mając liczbę w kodzie **BCD** rozdzielamy jej bity na grupy 4 bitowe. Każdą grupę traktujemy jak cyfrę dziesiętną. Dlatego wartości uzyskanych cyfr przemnażamy przez kolejne potęgi podstawy systemu dziesiętnego, czyli 10. Wyniki iloczynów sumujemy.

$$01101000100100110110_{(BCD)} = 0110\ 1000\ 1001\ 0011\ 0110$$
$$01101000100100110110_{(BCD)} = 6 \times 10^4 + 8 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 6 \times 10^0$$
$$01101000100100110110_{(BCD)} = 6 \times 10000 + 8 \times 1000 + 9 \times 100 + 3 \times 10 + 6 \times 1$$
$$01101000100100110110_{(BCD)} = 60000 + 8000 + 900 + 30 + 6$$
$$01101000100100110110_{(BCD)} = \mathbf{68936}$$

Ponieważ cyfry dziesiętne kodowane są na 4 bitach, liczby **BCD** zawsze posiadają długość będącą wielokrotnością liczby 4.

Kod **BCD** nie jest kodem efektywnym. Np. jedno bajtowa liczba **BCD** może pomieścić tylko dwie cyfry dziesiętne. Wykorzystane zatem zostaje jedynie 100 słów kodowych (dla liczb od 0 do 99), podczas gdy 1 bajt może przyjąć postać 256 różnych słówek kodowych - 156 nie będzie wykorzystanych. To więcej niż połowa.

Przy liczbach 2 bajtowych stosunek ten jest jeszcze gorszy - 10000 liczb z 65536 słów kodowych.

Zatem łatwość konwersji na system dziesiętny okupiona została efektywnością kodowania informacji i dlatego system **BCD** stosowany jest tylko tam, gdzie się to naprawdę opłaca (np. przy obliczeniach, gdzie zależy nam na zminimalizowaniu błędów zaokrągleń przy konwersji dwójkowo-dziesiętnej).

Cechą kodu **BCD** jest to, iż w systemie szesnastkowym poszczególne cyfry dziesiętne odpowiadają bezpośrednio cyfrom szesnastkowym 0...9.

Dzięki tej własności można w prosty sposób wprowadzać wartości BCD jako liczby szesnastkowe:

$$1672_{(16)} = 0001011001110010_{(2)} = 0001\ 0110\ 0111\ 0010_{(BCD)} = 1672_{(10)}$$

Zapamiętaj

W systemie BCD każda cyfra dziesiętna wartości liczby zajmuje 4 bity. Bity te przedstawiają dwójkową wartość cyfry.

Arytmetyka w systemie BCD

Ponieważ liczby w kodzie **BCD** nie są naturalnymi liczbami dwójkowymi, zatem nie można na nich wykonywać normalnych działań arytmetycznych.

15 + 35	**24 -15**
0001 0101	0010 0100
+ 0011 0101	- 0001 0101
0100 1010	0000 1111
Wynik nie BCD!	**Wynik nie BCD!**

Po wykonaniu standardowej operacji nad liczbami w kodzie **BCD** należy sprawdzić i w razie potrzeby skorygować wynik. Dla dodawania i odejmowania korekcja będzie potrzebna wtedy, gdy dana grupa bitów reprezentujących cyfrę dziesiętną ma wartość większą od 9 (binarnie 1001).

W takiej sytuacji do grupy tej należy dodać (dla odejmowania odjąć) wartość binarną 0110 (dziesiętnie 6).

Sprawdźmy ponownie (kolorem czerwonym zaznaczono korekcję wyniku):

15 + 35	**24 -15**
0001 0101	0010 0100
+ 0011 0101	- 0001 0101
0100 **1010**	0000 **1111**
+ 0000 **0110**	- 0000 **0110**
0101 0000	**0000 1001**
Wynik = 50	**Wynik = 9**

Korekcja musi również wystąpić, gdy w trakcie dodawania wystąpiło przeniesienie (przy odejmowaniu pożyczka) do sąsiedniej grupy bitów.

29 + 19	**31 -18**
0010 1001	0011 0001
+ 0001 1001	- 0001 1000
010**0 0010**	000**1 1001**
+ 0000 **0110**	- 0000 **0110**
0100 1000	**0001 0011**
Wynik = 48	**Wynik = 13**

Zapamiętaj

W systemie BCD korekcja przy dodawaniu polega na dodaniu (lub odjęciu przy odejmowaniu) do grupy bitów reprezentujących cyfrę dziesiętną liczby 0110 (6). Korekcję wykonujemy, gdy po operacji arytmetycznej:

- grupa bitów nie przedstawia cyfry dziesiętnej
- nastąpiło przeniesienie (pożyczka) do następnej grupy bitów