



Politechnika Białostocka
Wydział Elektryczny
Katedra Elektrotechniki Teoretycznej i Metrologii

Instrukcja
do pracowni specjalistycznej z przedmiotu

Informatyka 2

Kod przedmiotu: **ES1E3017**
(studia stacjonarne)

JĘZYK C - OPERATORY BITOWE

Numer ćwiczenia

INF32

Autor:

dr inż. Jarosław Forenc

Białystok 2017

Spis treści

1. Opis stanowiska	3
1.1. Stosowana aparatura	3
1.2. Oprogramowanie.....	3
2. Wiadomości teoretyczne.....	3
2.1. Operatory bitowe	3
2.2. Zastosowania operatorów bitowych.....	6
3. Przebieg ćwiczenia.....	8
4. Literatura.....	9
5. Pytania kontrolne	9
6. Wymagania BHP.....	10

Materiały dydaktyczne przeznaczone dla studentów Wydziału Elektrycznego PB.

© Wydział Elektryczny, Politechnika Białostocka, 2017 (wersja 3.2)

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej publikacji nie może być kopiowana i odtwarzana w jakiegokolwiek formie i przy użyciu jakichkolwiek środków bez zgody posiadacza praw autorskich.

1. Opis stanowiska

1.1. Stosowana aparatura

Podczas zajęć wykorzystywany jest komputer klasy PC z systemem operacyjnym Microsoft Windows (XP/ 7/10).

1.2. Oprogramowanie

Na komputerach zainstalowane jest środowisko programistyczne Microsoft Visual Studio 2008 Standard Edition lub Microsoft Visual Studio 2008 Express Edition zawierające kompilator Microsoft Visual C++ 2008.

2. Wiadomości teoretyczne

2.1. Operatory bitowe

W języku C występuje 6 operatorów pozwalających na wykonywanie operacji na poszczególnych bitach liczb (Tabela 1). Operatory te można stosować jedynie do argumentów **całkowitych** typu **char**, **short**, **int**, **long** (ze znakiem lub bez).

Tabela 1. Operatory bitowe w języku C

Operator	Znaczenie	Opis
&	AND	dwuargumentowy operator koniunkcji bitowej
	OR	dwuargumentowy operator alternatywy bitowej
^	XOR	dwuargumentowy operator różnicy symetrycznej
~	NOT	jednoargumentowy operator uzupełnienia jedynekowego (zastępuje 0 → 1, 1 → 0)
>>		dwuargumentowy operator przesunięcia bitowego w prawo
<<		dwuargumentowy operator przesunięcia bitowego w lewo

Rozważmy następujący przykład deklaracji zmiennych:

```
unsigned char x = 106; /* 01101010 */
unsigned char y = 173; /* 10101101 */
unsigned char z;
```

Operator koniunkcji bitowej (&) ustawia jedynekę na każdej pozycji bitowej tam, gdzie oba bity są równe jeden. W pozostałych przypadkach ustawia zero.

$$\begin{array}{r} z = x \ \& \ y; \\ x \rightarrow 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \\ y \rightarrow 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \\ \hline z \rightarrow 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \end{array}$$

Operator alternatywy bitowej (|) ustawia jedynekę na każdej pozycji bitowej tam, gdzie przynajmniej jeden z bitów jest równy jeden.

$$\begin{array}{r} z = x \ | \ y; \\ x \rightarrow 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \\ y \rightarrow 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \\ \hline z \rightarrow 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \end{array}$$

Operator różnicy symetrycznej (^) ustawia jedynekę na każdej pozycji bitowej tam, gdzie bity są różne, a zero tam, gdzie bity są takie same.

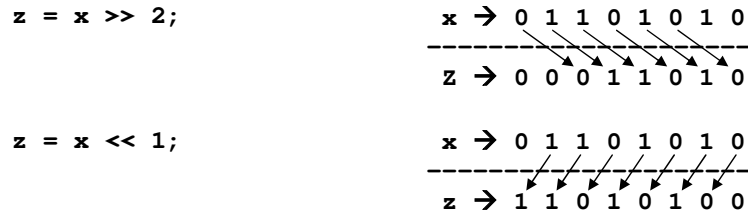
$$\begin{array}{r} z = x \ \wedge \ y; \\ x \rightarrow 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \\ y \rightarrow 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \\ \hline z \rightarrow 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \end{array}$$

Operator uzupełnienia jedynekowego czyli negacji (~) zastępuje jedynekę zerem i zero jedyneką.

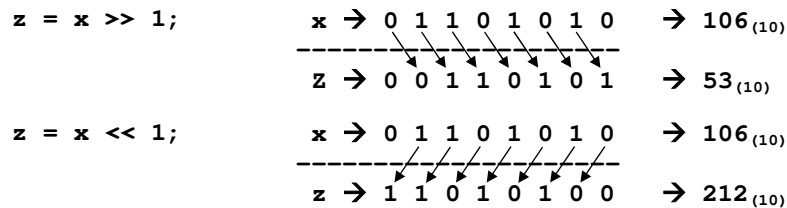
$$\begin{array}{r} z = \sim x; \\ x \rightarrow 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \\ \hline z \rightarrow 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \end{array}$$

Operatory: << i >> przesuwają bity argumentu stojącego po lewej stronie operatora o liczbę pozycji określoną przez argument stojący po prawej stronie operatora. Drugi argument musi być liczbą dodatnią.

Przesunięcie w prawo powoduje pojawienie się na najstarszej pozycji 0 (dla liczb bez znaku) lub powielenie bitu znaku (dla liczb ze znakiem). Przy przesunięciu w lewo zwolnione (najmłodsze) bity wypełniane są 0.



Przesunięcie w prawo o 1 pozycję odpowiada podzieleniu liczby przez 2, zaś w lewo - pomnożeniu przez 2.



Nie należy mylić operatorów bitowych (&i|) z operatorami logicznymi (&&i||). Zazwyczaj kompilator nie wykaże żadnego błędu, a jego wykrycie podczas wykonywania programu może być bardzo trudne.

```

int x = 1;
int y = 2;
if (x & y)           - wartość wyrażenia: 0 (fałsz),
    instrukcja;
if (x && y)          - wartość wyrażenia: 1 (prawda).
    instrukcja;
  
```

Język C udostępnia 5 złożonych (skrótowych) operatorów przypisania dotyczących operacji bitowych. Są to: <<=, >>=, &=, |=, ^=.

2.2. Zastosowania operatorów bitowych

Operatory bitowe są wykorzystywane do ustawiania i testowania wartości bitów w obszarach pamięci (programowanie niskopoziomowe).

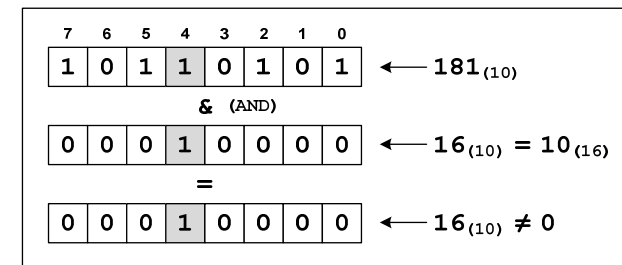
Do sprawdzenia wartości wybranego bitu w bajcie stosowany jest operator koniunkcji bitowej (AND). Załóżmy, że chcemy sprawdzić wartość bitu nr 4 zmiennej **x** typu **unsigned char**. W tym celu wykonujemy operację koniunkcji bitowej zmiennej **x** i liczby mającej bit nr 4 równy 1 oraz wyzerowane pozostałe bity (**0001 0000**₍₂₎ = **10**₍₁₆₎).

```

unsigned char x = 181; /* 10110101 */

if ((x & 0x10) != 0)
    printf("Bit nr 4 ma wartosc 1\n");
else
    printf("Bit nr 4 ma wartosc 0\n");
  
```

Jeśli w wyniku koniunkcji otrzymamy liczbę różną od zera, to bit nr 4 jest równy 1 (Rys. 1). W przeciwnym przypadku bit ten jest równy zero. Dodatkowe nawiasy w instrukcji warunkowej **if** są konieczne, gdyż operator logiczny **!=** ma wyższy priorytet niż operator bitowy **&**.



Rys. 1. Sprawdzenie wartości wybranego bitu w bajcie

Warunek logiczny w powyższej instrukcji **if** można zapisać w prostszej, równoważnej postaci:

```

if (x & 0x10)
    printf("Bit nr 4 ma wartosc 1\n");
else
    printf("Bit nr 4 ma wartosc 0\n");

```

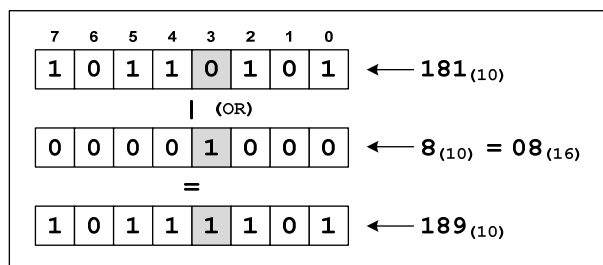
Do zapisania wartości 1 do wybranego bitu w bajcie (bez zmiany wartości pozostałych bitów) stosuje się operator alternatywy bitowej (OR). Załóżmy, że chcemy ustawić bit nr 3 zmiennej **x** typu **unsigned char**. W tym celu wykonujemy operację alternatywy bitowej zmiennej **x** i liczby mającej bit nr 3 równy 1 oraz wyzerowane pozostałe bity ($0000\ 1000_{(2)} = 08_{(16)}$).

```

unsigned char x = 181; /* 10110101 */
x = x | 0x08;

```

Bit nr 3 otrzyma wartość 1, natomiast pozostałe bity nie ulegną zmianie (Rys. 2).



Rys. 2. Ustawienie wybranego bitu w bajcie

Do ustawienia bitu można zastosować skrócony operator przypisania |=.

```

x |= 0x08;

```

Do zapisania wartości 0 do wybranego bitu w bajcie (bez zmiany wartości pozostałych bitów) stosuje się operator koniunkcji bitowej (AND). Załóżmy, że chcemy wyzerować bit nr 4 zmiennej **x** typu **unsigned char**. W tym celu

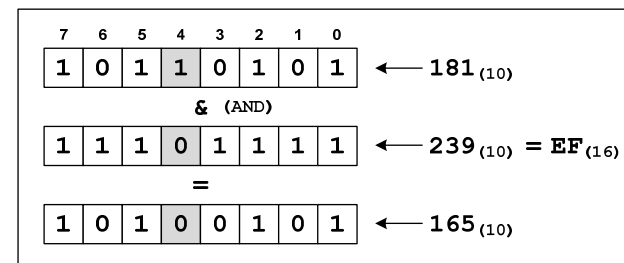
wykonujemy operację koniunkcji bitowej zmiennej **x** i liczby mającej bit nr 4 równy 0 oraz ustawione na 1 wszystkie pozostałe bity ($1110\ 1111_{(2)} = EF_{(16)}$).

```

unsigned char x = 181; /* 10110101 */
x = x & 0xEF;

```

Bit nr 4 otrzyma wartość 0, natomiast pozostałe bity nie ulegną zmianie (Rys. 3).



Rys. 3. Wyzerowanie wybranego bitu w bajcie

Do wyzerowania bitu można zastosować skrócony operator przypisania &=.

```

x &= 0xEF;

```

3. Przebieg ćwiczenia

Na pracowni specjalistycznej należy wykonać zadania wskazane przez prowadzącego zajęcia. W różnych grupach mogą być wykonywane inne zadania.

1. Zadeklaruj w programie zmienną typu **unsigned char**. Przypisz zmiennej liczbę z przedziału od 0 do 255. Wyświetl wartości kolejnych bitów tej liczby.
2. Wczytaj z klawiatury liczbę całkowitą. Stosując operacje bitowe sprawdź, czy liczba jest parzysta czy nieparzysta.

3. Napisz program zawierający funkcje **GetBit()**, która dla liczby typu **unsigned int** (pierwszy argument funkcji) zwraca wartość bitu o numerze będącym drugim argumentem tej funkcji. Zakładamy, że najmłodszy bit liczby ma numer 0. Jeśli numer bitu jest niepoprawny funkcja powinna zwrócić wartość **-1**.
4. Napisz program zawierający funkcje **Set1()** i **Set0()**. Funkcja **Set1()** powinna w liczbie typu **unsigned int** (pierwszy argument funkcji) zapisać wartość **1** w bicie o numerze będącym drugim argumentem tej funkcji. Natomiast funkcja **Set0()** powinna w liczbie typu **unsigned int** (pierwszy argument funkcji) zapisać wartość **0** w bicie o numerze będącym drugim argumentem tej funkcji. Pozostałe bity nie powinny zmieniać się. Zakładamy, że najmłodszy bit liczby ma numer 0. Dodaj w funkcjach sprawdzenie poprawności numeru bitu.

4. Literatura

- [1] Prata S.: Język C. Szkoła programowania. Wydanie VI. Helion, Gliwice, 2016.
- [2] Kernighan B.W., Ritchie D.M.: Język ANSI C. Programowanie. Wydanie II. Helion, Gliwice, 2010.
- [3] Prinz P., Crawford T.: Język C w pigułce. APN Promise, Warszawa, 2016.
- [4] King K.N.: Język C. Nowoczesne programowanie. Wydanie II. Helion, Gliwice, 2011.
- [5] Kochan S.G.: Język C. Kompendium wiedzy. Wydanie IV. Helion, Gliwice, 2015.

5. Pytania kontrolne

1. Scharakteryzuj operatory bitowe występujące w języku C.
2. Wyjaśnij różnice pomiędzy operatorami bitowymi i logicznymi.
3. W jaki sposób można zapisać 1 lub 0 do dowolnego bitu liczby (bez zmiany wartości pozostałych bitów)?

6. Wymagania BHP

Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciwpożarową oraz przestrzeganie zasad w nich zawartych.

W trakcie zajęć laboratoryjnych należy przestrzegać następujących zasad.

- Sprawdzić, czy urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym są w stanie kompletnym, nie wskazującym na fizyczne uszkodzenie.
- Jeżeli istnieje taka możliwość, należy dostosować warunki stanowiska do własnych potrzeb, ze względu na ergonomię. Monitor komputera ustawić w sposób zapewniający stałą i wygodną obserwację dla wszystkich członków zespołu.
- Sprawdzić prawidłowość połączeń urządzeń.
- Załączenie komputera może nastąpić po wyrażeniu zgody przez prowadzącego.
- W trakcie pracy z komputerem zabronione jest spożywanie posiłków i picie napojów.
- W przypadku zakończenia pracy należy zakończyć sesję przez wydanie polecenia wylogowania. Zamknięcie systemu operacyjnego może się odbywać tylko na wyraźne polecenie prowadzącego.
- Zabronione jest dokonywanie jakichkolwiek przełączeń oraz wymiana elementów składowych stanowiska.
- Zabroniona jest zmiana konfiguracji komputera, w tym systemu operacyjnego i programów użytkowych, która nie wynika z programu zajęć i nie jest wykonywana w porozumieniu z prowadzącym zajęcia.
- W przypadku zaniku napięcia zasilającego należy niezwłocznie wyłączyć wszystkie urządzenia.
- Stwierdzone wszelkie braki w wyposażeniu stanowiska oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu sprzętu należy przekazywać prowadzącemu zajęcia.

- Zabrania się samodzielnego włączania, manipulowania i korzystania z urządzeń nie należących do danego ćwiczenia.
- W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym należy niezwłocznie wyłączyć zasilanie stanowiska. Przed odłączeniem napięcia nie dotykać porażonego.