Politechnika Białostocka
Wydział Elektryczny
Katedra Elektrotechniki Teoretycznej i Metrologii

Instrukcja
do pracowni specjalistycznej z przedmiotu

Informatyka 2

Kod przedmiotu: **ES1D300 017**

(studia stacjonarne)

JĘZYK C - OPERATORY BITOWE

Numer ćwiczenia

INF32

Autor:
dr inż. Jarosław Forenc

Białystok 2017

Spis treści

Materiały dydaktyczne przeznaczone dla studentów Wydziału Elektrycznego PB.

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 jedynkowego (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 jedynkę na każdej pozycji bitowej tam, gdzie oba bity są równe jeden. W pozostałych przypadkach ustawia zero.

```
z = x & y;
```

```
x → 0 1 1 0 1 0 1 0
y → 1 0 1 0 1 1 0 1
--------------------
z → 0 0 1 0 1 0 0 0
```

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

```
z = x | y;
```

```
x → 0 1 1 0 1 0 1 0
y → 1 0 1 0 1 1 0 1
--------------------
z → 1 1 1 0 1 1 1 1
```

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

```
z = x ^ y;
```

```
x → 0 1 1 0 1 0 1 0
y → 1 0 1 0 1 1 0 1
--------------------
z → 1 1 0 0 0 1 1 1
```

Operator uzupełnienia jedynkowego czyli negacji (**~**) zastępuje jedynkę zerem i zero jedynką.

```
z = ~x;
```

```
x → 0 1 1 0 1 0 1 0
--------------------
z → 1 0 0 1 0 1 0 1
```

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 zapełniane są 0.

```
z = x >> 2;          x → 0 1 1 0 1 0 1 0
                     --------------------
                     z → 0 0 0 1 1 0 1 0

z = x << 1;          x → 0 1 1 0 1 0 1 0
                     --------------------
                     z → 1 1 0 1 0 1 0 0
```

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

```
z = x >> 1;          x → 0 1 1 0 1 0 1 0   → 106(10)
                     --------------------
                     z → 0 0 1 1 0 1 0 1   → 53(10)

z = x << 1;          x → 0 1 1 0 1 0 1 0   → 106(10)
                     --------------------
                     z → 1 1 0 1 0 1 0 0   → 212(10)
```

Nie należy mylić operatorów bitowych (**&** i **|**) z operatorami logicznymi (**&&** i **||**). Zazwyczaj kompilator nie wykaże żadnego błędu. 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 (skróconych) operatorów przypisania dotyczących operacji bitowych. Są to: **<<=**, **>>=**, **&=**, **|=**, **^=**.

2.2. Zastosowania operatorów bitowych

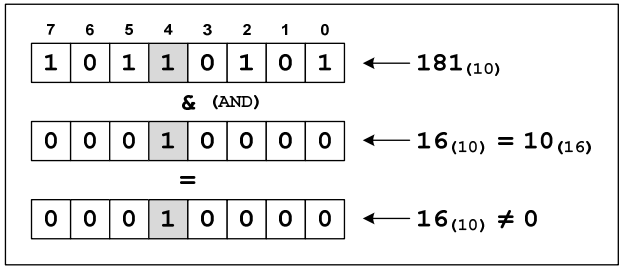
Operatory bitowe są wykorzystywane do ustawiania i testowania wartości bitów w obszarach pamięci (programowanie niskopoziomowe).

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:

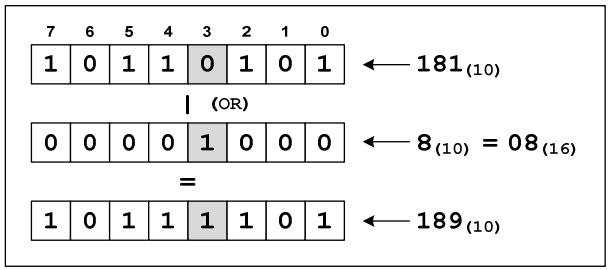
```
if (x & 0x10)
    printf("Bit nr 4 ma wartosc 1\n");
else
    printf("Bit nr 4 ma wartosc 0\n");
```

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;
```

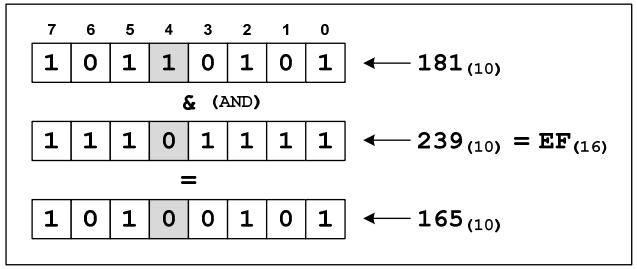
Do zapisania wartości 0 do wybranego bitu w bajcie (bez zmiany wartości pozostałych bitów) stosuje się operator koniunkcji bitowej (AND). Załóżmy, że chcemy wyzerować bit nr 4 zmiennej **x** typu **unsigned char**. W tym celu

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. Zagadnienia na zaliczenie

1. Scharakteryzuj operatory bitowe występujące w języku C.
2. Wyjaśnij różnice pomiędzy operatorami bitowymi i logicznymi.

6. Wymagania BHP

Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciw pożarową 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.