

Podstawy Programowania 1

Instrukcje sterujące

Arkadiusz Chrobot

Katedra Systemów Informatycznych

24 października 2022

Plan

- 1 Instrukcje sterujące
- 2 Blok instrukcji
- 3 Instrukcja warunkowa
- 4 Instrukcja wielokrotnego wyboru
- 5 Instrukcje iteracyjne
 - Pętla `for`
 - Pętla `while`
 - Pętla `do...while`
- 6 Słowa kluczowe `break` i `continue`
- 7 Przykłady

Instrukcje sterujące

Instrukcje sterujące lub *instrukcje zmieniające przepływ sterowania w programie* stanowią niezbędny element każdego języka programowania. Pozwalają one na wykonywanie lub wielokrotne wykonanie określonych instrukcji przetwarzania danych lub grup takich instrukcji, w zależności od wartości określonych warunków. Umożliwiają one zatem realizację złożonych algorytmów w programach komputerowych.

Blok instrukcji

Blok instrukcji pozwala zgrupować instrukcje, które mają być przez program wykonane łącznie, jakby były pojedynczą instrukcją. Blok rozpoczyna znak `{`, a kończy znak `}`. Zastosowanie bloku widzieliśmy na przykładzie definicji funkcji `main()`, jednakże jest on używany także w innych elementach programów, również razem z instrukcjami sterującymi.

Instrukcja warunkowa

Opis

Instrukcja warunkowa jest instrukcją decyzyjną, która steruje wykonaniem innych instrukcji lub grup instrukcji w zależności od wartości zawartego w niej warunku. Schemat instrukcji warunkowej jest następujący:

```
if(warunek)
    instrukcja;
else
    instrukcja_alternatywna;
```

Jeśli spełniony jest **warunek** to wykonywana jest **instrukcja** w przeciwnym przypadku **instrukcja_alternatywna**. Zarówno **instrukcja**, jaki i **instrukcja_alternatywna** mogą być pojedynczymi instrukcjami lub blokami instrukcji. Słowo kluczowe **else** może zostać pominięte wraz z instrukcją alternatywną. Warunek w instrukcji warunkowej może być dowolnym wyrażeniem.

Instrukcja warunkowa

Uwagi

Język C pozwala pominąć nie tylko słowo kluczowe `else` i instrukcję alternatywną, ale również instrukcję znajdującą się tuż za warunkiem, poprzez postawienie średnika za zamykającym nawiasem okrągłym. Taki zapis ma niewielkie zastosowanie praktyczne. Jednym z najczęściej spotykanych błędów jest pomylenie w warunku instrukcji przypisania (=) z operatorem ==. Zapis warunku z operatorem przypisania jest uznawany przez kompilator¹ za prawidłowy i w pewnych sytuacjach może być celowo i poprawnie wykorzystany przez programistę.

¹Kompilator jedynie generuje ostrzeżenie domagając się, by programista umieścił taki warunek w dodatkowej parze nawiasów okrągłych.

Instrukcja warunkowa

Przykład

```
if(a==b)
    a=5;
else
    b=5;
```

Część programistów zaleca, aby stosować blok (umieszczać instrukcje w nawiasach klamrowych) nawet wtedy, gdy po warunku i/lub słowie kluczowym `else` występują tylko pojedyncze instrukcje:

```
if(a==b) {
    a=5;
} else {
    b=5;
}
```

Instrukcja warunkowa

Zagnieżdżanie instrukcji warunkowych

Instrukcję warunkową można umieścić w innej instrukcji warunkowej. Taką czynność nazywa się zagnieżdżaniem, a instrukcję znajdującą się wewnątrz innej - instrukcją zagnieżdżoną:

```
if(a==3) {  
    if(b==4)  
        c=5;  
}
```

Ta technika pisania programu, może sprawić, że powstały kod będzie nieczytelny. Lepiej w takiej sytuacji zastosować warunek złożony:

```
if(a==3 && b==4)  
    c=5;
```

Należy jednak pamiętać o tym, że w języku C stosowane jest skracanie obliczania warunków logicznych.

Instrukcja wielokrotnego wyboru

Instrukcja wielokrotnego wyboru pozwala wykonać zbiór instrukcji w zależności od wartości zmiennej typu `int` lub `char` lub typów od nich pochodnych. Schemat tej instrukcji jest następujący:

```
switch(zmienna) {  
    case wartość_1: instrukcja_1;  
                    break;  
    ...  
    case wartość_n: instrukcja_n;  
                    break;  
    default: instrukcja;  
}
```

Liczba przypadków (`case`) jest ograniczona jedynie zakresem wartości przyjmowanych przez zmienną.

Instrukcja wielokrotnego wyboru

Uwagi

Przypadek w instrukcji wielokrotnego wyboru może obejmować więcej niż jedną instrukcję. W takim wypadku wszystkie one muszą znajdować się przed słowem kluczowym **break**, które kończy zapis przypadku a podczas wykonania programu działanie instrukcji **switch**. Jeśli słowo **break** zostanie pominięte, to program przystąpi do realizacji następnego w kolejności przypadku, nie sprawdzając dla jakiej wartości zmiennej powinien on być wykonany. Czasem jest to przez programistów celowo wykorzystywane, lecz dosyć często stanowi błąd. Jeśli zmienna nie ma żadnej z wartości określonych w przypadkach, to zostaje wykonany przypadek domyślny oznaczony słowem kluczowym **default**. Ten przypadek może być całkowicie pominięty w zapisie instrukcji wielokrotnego wyboru.

Instrukcja wielokrotnego wyboru

Przykład

```
switch(a) {  
    case 1: puts("Jeden");  
            break;  
    case 2: puts("Dwa");  
            break;  
    case 3: puts("Trzy");  
            break;  
    default: puts("Inna wartość");  
}
```

Jeśli zmienna `a` będzie miała wartość 1, to program wypisze na ekran wyraz `Jeden`, jeśli 2, to na ekranie pojawi się napis `Dwa`. Podobnie program zachowa się, gdy zmienna `a` będzie miała wartość 3. Jeśli zmienna będzie miała inną wartość, niż trzy wyżej wymienione, to na ekranie pojawi się napis `Inna wartość`.

Instrukcje iteracyjne

Instrukcje iteracyjne, nazywane krótko pętlami, pozwalają na powtórzenie określonej instrukcji lub grup instrukcji określoną (czasem nieskończoną) liczbę razy. Powtórzenie pętli nazywane jest w informatyce *iteracją* lub po prostu powtórzeniem. Zazwyczaj wynik każdej iteracji jest różny od wyniku jej poprzedniczki. W niektórych sytuacjach mogą one być takie same.

Pętla for

Pętla `for` służy do powtarzania instrukcji lub bloku instrukcji określoną, z góry zadaną liczbę razy. Z tą pętlą najczęściej jest związana co najmniej jedna zmienna nazywana *licznikiem pętli* lub *zmienną sterującą*. Schemat tej pętli jest następujący:

```
for(inicjacja;warunek_kontynuacji;krok)
    instrukcja;
```

,gdzie `inicjacja` oznacza nadanie licznikowi lub licznikom pętli wartości początkowej, `warunek_kontynuacji` oznacza warunek, który musi spełniać wartość licznika lub liczników pętli, aby się ona wykonywała, natomiast `krok` określa zmianę wartości licznika lub liczników pętli. Umieszczona w pętli `instrukcja` może być pojedynczą instrukcją lub blokiem instrukcji. W obu przypadkach ta część instrukcji iteracyjnej nazywa się *ciałem pętli*. Licznikiem (licznikami) pętli `for` może być zmienna dowolnego z przedstawionych na wykładzie pierwszym typów. Najczęściej te zmienne mają jednoliterowe nazwy, choć zdarzają się wyjątki do tej reguły. Pętle `for` można zagnieżdżać.

Pętla for

Przykłady

```
#include<stdio.h>

int a;

int main(void)
{
    for(a=0;a<5;a++)
        printf("%d\n",a);
    return 0;
}
```

Pętla for

Przykłady

```
#include<stdio.h>

int a;

int main(void)
{
    for(a=0;a<5;a++) {
        printf("%d\n",a);
    }
    return 0;
}
```

Pętla for

Przykłady

```
#include<stdio.h>

int a;

int main(void)
{
    for(a=1;a<=5;a++)
        printf("%d\n",a);
    return 0;
}
```


Pętla for

Przykłady

```
#include<stdio.h>

int a;

int main(void)
{
    for(a=0;a<7;a+=2)
        printf("%d\n",a);
    return 0;
}
```

Pętla for

Przykłady

```
#include<stdio.h>

int a;

int main(void)
{
    a=1;
    for(;a<=5;) {
        printf("%d\n",a);
        a++;
    }
    return 0;
}
```

Pętla for

Przykłady

```
#include<stdio.h>

int a;

int main(void)
{
    for(a=7;a>0;a--)
        printf("%d\n",a);
    return 0;
}
```

Pętla for

Przykłady

```
#include<stdio.h>

int i,j;

int main(void)
{
    for(i=7,j=0;i>j;j++,i--)
        printf("%d %d\n",i,j);
    return 0;
}
```

Pętla for

Przykłady

```
#include<stdio.h>

double x;

int main(void)
{
    for(x=0.0;x<0.5;x+=0.01)
        printf("%.10f\n",x);
    return 0;
}
```

Pętla for

Przykłady

```
#include<stdio.h>

int a,i;

int main(void)
{
    for(i=0;i<5;i++) {
        a+=i;
        printf("%d\n",a);
    }
    return 0;
}
```

Pętla for

Przykłady

```
int a;  
int main(void)  
{  
    for(a=0;a<5;a++)  
        ;  
    return 0;  
}
```

Pętla while

Pętla `while` powtarza wykonanie objętych nią instrukcji tak długo, jak długo spełniony jest zawarty w niej warunek. Schemat takiej pętli jest następujący:

```
while(warunek_kontynuacji)
    instrukcja;
```

Podobnie, jak w przypadku pętli `for`, ciało pętli `while` może być pojedynczą instrukcją, blokiem instrukcji lub nawet być puste. Liczba powtórzeń takiej pętli nie jest z góry zadana, dlatego musi w niej być zawarte wyrażenie lub grupa wyrażen, które spowodują, że po skończonej liczbie iteracji ta pętla się zakończy. Pętle `while` można zagnieżdżać.

Pętla while

Przykłady

```
#include<stdio.h>

char a;

int main(void)
{
    while(a!='q')
        scanf(" %c",&a);
    return 0;
}
```

Pętla while

Przykłady

```
#include<stdio.h>

char a;

int main(void)
{
    while(a!='q') {
        scanf(" %c",&a);
    }
    return 0;
}
```

Pętla while

Przykłady

```
#include<stdio.h>

int x,y;

int main(void)
{
    while(y>=0) {
        scanf("%d",&y);
        x+=y;
    }
    return 0;
}
```

Pętla do...while

Pętla `do...while` jest podobna do pętli `while` nie tylko w zapisie, również w działaniu. Podstawowa różnica między nimi polega na tym, że ciało w tej pierwszej *zawsze* wykona się co najmniej raz, ponieważ warunek jest w niej sprawdzany na końcu. Schemat tej pętli jest następujący:

```
do
    ciało
while(warunek);
```

,gdzie, podobnie jak w przypadku innych pętli `ciało` może być pojedynczą instrukcją, blokiem instrukcji lub może być puste.

Pętla do...while

Przykłady

```
#include<stdio.h>
```

```
char a;
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    do
```

```
        scanf(" %c",&a);
```

```
    while(a!='q');
```

```
    return 0;
```

```
}
```

Pętla do...while

Przykłady

```
#include<stdio.h>

char a;

int main(void)
{
    do {
        scanf(" %c",&a);
    } while(a!='q');
    return 0;
}
```

Pętla do...while

Przykłady

```
#include<stdio.h>

int x,y=1;

int main(void)
{
    do {
        x+=1;
        y*=x;
    } while(x!=10);
    return 0;
}
```

Słowo kluczowe `break`

Słowo kluczowe `break` oprócz instrukcji wielokrotnego wyboru może być także użyte wewnątrz dowolnej pętli. Zazwyczaj jest ono wtedy umieszczone także w instrukcji warunkowej. Jeśli dojdzie do jego wykonania, to przerwie ono działanie pętli, kończąc ją tym samym wcześniej niż wynikałoby to z jej warunku kontynuacji.

Słowo kluczowe `continue`

Słowo kluczowe `continue` jest używane wyłącznie wewnątrz dowolnego rodzaju pętli. Podobnie jak `break` występuje ono wówczas w instrukcji warunkowej. Nie przerywa ono jednak całości wykonania pętli, a jedynie jej bieżące powtórzenie (iterację).

Słowo kluczowe continue

Przykład

```
#include <stdio.h>

int i;

int main(void)
{
    for(i=-5;i<=5;i++) {
        if(i==0)
            continue;
        printf("Wynik dzielenia 5 przez %d: %f\n",i,5.0/i);
    }

    return 0;
}
```

Słowo kluczowe goto

Słowo kluczowe (instrukcja) `goto` (zlepek dwóch angielski słów *go* i *to*) powoduje przeniesie sterowania do wskazanego etykietą miejsca w programie. Ta etykieta może znajdować się zarówno powyżej jak i poniżej wystąpienia instrukcji `goto`, a nawet wskazywać na miejsce jej wystąpienia. Choć początkowo ta instrukcja wydaje się bardzo użyteczna, to jej stosowanie w nowoczesnych językach programowania pociąga za sobą wiele problemów. W początkach techniki komputerowej była ona nadużywana, co prowadziło do powstawania nieczytelnych programów komputerowych. Doprowadziło to do tak dramatycznej sytuacji, że jeden z pionierów informatyki, Edsger Dijkstra zdecydował się publicznie zabronić jej używania. W języku C `goto` używana jest zazwyczaj do obsługi sytuacji wyjątkowych i (przez doświadczonych programistów) do usprawniania działania programów. **Należy za wszelką cenę unikać jej używania w innych, nieuzasadnionych przypadkach.**

Słowo kluczowe goto

Przykład

```
#include <stdio.h>

int i;

int main(void)
{
    label_1: i++;
             printf("%d\n",i);
             if(i==15)
                 goto label_2;
             goto label_1;
    label_2:
             return 0;
}
```

Silnia

Opis

Silnia jest działaniem matematycznym na liczbach naturalnych, które zdefiniowane jest następująco:

$$0! = 1$$

$$1! = 1$$

$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot \dots \cdot (n - 1) \cdot n$$

Program na następnym slajdzie realizuje to działanie za pomocą pojedynczej pętli `for`. Jej licznik (zmienna `i`) służy także do przechowywania kolejnych liczb naturalnych, które mnożne są przez siebie. Proszę zwrócić uwagę, na użycie zmiennej `factorial`, która służy nie tylko do zapamiętania wyniku końcowego, ale także wyników częściowych. Pętla `do...while` służy do ograniczenia użytkownikowi możliwości zlecenia programowi policzenia silni dla liczby większej niż 20. Wynik byłby większy niż może pomieścić typ `unsigned long long int`. Proszę zwrócić uwagę, że program działa poprawnie także wtedy, gdy każemy mu liczyć silnię z zera. Pętla `for` się wprawdzie nie wykona ani razu, ale prawidłowy wynik od początku będzie w zmiennej `factorial`.

Silnia

Kod

```
#include <stdio.h>

unsigned long long int factorial = 1;
unsigned char i,number;

int main(void)
{
    do {
        printf("Podaj liczbę naturalną mniejszą niż 21, ");
        printf("dla której chcesz obliczyć silnię:\n");
        scanf("%hhu",&number);
    } while(number>20);

    for(i=1;i<=number;i++)
        factorial*=i;

    printf("Silnia z %hhu to %llu\n",number,factorial);

    return 0;
}
```

Silnia

Kod - inny zapis

```
#include <stdio.h>

unsigned long long int factorial = 1;
unsigned char i,number;

int main(void)
{
    do {
        printf("Podaj liczbę naturalną mniejszą niż 21, ");
        printf("dla której chcesz obliczyć silnię:\n");
        scanf("%hhu",&number);
    } while(number>20);

    for(i=1;i<=number;factorial*=i,i++)
        ;

    printf("Silnia z %hhu to %llu\n",number,factorial);

    return 0;
}
```

Największy wspólny dzielnik

Opis

Kolejny przykład, to program, który liczy Największy Wspólny Dzielnik (ang. *Greatest Common Divisor* - GCD). Jest on implementacją algorytmu z wykładu pierwszego, ale nie do końca wierną. Wprawdzie nazwy zmiennych zostały zachowane, ale ze względu na czytelność zapisu zdecydowałem, że lepiej będzie dopuścić do wykonania przypisań $m = n$ i $n = r$, nawet po tym, jak obliczanie reszty da w wyniku zero. Powoduje to dodatkową rozbieżność. Wynik końcowy nie jest zapisany w zmiennej n , lecz w m . Ponadto obliczanie Największego Wspólnego Dzielnika zostało ograniczone do liczb naturalnych, a program zawiera dodatkowe zabezpieczenie w postaci pętli `while`, które nie pozwala wprowadzić dwóch liczb o wartości zero.

Największy wspólny dzielnik

Kod

```
#include <stdio.h>

unsigned int r, n, m;

int main(void)
{
    puts("Podaj dwie liczby naturalne.");

    scanf("%u", &m);
    scanf("%u", &n);

    while(n==0 && m==0) {
        puts("Obie liczby nie mogą być jednocześnie równe zero!");
        scanf("%u", &n);
        scanf("%u", &m);
    }

    if(n!=0) {
        do {
            r=m%n;
            m=n;
            n=r;
        } while(r!=0);
    }
    printf("Największym wspólnym dzielnikiem podanych liczb jest %u\n",m);
    return 0;
}
```

Równanie kwadratowe

Opis

Kolejny program liczy pierwiastki równania kwadratowego, ale używając wzorów, które są odporne na akumulację błędów zaokrąglenia, charakterystycznych dla typów zmiennoprzecinkowych i dających się zaobserwować dla przypadku, gdy $a \cdot c \ll b$ jeśli używamy typu `float`. Te wzory to: $q \equiv -\frac{1}{2} \cdot [b + \text{sgn}(b) \cdot \sqrt{\Delta}]$, $x_1 = \frac{q}{a}$ oraz $x_2 = \frac{c}{q}$, gdzie *sgn* to funkcja *signum*, która daje wartość 1, gdy $b \geq 0$, -1 gdy $b < 0$. Funkcję *signum* zrealizowano w nim za pomocą operatora trójargumentowego. Program jest zabezpieczony na wypadek, gdyby użytkownik wprowadził zero jako wartość współczynnika a . Użyta w programie funkcja `sqrt()` pochodzi z biblioteki matematycznej włączanej za pomocą nagłówka `math.h` i liczy pierwiastek kwadratowy z podanej liczby.

Równanie kwadratowe

Kod

```
#include<stdio.h>
#include<math.h>

float a,b,c,delta,q;

int main(void)
{
    puts("Podaj współczynniki równania kwadratowego");
    do {
        printf("a= ");
        scanf("%f",&a);
        if(a==0.0)
            puts("Wartość współczynnika 'a' nie może wynosić 0! Wprowadź go jeszcze raz.");
    } while(a==0.0);
    printf("b= ");
    scanf("%f",&b);
    printf("c= ");
    scanf("%f",&c);
    delta = b*b-4*a*c;
    if(delta>=0) {
        q = (b<0) ? -0.5*(b-sqrt(delta)) : -0.5*(b+sqrt(delta));
        if(delta!=0.0)
            printf("x1=%f x2=%f\n",q/a,c/q);
        else
            printf("x=%f\n",q/a);
    } else
        puts("Brak rozwiązań w dziedzinie liczby rzeczywistych.");

    return 0;
}
```

Kod dwójkowy

Opis

Czasem występuje potrzeba wypisania na ekranie reprezentacji dwójkowej liczby dziesiętnej. Niestety, standard C99 języka C nie przewiduje specjalnego ciągu formatującego dla funkcji `printf()`, który umożliwiłby zrobienie tego w prosty sposób. Na szczęście problem staje się prostszy jeśli przypomnimy sobie, że każda liczba jest w sposób dwójkowy zapisana w pamięci komputera. Trzeba tylko ten zapis „wyciągnąć” na ekran. Robi to następujący przykładowy program. Wypisuje on na ekran ośmiobitową wartość zmiennej typu `char` za pomocą pojedynczej pętli `for`. W tej pętli wartości kolejnych bitów (począwszy od najstarszego) zmiennej `number` wyznaczone są w operacji maskowania (iloczynu bitowego). Drugim argumentem tej operacji jest wartość stałej `MASK` (jedynka na najstarszym bicie, pozostałe są równe zero), przesunięta w prawo o zadaną licznikiem pętli liczbę miejsc.

Kod dwójkowy

Kod

```
#include <stdio.h>

#define MASK 128 // 10000000

int i;
char number;

int main(void)
{
    puts("Podaj liczbę, którą chcesz wpisać w postaci binarnej");
    scanf("%hhi",&number);
    for(i=0;i<8*sizeof(number);i++)
        printf("%d",number&(MASK>>i)?1:0);
    return 0;
}
```

Liczby pierwsze

Opis

Liczby pierwsze, to takie liczby naturalne większe od jeden, które dzielą się bez reszty wyłącznie przez jeden i przez siebie. Znajdywanie takich liczb jest na tyle skomplikowane, że duże liczby pierwsze mają zastosowanie w kryptografii. Kolejny program szuka takich liczb w przedziale od 3 do maksymalnej liczby mieszczącej się w typie `unsigned long long int`, ale bez niej. Niestety, algorytm, który on stosuje jest mało efektywny. W najprostszej formie polega on na generowaniu kolejnych liczby naturalnych, które są dzielone przez wszystkie liczby naturalne, większe od jeden i mniejsze od nich samych. Program stosuje jego trochę udoskonaloną wersję. Liczby do sprawdzenia generowane są w zewnętrznej pętli `for`, ale są to wyłącznie liczby nieparzyste. Wewnętrzna pętla `for` dzieli je przez wszystkie liczby naturalne począwszy od 2, a skończywszy na części całkowitej pierwiastka z bieżąco badanej liczby. Jeśli ta liczba nie podzieli się bez reszty w trakcie takiego sprawdzania, to znaczy to, że jest pierwsza. Proszę zwrócić uwagę na użycie w programie zmiennej typu `bool` oraz instrukcji `break`.

Liczby pierwsze

Kod

```
#include <stdio.h>
#include <limits.h>
#include <math.h>
#include <stdbool.h>

unsigned long long int candidate, divisor;
bool prime;

int main(void)
{
    puts("Liczby pierwsze od 3");
    for(candidate=3;candidate<ULLONG_MAX;candidate+=2) {
        prime=true;
        for(divisor=2;divisor<=sqrt(candidate);divisor++)
            if(candidate%divisor==0) {
                prime = false;
                break;
            }
        if(prime)
            printf("%llu ",candidate);
    }

    return 0;
}
```

Cosinus

Opis

W bibliotece matematycznej języka C dostępna jest funkcja `cos()`, która wyznacza cosinus kąta podanego w radianach. Warto jednak wiedzieć jak wartość takiej funkcji trygonometrycznej wyznaczyć bez pomocy biblioteki matematycznej. Jedną z metod jest użycie szeregu Maclaurina, który dla funkcji $\cos(x)$ przyjmuje następującą postać:

$$\cos(x) = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \dots + (-1)^k \cdot \frac{x^{2k}}{(2k)!} + \dots$$

Jeśli podzielimy kilka pierwszych wyrazów tego szeregu parami przez siebie, to dojdziemy do wniosku, że każdy następny różni się od poprzedniego o czynnik $-\frac{x^2}{(2i)(2i-1)}$, gdzie i określa pozycję wyrazu w szeregu, przy czym $i = 1$ ma wyraz $-\frac{x^2}{2!}$.

Cosinus

Opis - ciąg dalszy

Program na następnym slajdzie liczy wartość cosinusa dla kąta równego $\pi/3$ radianów. W pętli `while` wartości kolejnych wyrazów są wyliczane i zapamiętywane w zmiennej `term`, zmienna `cosinus` zapamiętuje sumę wszystkich dotychczas obliczonych w pętli wyrazów szeregu, a `i` wyznacza numer pozycji kolejnego wyrazu. Pętla zatrzymuje się wtedy, gdy wartość wyliczonego z szeregu cosinusa będzie równa wartości zwróconej przez funkcję `cos()`. Tych wartości nie możemy jednak porównywać bezpośrednio, jedynie z pewną dokładnością. Tę dokładność definiuje w programie stała `EPSILON` - jednaście miejsc po przecinku. Porównujemy jej wartość z błędem bezwzględnym przybliżenia wartości cosinusa, czyli wartością bezwzględną z różnicy obliczonej wartości cosinusa i podanej przez funkcję `cos()`. Wartość bezwzględna liczona jest za pomocą funkcji `fabs()`, również dostępnej w bibliotece matematycznej.

Cosinus

Kod

```
#include<stdio.h>
#include<math.h>

#define EPSILON 1e-11

double cosinus = 1, term = 1, i = 1;
const double x = M_PI/3;

int main(void)
{
    while(fabs(cos(x)-cosinus)>EPSILON) {
        term *= -1.0*x*x/((2*i-1)*(2*i));
        cosinus += term;
        i++;
    }

    printf("Wartość cosinusa dla kąta %f wynosi %f\n",x,cosinus);

    return 0;
}
```

Funkcja eksponencjalna

Opis

Podobnie jak w przypadku cosinusa możemy policzyć wartość funkcji eksponencjalnej. Dla niej szereg Maclaurina przyjmuje następującą postać:

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots + \frac{x^k}{k!} + \dots$$

Postępując podobnie jak poprzednio ustalimy, że każdy następny wyraz szeregu różni się od poprzedniego o czynnik $\frac{x}{i}$, gdzie $i > 0$ jest numerem pozycji wyrazu w szeregu. Program na następnym slajdzie liczy wartość eksponenty dla podanego przez użytkownika wykładnika w analogiczny sposób, jak liczył cosinusa program z poprzedniego slajdu. Główna różnica w konstrukcji pętli `while` polega na tym, że sprawdzany jest błąd względny wyliczonej z szeregu wartości i wartości funkcji `exp()` (również z biblioteki matematycznej), zamiast błędu bezwzględnego. Można w tym programie zastosować pierwszą z wymienionych metod, gdyż wartość zmiennej `exponent` nigdy nie jest równa zero.

Funkcja eksponencjalna

Kod

```
#include<stdio.h>
#include<math.h>

#define EPSILON 1e-11

double exponent = 1.0, x, i=1, term = 1;

int main(void)
{
    puts("Podaj wykładnik potęgi, do której chcesz podnieść liczbę e");
    scanf("%lf",&x);
    while(fabs((exp(x)-exponent)/exponent)>EPSILON) {
        term *= (x/i);
        exponent += term;
        i++;
    }

    printf("Wartość e^x wynosi %f\n",exponent);

    return 0;
}
```

Podziękowania

W prezentacji wykorzystałem materiały udostępnione przez dra inż. Grzegorza Łukawskiego oraz mgra inż. Leszka Ciopińskiego.

Pytania

?

KONIEC

Dziękuję Państwu za uwagę!