Elementy programowania komputerów

1. Program wykładu

1. Elementy procesu programowania (definiowanie problemu, szkic rozwiązania, wybór i reprezentacja algorytmu, kodowanie, testowanie i usuwanie błędów, dokumentacja, konserwowanie programów)
2. Język potoczny a języki programowania (instrukcja podstawiania, składnia, instrukcje proste i złożone, instrukcje warunkowe, selekcje, schematy: blokowy i Nassiego-Schneidermanna)
3. Arytmetyka komputerowa i jej osobliwości (systemy zliczania, komputerowa reprezentacja liczb, działania na reprezentantach, błędy obliczeń i ich propagacja; Przykłady)
4. Wprowadzenie do budowy elektronicznych układów obliczeniowych (tranzystor MOSFET, bramki logiczne AND, OR, NOT itp, układy liczące: sumatory)
5. Wybrane algorytmy (działania na macierzach, sortowanie tablic, wielomiany, pierwiastki równań algebraicznych).
6. Złożoność algorytmów i ich optymalizacja
7. Języki programowania ze szczególnym uwzględnieniem PASCAL-a (C++, FORTRAN).
8. Struktury danych.
9. Elementy programowania obiektowego (pojęcie klasy lub obiektu, dziedziczenie, procedury wirtualne, obciążanie operatorów)
10. Obliczenia symboliczne (Mathematica, Maple, Macsyma)

Uzupełnienia:
— Historia obliczeń i komputerów
— Gospodarowanie zasobami komputerowymi
— Ciekawostki ze świata komputerów
— Obliczenia równoległe i rozproszone
— Automaty komórkowe, sieci neuronowe, algorytmy genetyczne
— Logiki wielowartościowe i rozmyte

2. ROCZNICE 50 lat temu, 40 lat temu

1948-9 Claude Shannon: praca o teorii informacji
1949 John Bardeen, William Shapley: Tranzystor
1959 Feynman: *There is a plenty room at the bottom*, Wykład o tzw. Nanotechnologii, 29.XII.1959, CALTECH.

3. Punkt zaczepienia. Prosty problem.

Na wstępie zdefiniujemy to czego będzie dotyczyć wykład `Elementy programowania komputerów`, który mam prowadzić dla Państwa.

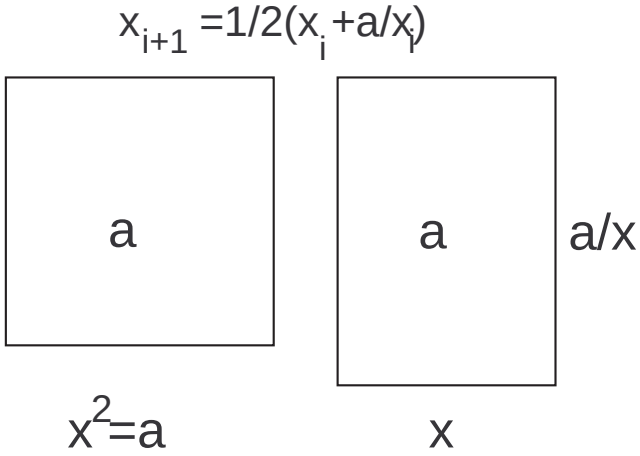
Zastanówmy sie na początku jak obliczamy pierwiastki kwadratowe z liczb dodatnich. Ten prosty problem i jego rozwiązanie, które wszyscy znamy, pozwoli nam poczynić pewne uogólnienia i pozwoli dostrzec wszystkie problemy występujące w

tzw. programowaniu, o którym będziemy mówić. Kiedy już je dostrzeżemy i zauważymy ich ważność poświęcimy kilka chwil każdemu z nich by potem łatwiej i lepiej móc pisać programy dla siebie i, co może ważniejsze, dla innych, którzy będą je u Was zamawiać.

Zadanie jakie sobie stawiamy brzmi następująco. Dla zadanej liczby dodatniej obliczyć na komputerze (oczywiście bez używania kalkulatora) pierwiastek kwadratowy.

Co musimy zrobić? Wczytać dane, tę jedną liczbę a i wydrukować wartość $\sqrt{a}$. Jeśli jest to liczba kwadratowa, tzn. taka, że jej pierwiastek jest liczbą wymierną to sprawa jest w miarę prosta. Co zrobić jednak jeśli liczbą tą jest 2? Pierwiastkiem jest liczba niewymierna. Jak ją przedstawić? Ile miejsc znaczących wydrukować? Jeszcze inaczej, z jaką **dokładnością** należy ją policzyć? Sześć? Czy dokładność innych obliczeń zależnych od tak wyliczonego $\sqrt{a}$ (jeśli takie obliczenia prowadzimy) będzie wtedy wystarczająca? Itd, itp. Pytań tego typu będzie jeszcze więcej. Musimy na nie odpowiadać gdyż tego wymaga klient, który zamówił u nas program do obliczeń. Jeśli jest to np. bank lub szpital to konsekwencje złych przybliżeń mogą być fatalne w skutkach.

Załóżmy tymczasem, że wiemy już, że dokładność ma wynosić $\pm 10^{-6}$, czyli jedna milionowa. Oznacza to, że wynik jaki dostaniemy może sią różnić od dokładnego o wielkość $\epsilon = 0.000001$. Pojawia się wtedy następny problem jak policzyć ten pierwiastek z taką dokładnością. Żeby nie tracić za wiele czasu spójrzmy na poniższy rysunek.



Algorytm obliczania pierwiastka jest natychmiastowy! wystarczy liczyć średnią wartość z dwóch liczb: jednej x dowolnej (mniejszej od zadanej liczby a) i drugiej równej drugiemu bokowi a/x. Na początku, przy zadanym x, liczba a/x jest inna niż x, ale jeśli będziemy dostatecznie długo powtarzać proces obliczania średniej to obie liczby będą do siebie dążyć i w nieskończoności **iteracji** (tak nazywamy ten sposób powtarzania obliczeń) otrzymamy

$$\lim_{x\to\infty} (x_{i+1} - x_i) \to 0 .$$

Proszę to sprawdzić. Przy pewnym $i = i_0$ będzie spełniona relacja

$$|x_{i_0+1} - x_{i_0}| < \epsilon .$$

W tym momencie możemy przerwać proces rachunkowy. Bez tego warunku nasz algorytm byłby nieskończony. Proces obliczeń nigdy by się nie zatrzymał.

Mamy więc **algorytm obliczeń**. Jest to tzw. wzór Herona, znany Państwu. Był używany w szkole. Co najważniejsze, mamy tu **algorytm skończony**, a więc proces obliczeń możemy w odpowiednim miejscu przerwać.

Po obliczeniu $\sqrt{a}$ drukujemy wynik z dokładnością zadaną przez klienta. Dokładnie jednak nie wiadomo co drukować. Tak jest. Czy drukować sam pierwiastek,

czy liczbę i pierwiastek, czy może również wydrukować dokładność, a może też należałoby w jakiś sposób pozwolić ustalać dokładność w trakcie rachowania? Okazuje się, że na te pytania też musimy odpowiedzieć. Musimy te problemy przedyskutować z klientem. To wszystko należy do tzw. **definicji problemu**. To nie jest już tylko obliczenie pierwiastka, ale obliczenie pierwiastka z zadaną dokładnością i sposób jego przedstawienia.

Komputer pracuje stosując tzw. arytmetykę dyskretną, tzn. używa on tylko skończonego zbioru liczb co wynika z jego budowy. Każda komórka pamięci komputera, obojętnie jak duża, może zmieścić prócz tego jakąś liczbę maksymalną i żadnej większej. Jeśli użyjemy większej liczby takich komórek pamięci to możemy używać większych liczb. Wynika stąd, że klient, który zamówił u nas program liczenia pierwiastka powinien dodatkowo określić jak wielkie liczby będą go interesowały. To pozwoli nam zdefiniować wielkość komórek pamięci, w których będziemy zapisywać wyniki obliczeń. Komórki pamięci są podobne pod tym względem do szuflady: większa szuflada (**typ danych**) większe graty (**dane**) można tam upchać. Można oczywiście używać maksymalnych dostępnych komórek, ale czasami prowadzi to do zagracenia pamięci. Niektóre problemy nie wymagają by zmuszać naszego klienta do zakupu dodatkowych modułów pamięci do jego komputera. Byłby to nonsens.

Czy już rozwiązaliśmy wszystkie problemy? Jeszcze nie. Musimy naszkicować projekt programu. Schemat ten nie będzie jeszcze programem dla komputera, ale pomoże nam wtedy gdy zechcemy taki program napisać. Jak on wygląda? Np. tak

```
1: ustal dokładność obliczeń epsilon;
2: wczytaj liczbę a;
3: oblicz pierwiastek z liczby a wg wzoru Herona;
4: drukuj pierwiastek;
```

To jest prawdziwy schemat. Spróbujmy go udokładnić. Jak potraktować przypadek ujemnych a? Musimy wczytać nową liczbę a, informując jednocześnie użytkownika o tym, że wprowadził złą daną. Programowanie to **przewidywanie różnych sytuacji**, które mogą się zdarzyć podczas pracy programu. Lepszy nieco schemat programu może być następujący.

```
1: ustal dokładność obliczeń:
   epsilon  <-  0.000001;
2: wczytaj liczbę a;
   jeśli a<0 wykonaj [
       wypisz "a jest mniejsze od 0";
       idź do kroku 2
   ];
3: oblicz pierwiastek z liczby a wg wzoru Herona;
4: drukuj pierwiastek;
```

Schemat powoli rozrasta się. Zajmijmy się teraz krokiem 6. Powinniśmy ustalić x, obliczyć a/x, obliczyć średnią $x_i = 1/2(x + a/s)$ i powtarzać ten proces, podstawiając pod x nową wartość x_i aż do momentu gdy osiągniemy żądaną dokładność.

```
1: ustal dokładność obliczeń:
   epsilon  <-  0.000001;
2: wczytaj liczbę a;
   jeśli a<0 wykonaj [
       wypisz "a jest mniejsze od 0";
       idź do kroku 2;
   ];
```

```
3: ustal x: x <- a/4;          { przyjmujemy startowe x=a/4}
   I: [
        xi  <- x;               { przechowujemy x również w xi }
        x <- 1/2 (xi+a/xi);       { wyliczamy nowe "x" }
        jeśli abs(xi-x) > epsilon idź do kroku I;
      ]
4: drukuj pierwiastek wg wzorca zgodnego
   z zadaną dokładnością;
```

Używamy tutaj zdań zdań rozkazujących lub ich równoważników: **rozkazów**. Pojawiły się również **rozkazy złożone** z kilku linii tekstu – **instrukcje złożone**, które zawarłem w nawiasy kwadratowe `[...]`, **etykiety**, które są nazwami kroków, pewne funkcje znane w **systemie operacyjnym**, tzw. **funkcje biblioteczne**, np. `abs`, itd.

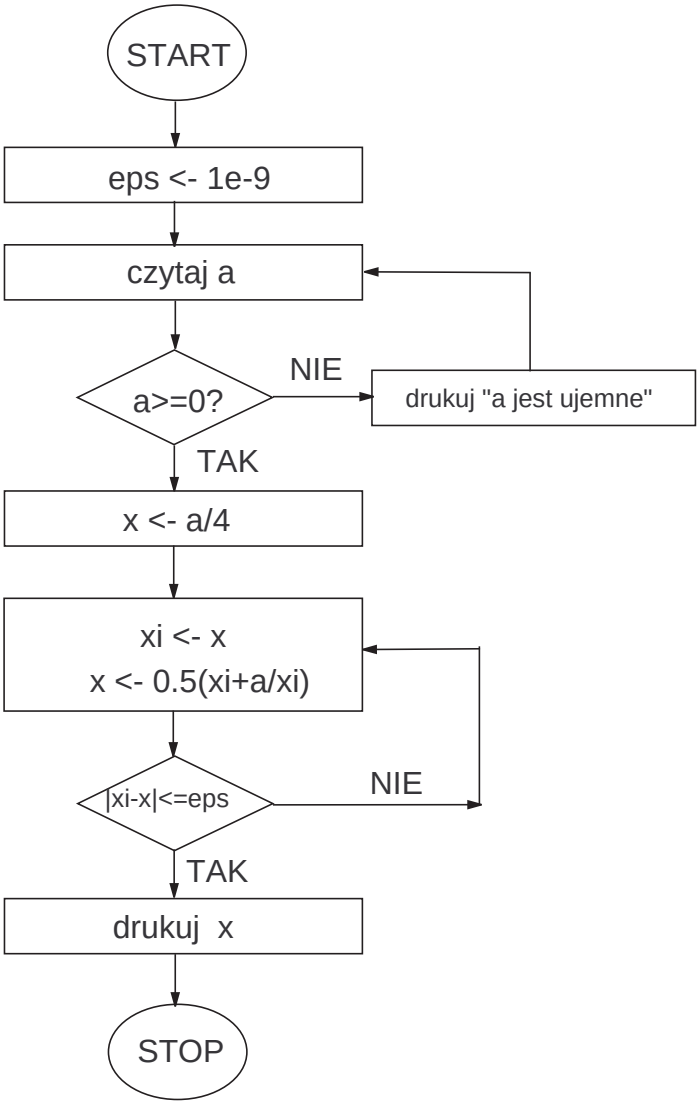
W zasadzie można przystąpić do **kodowania**. Należy więc wybrać **język wyższego poziomu**, w którym to kodowanie przeprowadzimy i przełożyć nasz schematyczny program na ten język. Czy to koniec? Rozstrzygnięcie jakiego języka programowania należy użyć nie jest proste. Są ich napewno dziesiątki, a może i setki. Dla przykładu podaję Państwu kod problemu wraz z krótkim opisem oraz przykładem obliczeń, wykonanych w języku Pascal.

```
program heron;                  (* DOBRA nazwa dla naszego problemu *)

uses dos, crt;                  (* dolaczanie bibliotek *)

(*
 KOMENTARZ:

 Program uzywa algorytmu Herona dla znajdowania pierwiastka
 kwadratowego z liczby z dokladnoscia zadana przez uzytkownika.

 Jest to metoda iteracyjna, ktora sprowadza sie do wzoru:

                x_i = 1/2 * (x+a/x),

 gdzie x jest wartoscia poczatkowa, przypuszczalna wartoscia
 pierwiastka,  ktora moze byc podana przez uzytkownika lub, najlepiej,
 obliczona wstepnie w  programie.

 Powyzszy wzor mozna latwo zrozumiec analizujac nastepujacy rysunek.
 (a - pole, x_i - bok, x_(i+1) - drugi bok)

             + - - - - - - - - +
             .                 .
             .                 .
             .       a         .   x_i = a/x
             .                 .
             .                 .
             .                 .
             + - - - - - - - - +
                     x

 Wartosc pierwiastka lezy gdzies pomiedzy x_i i x_(i+1), a wiec jest
 rowna 1/2(x_+x_(i+1))=1/2(x_i+a/x_i).

 Liczba (a) wczytywana jest z terminala.
 Dokladnosc obliczen (eps) jest ustalona przez programiste.
*)
```

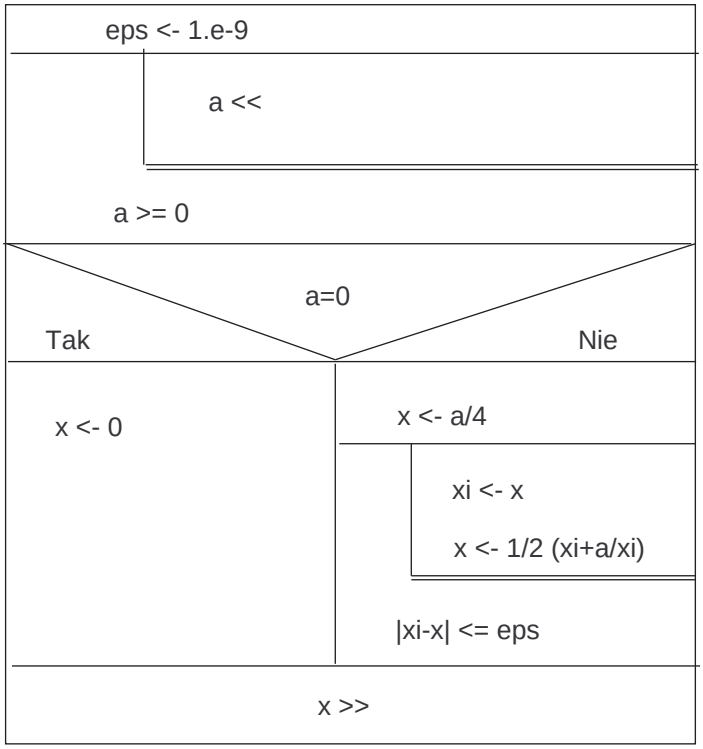
```
39
const
41    eps=1e-9;                (* dokladnosc obliczen; blad *)
var
43    x, xi, a: extended;      (* duze liczby! *)
      iter: integer;           (* gospodarka zasobami pamieci *)
45

47  begin
      clrscr;
49  (*
      wczytywanie danych:
51  *)
      writeln('Program: HERON');
53    writeln('Obliczanie pierwiastka kwadratowego z liczby dodatniej.');
      repeat
55       { czytanie danych i sprawdzanie ich poprawnosci }
         write('Prosze podac liczbe (>0): a= ');
57    until a>=0;
      read(a);
59
      if a=0 then
61    begin
         writeln;
63       writeln('Pierwiastek=', '0');
         halt;
65    end;
67  (*
      obliczenia
69  *)
      time0:=time;
      iter:=0;
71    x:=a/4;
      repeat
73       xi:=x;
         x:=0.5*(xi+a/xi);
75       iter:=iter+1;
      until abs(xi-x) < eps;
77  (*
      wypisywanie wynikow:
79    Dobrej informacji nigdy za wiele!
81  *)

      writeln;
83    writeln('Liczba:                a = ',a:25:9);
      writeln('Pierwiastek:           x = ',xi:25:9,' +/-',eps);
85    writeln('Liczba iteracji:    iter = ',iter:25);
      writeln('Sprawdzenie:         x^2 = ',xi*xi:25:9);
87    writeln('Czas obliczen            = ',time-time0:25:9,' sec.');
    end.

    (*

    Przykladowe wyniki obliczen.
    ----------------------------

    Turbo Pascal  Version 7.0  Copyright (c) 1983,92 Borland International

    Program: HERON
    Obliczanie pierwiastka kwadratowego z liczby dodatniej.
```

```
Prosze podac liczbe (>0): a= 12345678987654321

Liczba:             a = 12345678987654321.000000000
Pierwiastek:        x =  111111111.000000000 +/- 1.00000000000000E-0009
Liczba iteracji: iter =         30
Sprawdzenie:      x^2 = 12345678987654321.000000000
Czas obliczen         =          0.000000000 sec.

--------------------------------------------------------------------------------

Co mozna dodac do programu? Np. licznik czasu.

*)
```

Schemat słowny progarmu możemy zastąpić schematem graficznym, tzw. schematem blokowym.



Jescze innym schematem blokowym, który możemy tutaj zastosować jest tzw. schemat Nassi-Schneidermana. Jego nazwa wywodzi się od nazwisk twórców tego typu schematycznego zapisu programu, lub raczej algorytmu.



Diagramy Nassi-Schneidermana będą omówione dokładniej w jednym z następnych wykładów.

Czego nauczyliśmy się z tego przykładu? Jest to tamat na następny wykład. Możemy tylko powiedzieć, że zdefiniowaliśmy wiele problemów, których na pierwszy rzut oka nie widać, a które zawsze występują w procesie programowania. O nich będą te wykłady.

Oszczędziłem Państwu kroku, który jest tutaj konieczny i do którego jeszcze Państwo powrócicie, tzw. uruchamiania programu, a więc jego. Do tego należy jeszcze dodać proces wyłapywania błędów, które towarzyszą każdej pracy. Jak mówi przysłowie, ten nie robi błędów kto nie pracuje. Błedy przypadkowe powstałe w procesie przekładu schematów na język wyższego poziomu będą występowały zawsze. Należy je usunąć w tej fazie programowania. Mogą też wyść na jaw różne inne błędy powstałe wcześniej, błędy koncepcyjne.

Możemy podsumować naszą niewiedzę następująco. Wprowadziliśmy i krótko omówiliśmy następujące zagadnienia.

— definicja problemu
— stałe (np. ϵ lub `eps` (**const**)
— zmienne (np. x, xi) (**var**)
— dane i ich typy (**type**)
— instrukcja przypisania, podstawiania (<-, :=)
— instrukcje warunkowe (jeśli **to** zrób **to;**; if …then),
— instrukcja czytania danych (read, readln)
— instrukcja drukowania danych (write, writeln)
— proces iteracyjny
— dokumentacja, komentarze (patrz prawo Eaglesona, niżej)
— funkcje biblioteczne, biblioteki funkcji i procedur (dos, crt)
— pamięć
— dokładność obliczeń, błędy obliczeń
— algorytm, algorytm skończony
— kodowanie
— języki programowania komputerów
— usuwanie błędów, odpluskwianie (debuging)

Na zakończenie tej wyliczanki podam pewną prawdę, którą zauważają wszyscy programiści, i która zachęca do komentowania i do pisania dokumentacji programu. Od nazwiska autora będę je nazywał prawem Eaglesona. Brzmi ono tak:

> Any code of your own that you haven't looked at for six or more months, might as well been written by someone else.

Poprawka do prawa Eaglesona, tym razem innego autorstwa brzmi:

> Eagleson is an optimist, the real number is more like three weeks.

Trud włożony w zrozumienie tej prawdy pomoże nam uniknąć wielu rozczarowań. Pamiętajmy o tym pisząc nasze, nawet takie proste jak omawiany tutaj, programy.

Literatura

[1] W.M. Turski: Propedeutyka informatyki, PWN, Warszawa, 1989.
[2] N. Wirth: Algorytmy + struktury danych = programy, WNT, Warszawa, 1989.
[3] Ś. Ząbek, Elementy programowania komputerów, UMCS, 1994.
[4] G. Michael Schneider, Steven W. Weingart, David M. Perlman, *Programming and problem solving with Pascal*, John Wiley & Sons, New York, 1982.
[5] Cormen, Leiserson, Rivest, Wprowadzenie do algorytmów, WNT, Warszawa, 1997.
[6] D. E. Knuth, Algorithms, Sci. Am. **236** 63–80, (1977).
[7] D.E. Knuth, Mathematics and computer science: coping with finiteness, Science, **194**, 1235–1242 (1976).
[8] M. Davis, Czym jest obliczanie, w zbiorze "Matematyka współczesna, 12 esejów", red. Lynn Artur Steen, WNT, Warszawa, 1983.
[9] J. Bielecki, Turbo Pascal, WKŁ, Warszawa, 1989.
[10] R.K. Kott, Programowanie w języku Pascal, WNT, Warszawa.
[11] Lo, Y.M.D., Jui, K.F.C., Wong, S.L. Letter. Science 268.28 (April 1995):481.
[12] M. Sysło, "Trylogia", Warszawa, 1997.
[13] Robert Ligonniére, Prehistoria i historia komputerów, Ossolineum, Wrocław, 1992.
[14] Czasopisma komputerowe