# Zadania z Języka C dla grup 7. i 9.

**Zestaw VI** - styczeń 2016 (c.d.)

19. **Generator Boxa-Mullera.** W wielu sytuacjach, np. kiedy próbujemy modelować komputerowo różne procedury pomiarowe, pojawia się potrzeba generowania liczb pseudolosowych o rozkładzie Gaussa (tzw. rozkładzie normalnym). Punktem wyjścia jest tutaj generator o wartości oczekiwanej 0 i wariancji 1, dla którego gęstość prawdopodobieństwa dana jest wzorem:

$$N(0,1;x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-x^2/2\right).$$

Następnie, stosując proste przeskalowanie $x' = \sigma x + \mu$ można otrzymać $x'$ podlegające rozkładowi Gaussa o dowolnie wybranej wartości oczekiwanej $\mu$ i wariancji $\sigma^2$, zwykle oznaczanemu symbolem $N(\mu, \sigma^2; x)$.

Jeśli założyć, że mamy dany generator liczb losowych o rozkładnie równomiernym na przedziale $(0, 1)$, to liczby losowe o rozkładzie zbliżonym do $N(0, 1; x)$ możemy otrzymywać na dwa (najczęściej spotykane) sposoby:

a) Wygenerować 12 liczb losowych $0 < x < 1$, dodać je, a sumę pomniejszyć o 6.

b) Wygenerować 2 liczby losowe $x$ i $y$, a następnie zastosować transformację Boxa-Mullera

$$u = \sqrt{-2\ln x} \cdot \cos(2\pi y), \qquad v = \sqrt{-2\ln x} \cdot \sin(2\pi y),$$

w wyniku której otrzymujemy liczby $u$ i $v$ podlegające rozkładowi $N(0, 1; x)$.

Na pierwszy rzut oka wydaje się, że drugi sposób jest bardziej efektywny, ze względu na konieczność generowanie tylko 2 wyjściowych liczb losowych. Tak jednak być nie musi, gdyż obliczanie logarytmu i funkcji trygonometrycznych jest dość czasochłonne. Proszę napisać osobne funkcje stosujące te dwie metody, jak również programy, które pozwolą porównać rzeczywiste czasy generacji np. $10^6$ liczb losowych o rozkładzie Gaussa.

Generację ciągu liczb metodą Boxa-Mullera można nieco przyspieszyć, stosując w odpowiedniej funkcji *zmienne statyczne*. Dla przykładu, w funkcji

```
void moja_funkcja(...)
{
   static int n=0;

   n++;
   ...
}
```

zmienna `n` pozwala ustalić, z którym kolejnym wywołaniem funkcji mamy do czynienia. W przypadku funkcji generującej liczby losowe metodą Boxa-Mullera, można zadbać o to, aby przy *nieparzystym* wywołaniu była wykonywana cała procedura począwszy od losowania liczb $x$ i $y$ a skończywszy na zwróceniu $u$ jako liczby wylosowanej, zaś przy wywołaniu *parzystym* po prostu zwracana była wartość $v$ (zapamiętana wcześniej w innej zmiennej statycznej). To samo można oczywiście osiągnąć za pomocą zmiennych globalnych, jednak mechanizm zmiennych statycznych jest zdecydowanie bardziej elegancki, a w praktyce pozwala uniknąć trudnych do wykrycia błędów w bardziej skomplikowanych programach. (W istocie, zmienne statyczne to takie *ukryte* zmienne globalne, widoczne tylko w bloku, w którym zostały zadeklarowane.)

20. **Rozkład Wignera.** Napisać możliwie najbardziej efektywny generator liczb losowych o tzw. rozkładzie Wignera, dla którego gęstość prawdopodobieństwa dana jest wzorem:

$$P(x) = \frac{\pi}{2} x \exp(-\pi x^2/4).$$

Po wylosowaniu ok. $10^6$ liczb stworzyć histogram rozkładu i prostą wizualizację wyników np. w programie `gnuplot`.

*Wskazówka:* Rozkładowi takiemu podlega np. promień wodzący punktu na płaszczyźnie $r = \sqrt{u^2 + v^2}$, jeżeli $u$ i $v$ podlegają rozkładowi Gaussa.