

Esercitazione Numeri Pseudo- Random

Matteo Duranti

matteo.duranti@pg.infn.it

Esercitazione

- Realizzare una *classe* C++ che faccia da *interfaccia* a diversi algoritmi di generazione di numeri pseudo-random:
 - si possa settare la *seed*;
 - si possa scegliere l'algoritmo;
 - si possa ottenere un numero random generato con l'algoritmo scelto;
- Implementare (ed inserire nell'interfaccia) i seguenti algoritmi:
 - LCG;
 - Generatore a 16 bit semplice;
 - TRandom (quale/i volete) di ROOT (solo "accesso")
- Implementare la generazione di numeri distribuiti secondo un'esponenziale (τ arbitrario) e secondo una gaussiana (μ e σ arbitrarie)
- Realizzare un programma che utilizzi l'interfaccia realizzata per:
 - profilare in tempo i vari generatori;
 - verificare la periodicità di LCG e generatore 16 bit;
 - verificare l'effetto Marsaglia per un LCG con modulo 2 (si vede anche senza plot)
- [facoltativo] Verificare l'effetto Marsaglia per un LCG con modulo "grande", facendo il plot

Numeri pseudo-random

Generatore di una sequenza pseudo-random a 16 bit:

```
unsigned int random; // Variabile globale in cui è memorizzato il numero casuale
(16bit)

void randomNext(void) {
    // Aggiorna sequenza random
    // Algoritmo Polinomiale:
    // +> b0 b1 b2 b3 b4 b5 b6 b7 b8 b9 b10 b11 b12 b13 b14 b15
    // |   |   |   |   |
    // -----+---+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
    // carry = b1^b2^b4^b15
    // Pn+1=(Pn<<1)|carry
    unsigned short int randomtmp; // Accumulo le operazioni ex-OR
    if (random==0) random++; // N.B. : il seed dovrebbe essere != 0
    randomtmp=0;
    if ((unsigned short int)random&0x02) randomtmp=1;
    if ((unsigned short int)random&0x04) randomtmp^=1;
    if ((unsigned short int)random&0x10) randomtmp^=1;
    if ((unsigned short int)random&0x8000) randomtmp^=1;
    random = (unsigned short int)((random<<1)|randomtmp);
}
```

Generatore Lineare Congruente (Linear Congruent Generators, LCG)

La sequenza è definita da: $x_{n+1} = (\lambda x_n + \mu) \bmod m$
cioè x_{n+1} è il resto della divisione per m di: $(\lambda x_n + \mu)$

x_0 ($0 \leq x_0 < m$) è il valore di partenza o **seed**

λ ($0 < \lambda < m$) è il **moltiplicatore**

μ ($0 \leq \mu < m$) è l'**incremento**

m ($m > 0$) è il **modulo**

→ la lunghezza della sequenza (i.e. la periodicità) è m , per tutte le seed, solo se le λ e la μ sono scelti accuratamente:

- μ e m sono co-primi (massimo comun divisore è 1)
- $\lambda - 1$ è divisibile per tutti i fattori primi di m
- $\lambda - 1$ è divisibile per 4 se m è divisibile per 4

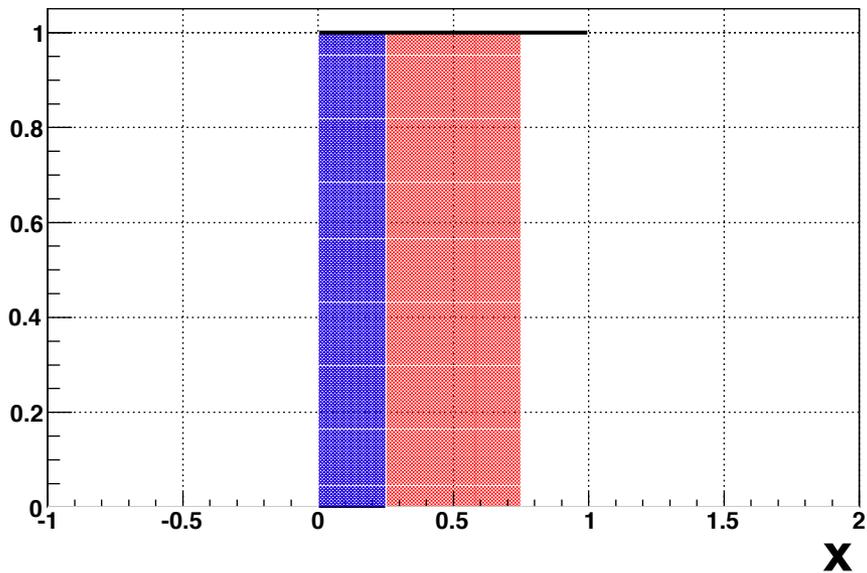
$$x_0 = 1; \lambda = 9; \mu = 3; m = 32$$

Utilizzare come modulo una potenza del 2 produce un LCG computazionalmente molto efficiente: i bit più significativi non vengono nemmeno calcolati (scrivendo il codice nel giusto modo...)

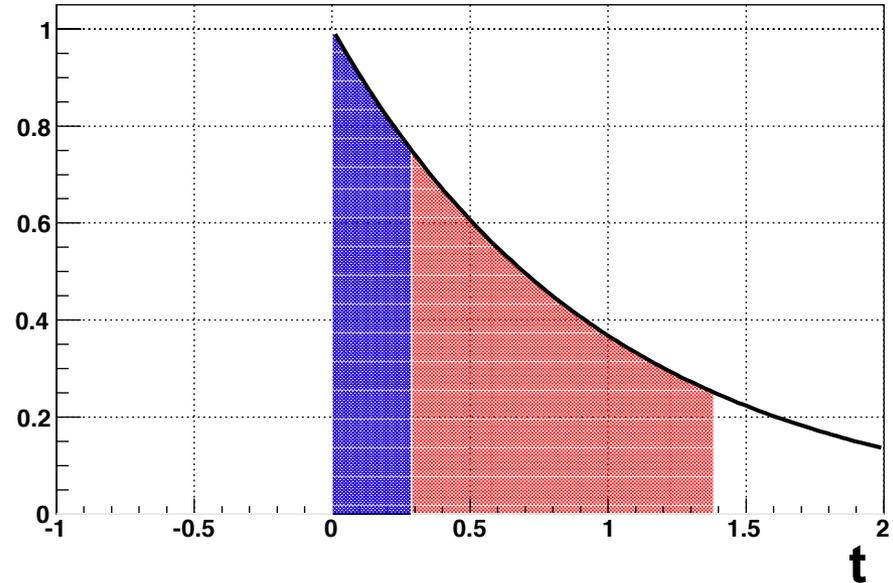
Metodo di inversione

L'idea è quella di "rimappare" la distribuzione uniforme generata in quella desiderata:

Uniform Distribution



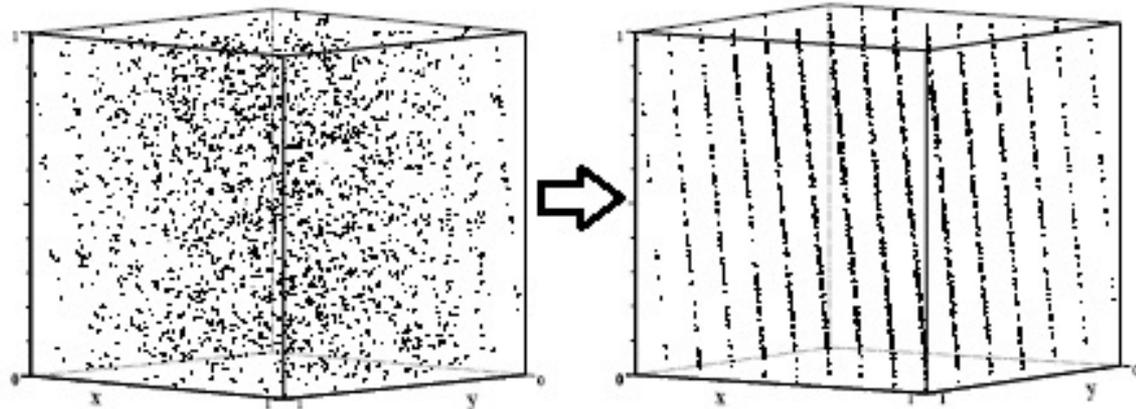
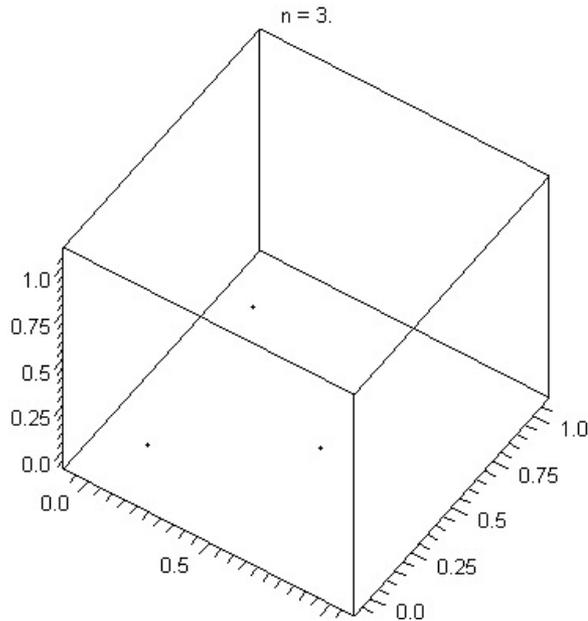
Exponential Distribution



- la zona **blu** contiene il 25% dell'integrale delle due funzioni;
- la zona **rossa** il 75%

Problemi dei generatori congruenti (Marsaglia effect)

Se un generatore è utilizzato per produrre numeri pseudo-random in uno spazio a d dimensioni, questi giaceranno su, al massimo, $(d! m)^{1/d}$ iperpiani (teorema di Marsaglia)



- di fatto i numeri sono generati con dei pattern specifici;
- l'effetto può essere mitigato usando un modulo, m , molto grande;