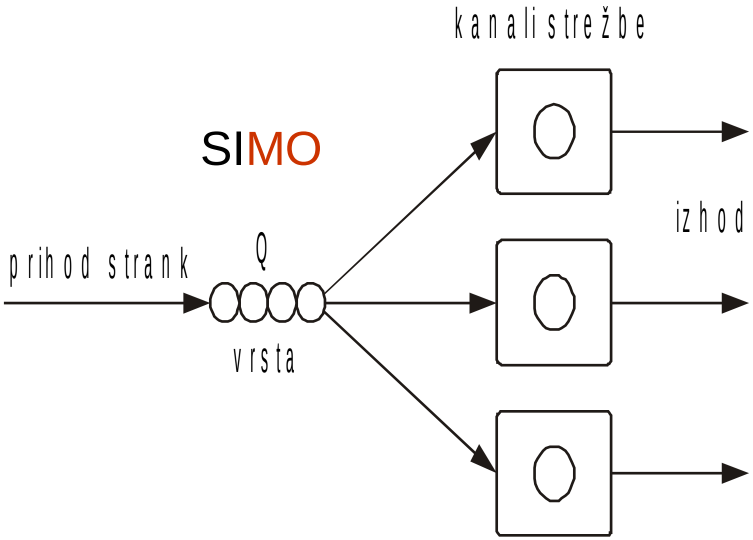
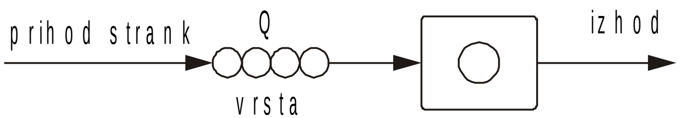
# TIPI STREŽBE IN VRST

a) navadni sistem strežbe



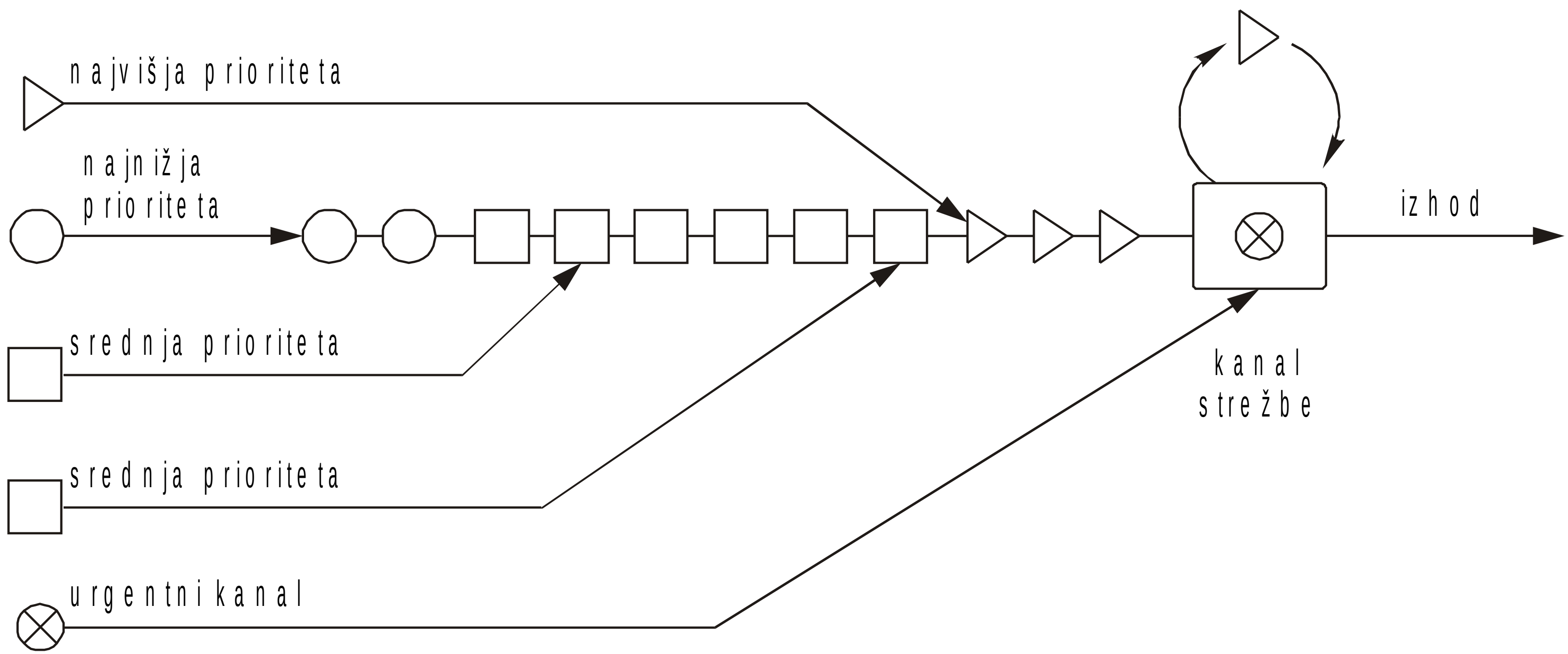

**Enostavni sistem strežbe**

SISO



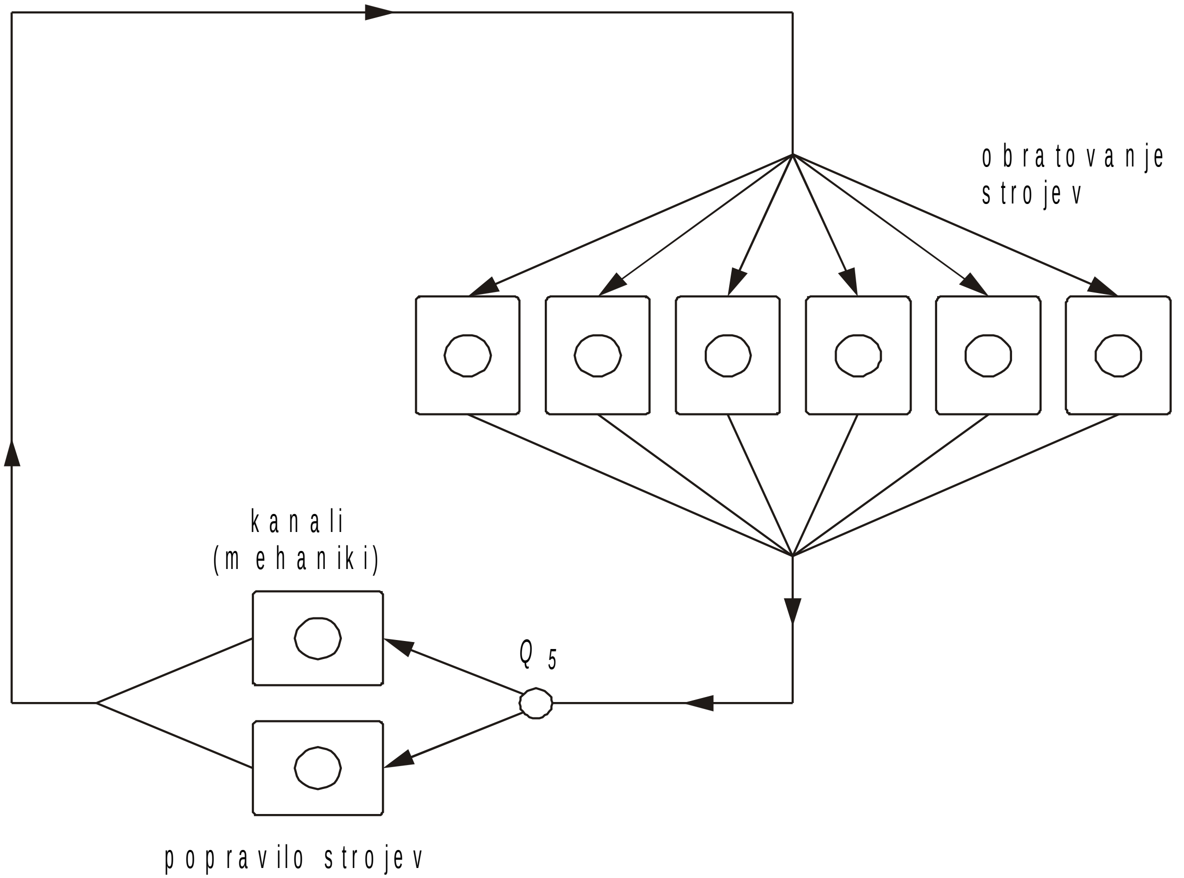

**Ena vrsta, eno strežno mesto**

# TIPI STREŽBE IN VRST



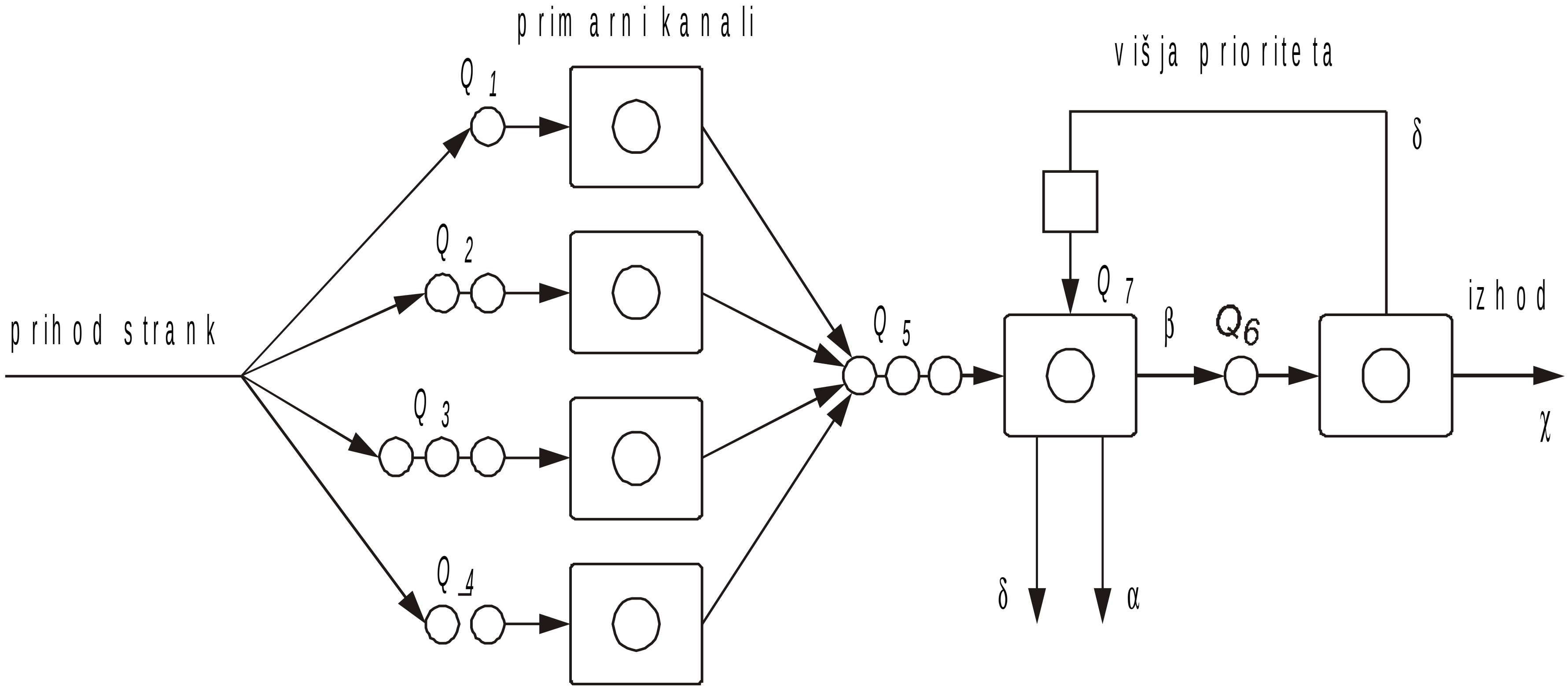

**Strežba strank s prioriteto**

# TIPI STREŽBE IN VRST




**Zaprti sistem strežbe**

# TIPI STREŽBE IN VRST




**Večkanalni sistem strežbe**

# OSNOVNE ZNAČILNOSTI STREŽBE

Osnovne karakteristike sistemov množične strežbe so:

- porazdelitev časov prihodov strank
- porazdelitev časov strežbe
- število strežnih mest
- kapaciteta sistema strežbe
- disciplina vrste
- število stopenj strežbe

Simbolična oznaka sistema strežbe je **A/B/X/Y/Z**
Kjer pomenijo oznake naslednje:
A – porazdelitev časov prihodov strank (transakcij)
B – porazdelitev časov strežbe strank
X – število paralelnih strežnih mest
Y – omejitve kapacitete strežbe
Z – disciplina vrste

# OZNAKE OSNOVNIH ZNAČILNOSTI SISTEMOV STREŽBE

| Karakteristika | Oznaka | Pomen oznake |
|---|---|---|
| porazdelitev časov prihodov (A) | D | deterministična |
| | M | eksponentna |
| | $E_k$ | Erlangova vrste *k, (k=1, 2, …)* |
| | GI | splošna, neodvisna |
| distribucija časov strežbe (B) | D | deterministična |
| | M | eksponentna |
| | $E_k$ | Erlangova vrste *k* |
| | G | splošna |
| število strežnih mest (X) | 1, 2, … | |
| kapaciteta sistema strežbe (Y) | 1, 2, … | |
| disciplina vrste (Z) | FIFO | prvi prispe, prvi postrežen |
| | LIFO | zadnji prispe, prvi postrežen |
| | SIRO | naključni vrstni red strežbe |
| | PRI | strežba glede na prioritete |
| | GD | splošni vrstni red |

# OZNAKE OSNOVNIH ZNAČILNOSTI SISTEMOV STREŽBE

Primer: **M/D/1/5/PRI**

Sistem strežbe opredeljuje **eksponentni** čas prihoda strank, **determinističen** čas strežbe z **enim** strežnim mestom s skupno kapaciteto **pet** ter **prioritetnim** načinom strežbe.

Parametri, ki določajo lastnost strežnega kanala
*L* – povprečno število strank (transakcij) v sistemu
*Lq* – povprečno število strank (transakcij) v vrsti
*W* – povprečen čas, ki ga transakcija prebije v sistemu
*Wq* – povprečen čas, ki ga transakcija prebije v vrsti

# RELACIJE MED KOLIČINAMI, KI OPREDELJUJEJO USPEŠNOST STREŽBE

| Relacija | Področje uporabe |
| --- | --- |
| $W = W_q + \frac{1}{\mu}$ | splošno |
| $W = \frac{L}{\lambda}$ | Little-ove formule (splošne) |
| $W = \frac{L_q}{\lambda}$ | |
| $L = L_q + (1 - p_0)$ | za enokanalne sisteme |
| $L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$ | za vse sisteme kjer veljajo Little-ove formule |
| $p(0) = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$ | za enokanalne sistem za katere veljajo Little-ove formule |
| $W_q = \frac{L}{\mu}$ | za vse sisteme M/M/1 |

# RELACIJE MED KOLIČINAMI,
# KI OPREDELJUJEJO USPEŠNOST STREŽBE

parametri:
$\lambda$ ~ hitrost prihoda transakcij (transakcije/enota časa)
$\mu$ ~ hitrost strežbe ~ (transakcije/enota časa) primer za en strežnik
$\mu'$ ~ m*$\mu$ ~ za več-mestno strežbo

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ ~ faktor izkoriščenosti sistema, v primeru, da je $\rho > 1$ je sistem obremenjen

*P(t)* ~ verjetnost, da je čas strežbe > *t*
$P_q(t)$ ~ verjetnost, da je čas čakanja v vrsti do pričetka strežbe > t

# DISKRETNA SIMULACIJA

Poudarek je na dogodkih, ki vplivajo na sistem.

Dogodki lahko:

- povzročijo spremembo vrednosti neke spremenljivke sistema
- sprožijo ali prekinejo sistemsko spremenljivko
- aktivirajo ali prekinejo določen proces

# DISKRETNA SIMULACIJA

Diskretne dogodke lahko obravnavamo z dveh vidikov:

- Pri elementarni orientiranosti (particle oriented) predstavljajo izhodišče za simulacijsko analizo elementi sistema.

- Pri dogodkovni orientiranosti (event oriented) predstavljajo izhodišče za simulacijsko analizo dogodki, ki nastopajo pri procesu obravnavanega sistema.

# DISKRETNA SIMULACIJA
## Predstavitev časa

Pri simulaciji diskretnih sistemov predstavimo čas z interno simulacijsko uro $t_z = 0$

Razmerje med simulacijskim časom in realnim časom je odvisno od narave obravnavanega sistema.

**Generiranje časov prihodov elementov** (transakcij) je odvisno od sistemskih pogojev.

# DISKRETNA SIMULACIJA

## Čakalne vrste

Načini oblikovanja vrst (queuing disciplines)

Osnovni pojmi so:
1. Zaporedje prihajanja elementov (transakcij) (arrival patterns).
2. Obdelava sistemskih elementov (transakcij) (service process).
3. Načini oblikovanja vrst (queuing disciplines)

# DISKRETNA SIMULACIJA

Obdelavo (strežbo servis) sistemskih elementov (transakcij) opisujemo s časom obdelave (časom servisa) (service time) in s kapaciteto obdelave (kapaciteto strežnega mesta, servisno kapaciteto).

**Čas obdelave** (čas strežbe, servisa) je čas potreben za obdelavo (čas strežbe, servis) posameznega sistemskega elementa (transakcije, dinamične entitete).

**Kapaciteta obdelave** (kapaciteta strežnega mesta servisa) predstavlja število sistemskih elementov (transakcij), ki jih lahko obdelujemo istočasno.

**Pri modeliranju sistema moramo podati verjetnostne porazdelitve časov med prihodi posameznih elementov (transakcij) in časov obdelave (strežbe).**

# DISKRETNA SIMULACIJA

## Disciplina vrste

- pravilo: FIFO (Prvi-Noter, Prvi-Ven, First-In, First-Out)
- pravilo: LIFO (Zadnji-Noter, Prvi-Ven, Last-In, First-Out)
- pravilo: naključno

# DISKRETNA SIMULACIJA

## Porazdelitev časov med prihodi

Prihode posameznih elementov (transakcij) v sistem običajno opišemo s časi med prihodi. V realnih sistemih srečamo neomejeno število različnih porazdelitev prihodov. S teoretičnimi porazdelitvami opišemo realne porazdelitve. Pri tem gre seveda le za bolj ali manj posrečen približek dejanskih porazdelitev. Najpogostejše teoretične porazdelitve, ki se uporabljajo pri simulacijah so:

-enakomerna porazdelitev
-eksponentna porazdelitev
-normalna porazdelitev
-Erlangova porazdelitev

Za opisovanje prihodov elementov (transakcij, strank) v sistem uporabljamo dva parametra:

$\lambda = \frac{1}{T_a}$ … časovni interval med dvema zaporednima prihodoma

$T_a$ … hitrost prihodov

# DISKRETNA SIMULACIJA

## Poissonova porazdelitev

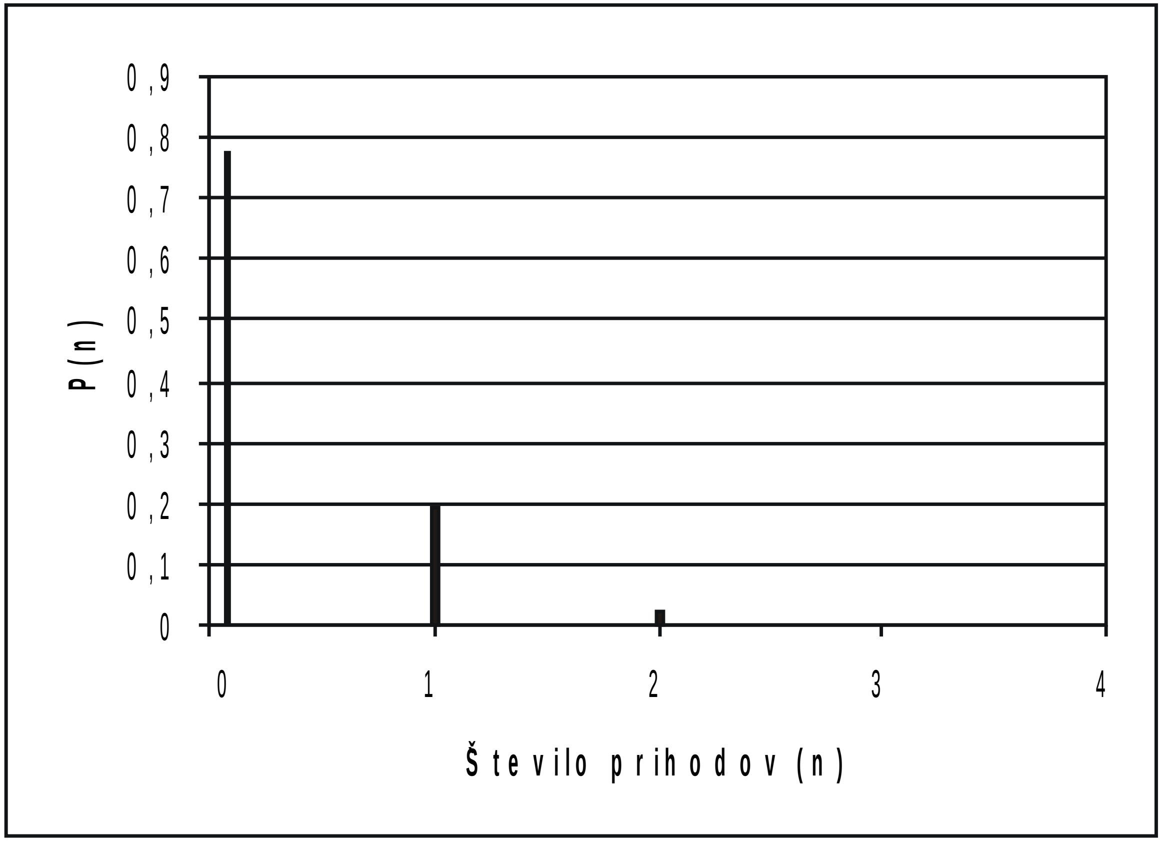
Verjetnost, da je čas od izhodišča do prvega popolnoma naključnega prihoda (Poissonov proces) enak $t$, (vrednost med $t$ in $t+dt$) je podana z eksponentnim zakonom. Gostota verjetnosti je podana s funkcijo:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad ; \; t \geq 0 \; ,$$

ki predstavlja eksponentno distribucijo.
Porazdelitev števila prihodov znotraj konstantnega časovnega intervala je podana s Poissonovo porazdelitvijo:

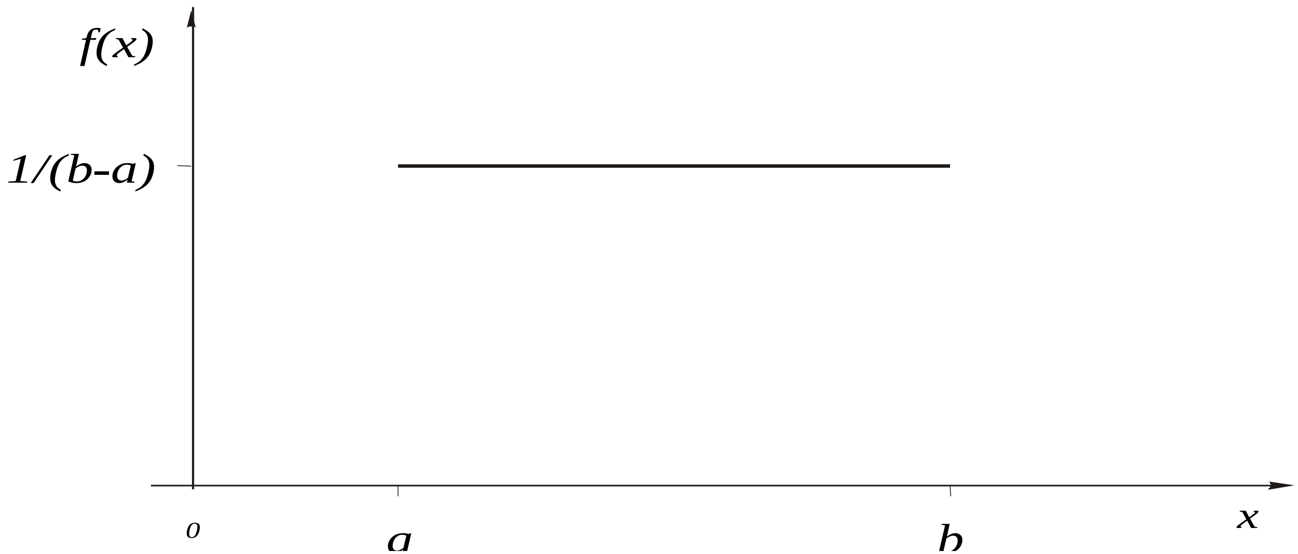
$$P(n) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \quad ; \quad n = 1,2,3,\ldots$$

# Poissonova porazdelitev za λ=0,25



# DISKRETNA SIMULACIJA

## Generiranje naključnih števil




**Enakomerna porazdelitev**

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0 & drugje \end{cases}$$

Uporaba naključnih števil enakomerne porazdelitve je osnova za oblikovanje drugih analitičnih in numerično podanih (empiričnih) porazdelitev.

# DISKRETNA SIMULACIJA

## Psevdo naključni generator števil

(Deterministični postopek z katerim skušamo generirati stohastični proces)

$X(I+1)= A * X(I) \text{ Mod } M$

$M=2^n+1$ ; $I = 0,1,2...$

Primer za 5 bitno računanje:

Začetni pogoji: $A=13$ ; $X(0)=15$ ; priporočljivo je, da je $A = 2^{n/2} \pm 5$

$X(1)=15$

$X(2)=15 * 13 \text{ Mod } 31 = 9$

$X(3)=9 * 13 \text{ Mod } 31 = 24$

...

# DISKRETNA SIMULACIJA
## Test frekvence

Preden uporabimo generator naključnih števil moramo preveriti njihovo dejansko naključnost in enakomernost distribucije. Od kvalitete generatorja so odvisni rezultati simulacijskih eksperimentov.

Predpostavimo, da imamo *n* dvomestnih decimalnih števil iz intervala (0,1). Razdelimo interval na k pod intervalov, npr. *k*=10; (0, 0,1), (0,1, 0,2), (0,2, 0,3), (0,3, 0,4), (0,4, 0,5), (0,5, 0,6), (0,6, 0,7), (0,7, 0,8), (0,8, 0,9), (0,9, 1).

Nato izvedemo $\chi^2$ test: $$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k}(O(i)-E(i))^2}{E(i)}$$ s stopnjo prostosti: *k-1*.

Kjer je:
*O(i)* – število, ki pove, kolikokrat je naključno število padlo v *i*-ti interval

$E(i)$ – pričakovanje, da bo naključno število padlo v i-ti interval; $E(i) = n/k$

# DISKRETNA SIMULACIJA

## Inverzna metoda

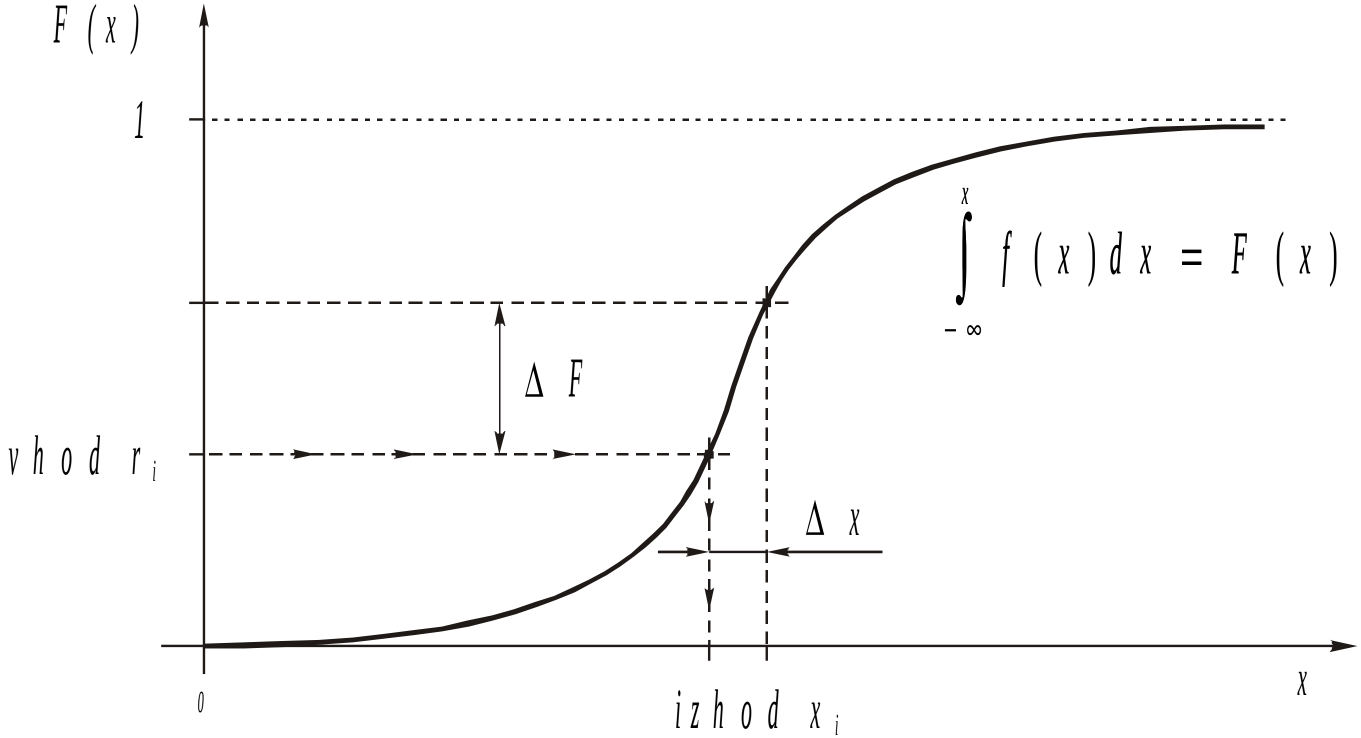
Podana je gostota verjetnostne porazdelitve kot funkcija *f(x)*.
Kumulativna funkcija:

$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} f(x)dx$$

je naraščajoča na intervalu (0, 1). Podana je sekvenca enakomerno porazdeljenih števil $r_i \in (0, 1)$. Vsaki vrednosti $r_i \in (0, 1)$ je prirejena vrednost funkcije *F(x)*. Tako je ustrezen $x_i$ določen.

# DISKRETNA SIMULACIJA

## Grafična ponazoritev inverzne metode




$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta F}{\Delta X} = f(x)$$

# DISKRETNA SIMULACIJA

## Inverzna metoda : primer

$$f(x) = \begin{cases} 2(1-x) & 0 \le x \le 1 \\ 0 & drugje \end{cases}$$

Za podano funkcijo *f(x)* poišči generator naključnih števil.

Kumulativna funkcija:

$$F(x) = \int_0^x 2(1-x)dx = 2(x - \frac{x^2}{2})$$

$$r_i = F(x) = 2(x - \frac{x^2}{2})$$

$$x_i = 1 - (1 - r_i)^{\frac{1}{2}}$$

V primeru, da je $r_i$ naključno število po enakomerni porazdelitvi so $x_i$ števila porazdelitve podane s funkcijo *f(x)*.

# DISKRETNA SIMULACIJA

## Eksponentna funkcija

Gostota verjetnostne porazdelitve je podana kot:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

Kumulativna funkcija:

$$y = \int_{-\infty}^{t} f(t)dt = 1 - e^{-\lambda t} \qquad / \ln$$

$$\lambda t = -\ln(1 - y)$$

V primeru, da vstavimo namesto *y* naključno število $r_i$,, dobimo:

$$t = \frac{-\ln(r_i)}{\lambda} = -T_a \ln(r_i)$$

Pri tem smo upoštevali sledeče: v primeru, da je *1-*$r_i$ naključno število, potem je tudi $r_i$ naključno število.

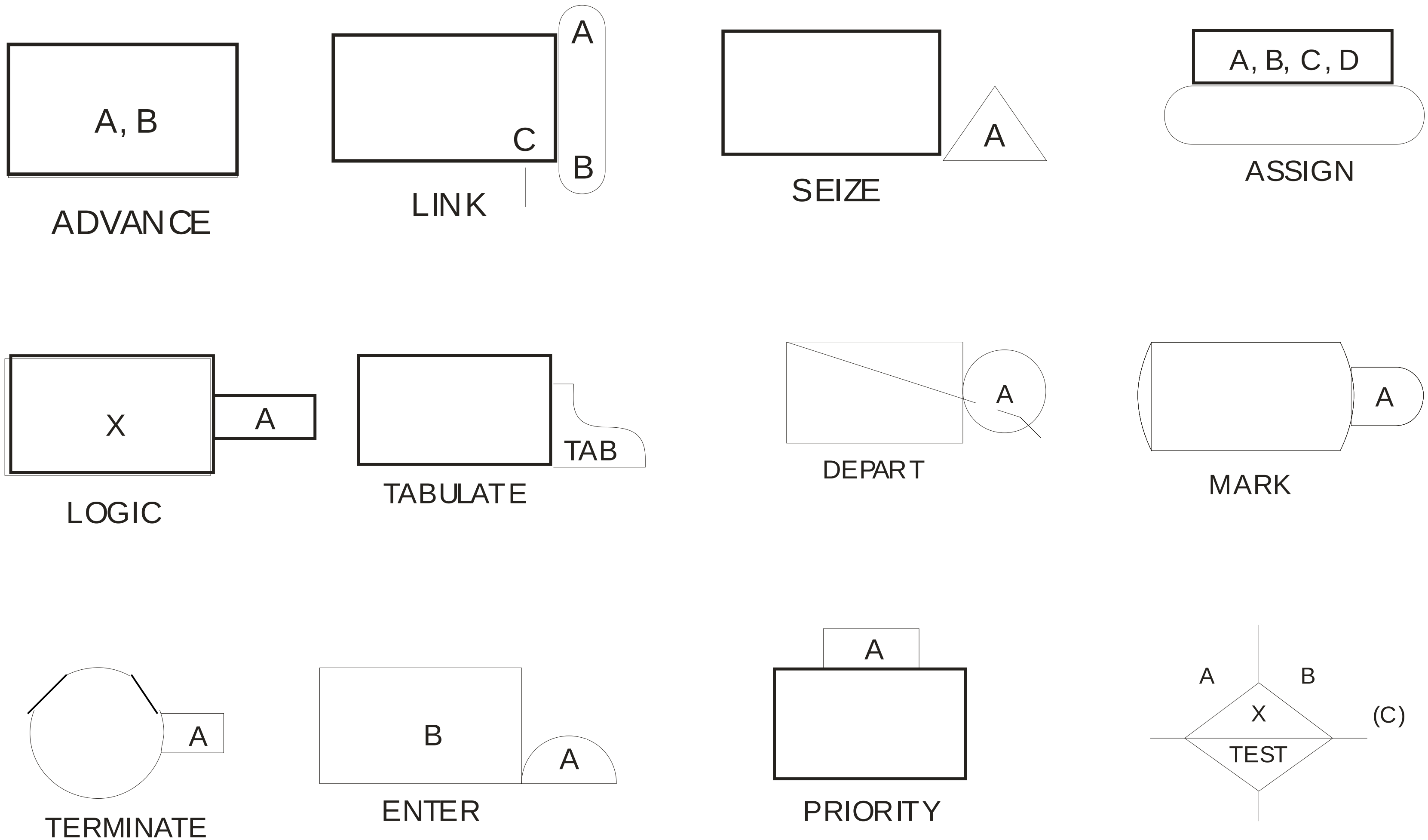
# DISKRETNA SIMULACIJA

## Eksponentna funkcija

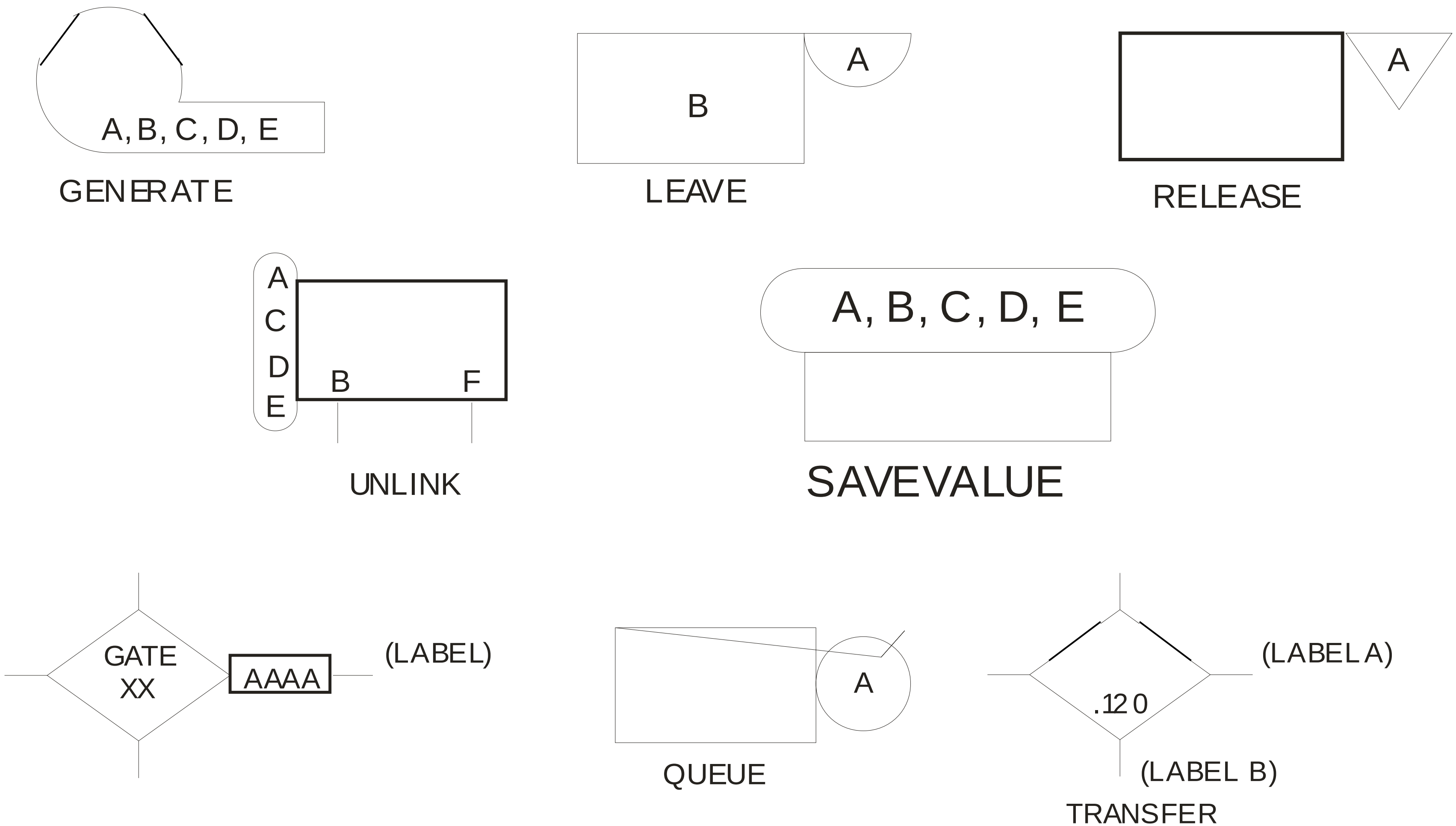
Eksponentno porazdelitev števil dobimo torej tako, da logaritem z osnovo dve enakomerno porazdeljenih naključnih števil pomnožimo s povprečnim časom *Ta*.

Za ostale distribucije inverzna metoda ni uspešna, saj ne poznamo analitičnega izraza za kumulativno funkcijo. V takšnih primerih uporabimo numerični približek funkcije.

# Standardni bloki v GPSS-ju I/II



# Standardni bloki v GPSS-ju II/II



# Standardni numerični atributi SNA

Tip SNA označimo z eno ali dvema črkama in s številom. PR: TABLE <u>M1</u>

Poljuben SNA uporabljamo s kratico TABULATE za zbiranje statistike.

Aritmetične operacije +, -, /, *, @,...

PRIMER:

5 VARIABLE S6+5*(Q12+Q17)

# Lista SNA v GPSS I/II

C1- trenutna vrednost urnega časa

M1- prehodni čas transakcije

CH*n* – štev. trans. in verigi *n*

F*n*- trenutno stanje *Facility n*

FN*n*- vrednost funkcije *n*

K*n*- *integer n*

N*n*- celotno št. tran., ki so vstopile v blok *n*

P*n*- param. št. *n* transakcije

Q*n*- dolžina repa *n*

# Lista SNA v GPSS II/II

R*n*- prostor, ki je v *STORAGE n*

RN*n*- naključni generator n=1,2,...

S*n*- tekoča zasedenost *storage n*

V*n*- vrednost sprem. št. *n*

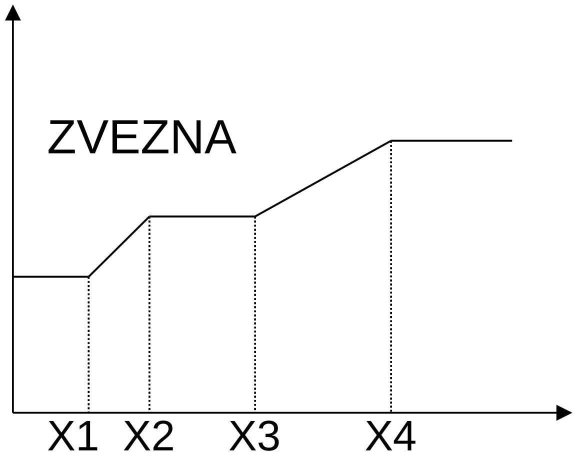
W*n*- štev. trans. v bloku *n* (tekoča)

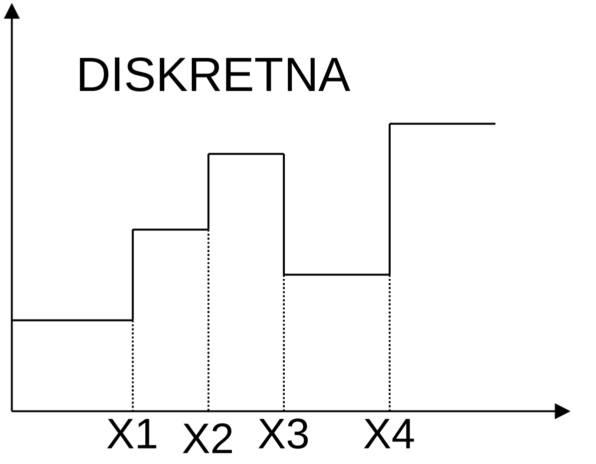
X*n*- shranjena vrednost na lokaciji *n*

# Tip blokov v GPSS-ju

| Operation | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ADVANCE | Mean | Modifier | | | | |
| ASSIGN | Param. No. (±) | Source | | | | |
| DEPART | Queue No. | (Units) | | | | |
| ENTER | Storage No. | (Units) | | | | |
| GATE | Item No. | (Next block B) | | | | |
| GENERATE | Mean | Modifier | (Offset) | (Count) | (Priority) | (Params.) |
| LEAVE | Storage No. | (Units) | | | | |
| LINK | Chain No. | Order | (Next block B) | | | |
| LOGIC $\left\{ \begin{matrix} R \\ S \\ I \end{matrix} \right\}$ | Switch No. | | | | | |
| MARK | (Param. No.) | | | | | |
| PRIORITY | Priority | | | | | |
| QUEUE | Queue No. | (Units) | | | | |
| RELEASE | Facility No. | | | | | |
| SAVEVALUE | S.V. No. (±) | SNA | | | | |
| SEIZE | Facility No. | | | | | |
| TABULATE | Table No. | (Units) | | | | |
| TERMINATE | (Units) | | | | | |
| TEST | Arg. 1 | Arg. 2 | (Next block B) | | | |
| TRANSFER | Select. Factor | Next block A | Next block B | | | |
| UNLINK | Chain No. | Next block A | Counter | (param. No.) | (Arg.) | (Next block B) |

# Funkcije




*n* FUNCTION RN1, C12

X1,Y1/X2,Y2/X3,Y3/... X12,Y12

*m* FUNCTION RN7,D5

X1,Y1/X2,Y2/... X5,Y5

Podatkovna kartica začne v koloni 1 do 71.

# Prenosni način v GPSS

| NAČIN | Polje A | Polje B | Polje C |
|---|---|---|---|
| nepogojni | , | nasl. blok MN | |
| naključni | .xy | nasl. blok MN | nasl. blok BM |
| pogojni | BOTH | nasl. blok. A | nasl. bl. A |
| parametrski | P | param. št | |
| funkcijski | FN | funk. št. | param. št. |

PRIMER:

```
ASSIGN 1,FN3
TRANSFER P,1
```

# Generiranje dolžine telefoniranja

Del tabele naključnih števil

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 66065 | 74717 | 34072 | 76850 | 36697 | 36170 | 65813 | 39885 | 11199 | 29170 |
| 31060 | 10805 | 45571 | 82406 | 35303 | 42614 | 86799 | 07439 | 23403 | 09732 |
| 85269 | 77602 | 02051 | 65692 | 68665 | 74818 | 73053 | 85247 | 18623 | 88579 |
| 63573 | 32135 | 05325 | 47048 | 90553 | 57548 | 28468 | 28709 | 83491 | 25624 |
| 73796 | 45753 | 03529 | 64778 | 35808 | 34383 | 60935 | 20344 | 35273 | 88435 |

# Generiranje dolžine telefoniranja

$$x_j = x_i + a_j \left( r_j - y_i \right)$$

$$a_i = \frac{x_{i+1} - x_i}{y_{i+1} + y_i}$$

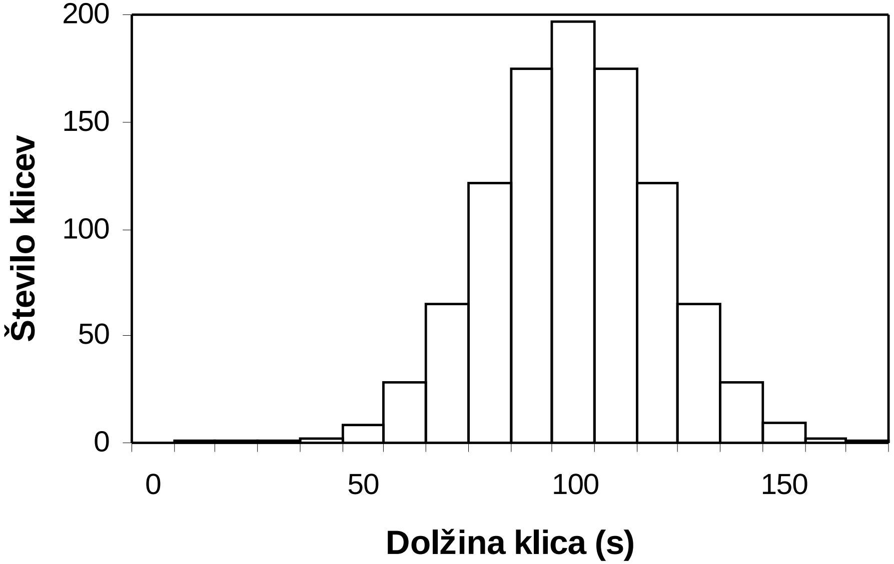
| $r_j$ | $x_j$ |
|---|---|
| 0.1009 | 69.23 |
| 0.3754 | 88.48 |
| 0.0842 | 66.65 |
| 0.9901 | 142.33 |
| 0.1280 | 71.82 |

| $y_i$ | $x_i$ | $a_i$ |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 10,000.00 |
| 0.001 | 10 | 10,000.00 |
| 0.002 | 20 | 10,000.00 |
| 0.002 | 30 | 5,000.00 |
| 0.005 | 40 | 1,250.00 |
| 0.013 | 50 | 357.14 |
| 0.041 | 60 | 153.85 |
| 0.106 | 70 | 82.64 |
| 0.227 | 80 | 57.14 |
| 0.402 | 90 | 50.76 |
| 0.599 | 100 | 57.14 |
| 0.774 | 110 | 82.64 |
| 0.895 | 120 | 153.85 |
| 0.960 | 130 | 357.14 |
| 0.988 | 140 | 1,111.11 |
| 0.997 | 150 | 5,000.00 |
| 0.999 | 160 | 10,000.00 |
| 1.000 | 170 | ------------ |

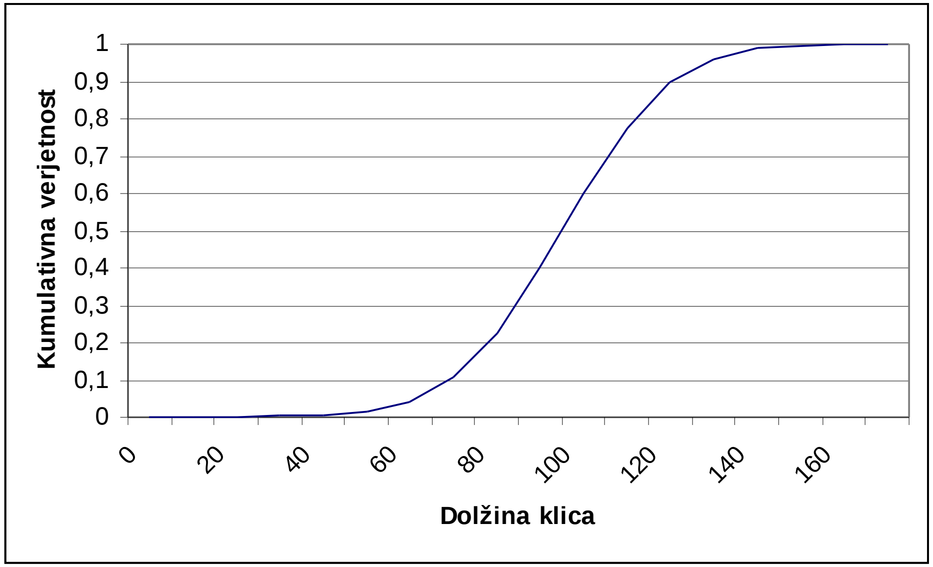
# Razporeditev dolžine telefoniranja (Gordon, 1969)

| Dolžina klica (s) | Število klicev | Relativna frekvenca | Kumulativna distribucija |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1 | 0.001 | 0.001 |
| 20 | 1 | 0.001 | 0.002 |
| 30 | 1 | 0.001 | 0.003 |
| 40 | 2 | 0.002 | 0.005 |
| 50 | 8 | 0.008 | 0.013 |
| 60 | 28 | 0.028 | 0.041 |
| 70 | 65 | 0.065 | 0.106 |
| 80 | 121 | 0.121 | 0.227 |
| 90 | 175 | 0.175 | 0.402 |
| 100 | 197 | 0.197 | 0.599 |
| 110 | 175 | 0.175 | 0.774 |
| 120 | 121 | 0.121 | 0.895 |
| 130 | 65 | 0.065 | 0.960 |
| 140 | 28 | 0.028 | 0.988 |
| 150 | 9 | 0.009 | 0.997 |
| 160 | 2 | 0.002 | 0.999 |
| 170 | 1 | 0.001 | 1.000 |

# Razporeditev klicev




Razporeditev časov dolžine telefonskih klicev




Kumulativna funkcija distribucije