



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta mechatroniky, informatiky  
a mezioborových studií ■

# Vytvoření výukové aplikace řešící blokové diagramy bezporuchovosti (RBD)

## Ročníkový projekt

*Studijní program:* B2646 – Informační technologie  
*Studijní obor:* 1802R007 – Informační technologie  
*Autor práce:* **Jan Špecián**  
*Vedoucí práce:* Ing. Josef Chudoba, Ph.D.



Tento list nahradte  
originálem zadání.

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na můj ročníkový projekt se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasaahuje do mých autorských práv užitím mého ročníkového projektu pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li ročníkový projekt nebo poskytnu-li licenci k jeho využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Ročníkový projekt jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mého ročníkového projektu a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS STAG se shodují.

7. 5. 2019

Jan Špecián

# Vytvoření výukové aplikace řešící blokové diagramy bezporuchovosti (RBD)

## Abstrakt

Práce je zaměřena na tvorbu desktopové aplikace v .NET Frameworku pro tvorbu RBD diagramů a s tím spojených výpočtů a vizualizací. Výsledná aplikace by měla být schopna dle uživatelem zadaného schématu funkčních bloků s definovanými parametry spočítat pravděpodobnost bezporuchového provozu, že výrobek se do času  $t$  nedostane do poruchového stavu.

**Klíčová slova:** Reliability block diagram, Pravděpodobnost poruchy, Intenzita poruch

## Abstract

The work is focused on creating a desktop application in .NET Framework for creating RBD diagrams and related calculations and visualizations. Software application as result of the work should be able to follow a user-defined function block diagram with predefined parameters and should be able to calculate the probability of non failure operationability of the product or system.

**Keywords:** Reliability block diagram, Probability of failure, Reliability engineering

## Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Ing. Josef Chudobovi, Ph.D. za věnovaný čas v konzultacích a odborné vedení plné trpělivosti a s tím spojené nabyté zkušenosti.

# Obsah

Seznam zkratek . . . . .	8
<b>1 Přehled existujících softwarových nástrojů</b>	<b>10</b>
<b>2 Teoretický úvod</b>	<b>11</b>
2.1 Distribuční funkce spojité náhodné veličiny . . . . .	11
2.2 Exponenciální rozdělení . . . . .	12
2.3 Spolehlivost a střední doba mezi poruchami . . . . .	12
2.4 Analýza blokového diagramu bezporuchovosti (RBD) . . . . .	13
2.5 Základní zapojení bloků . . . . .	13
<b>3 Návrh desktopové aplikace .NET</b>	<b>15</b>
3.1 Objektová struktura . . . . .	15
3.2 Pomocné třídy . . . . .	15
<b>4 Průběh vývoje</b>	<b>17</b>
4.1 Rozdělení projektu na subprojekty . . . . .	17
4.2 Zjednodušení diagramu . . . . .	17
<b>5 Testování</b>	<b>18</b>
<b>6 Návod k použití</b>	<b>19</b>
<b>7 Závěr</b>	<b>20</b>

## Seznam obrázků

2.1	Příklad průběhu distribuční funkce exponenciálního rozdělení . . . . .	11
2.2	Příklad grafu hustoty pravděpodobnosti exponenciálního rozdělení . .	12
2.3	Příklad sériového zapojení komponent . . . . .	14
2.4	Příklad paralelního zapojení komponent . . . . .	14
3.1	Zjednodušený class diagram nejčastěji používaných objektů . . . . .	16
4.1	Možnosti tvorby diagramu . . . . .	17

## Seznam zkratek

**RBD** Reliability Block Diagram



# Úvod

U každého systému je velmi důležitá jeho funkční spolehlivost během doby jeho životnosti. Každý systém, pokud má existovat a fungovat co nejdéle a přitom bez závad, nebo alespoň s jejich co nejmenším počtem, musí splňovat jednu zásadní vlastnost, a tou je spolehlivost. Požadavek na dostatečně velkou a často až maximální spolehlivost námi užívaných systémů má tudíž zcela zásadní význam z hlediska bezpečnostního, ekonomického i ekologického.

Cílem ročníkového projektu je navrhnout a implementovat desktopovou aplikaci pro tvorbu a jednoduchou vizualizaci RBD diagramů a výpočet parametrů spolehlivosti. Zobrazit střední dobu do poruchy pro každý blok a poskytnout možnost vizualizace distribuční funkce pro každý blok v kombinaci sériového a paralelního zapojení bloků.

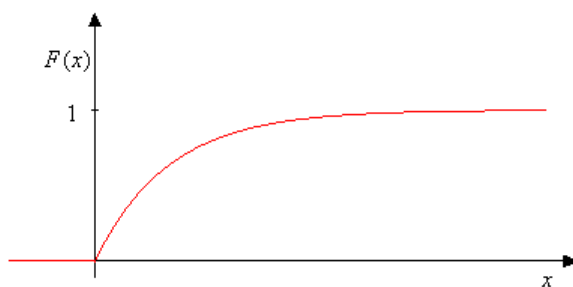
# 1 Přehled existujících softwarových nástrojů

## 2 Teoretický úvod

### 2.1 Distribuční funkce spojité náhodné veličiny

Jedním z prostředků pro popis náhodné veličiny je distribuční funkce, která každému reálnému číslu přiřazuje pravděpodobnost, že náhodná veličina nabude hodnoty menší nebo rovné než toto číslo.[6] U spojité náhodné veličiny se užívá k jejímu popisu distribuční funkce  $F(x)$  definované vztahem:

$$F(x_i) = P(X < x_i)$$



Obrázek 2.1: Příklad průběhu distribuční funkce exponenciálního rozdělení

#### Vlastnosti distribuční funkce

- Hodnoty distribuční funkce leží v intervalu od nuly do jedné.

$$0 \leq F(x) \leq 1$$

- Distribuční funkce je neklesající.

$$P(x_1 \leq X < x_2) = F(x_2) - F(x_1) \text{ pro } x_1 < x_2$$

- V záporném nekonečnu se blíží k nule, v kladném nekonečnu se blíží k jedné.

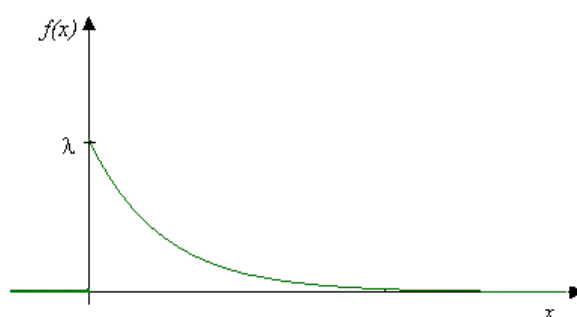
$$F(-\infty) = 0, F(\infty) = 1$$

## 2.2 Exponenciální rozdělení

Toto rozdělení má spojitá náhodná veličina  $X$ , která představuje dobu čekání do nastoupení (poissonovského) náhodného jevu, nebo délku intervalu (časového nebo délkového) mezi takovými dvěma jevy (např. doba čekání na obsluhu, vzdálenost mezi dvěma poškozenými místy na silnici, doba do poruchy). Závisí na parametru  $\lambda$ , což je převrácená hodnota střední hodnoty doby čekání do nastoupení sledovaného jevu. [7]

Náhodná veličina  $X$  má exponenciální rozdělení  $\text{Exp}(\lambda)$  právě tehdy, když je hustota pravděpodobnosti dána vztahem:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{pro } x < 0 \\ \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot x} & \text{pro } x \geq 0 \end{cases}$$



Obrázek 2.2: Příklad grafu hustoty pravděpodobnosti exponenciálního rozdělení

### Další vlastnosti

- $F(x) = \begin{cases} 0 & \text{pro } x < 0 \\ 1 - e^{-\lambda \cdot x} & \text{pro } x \geq 0 \end{cases}$
- $E(x) = \frac{1}{\lambda}$
- $D(x) = \frac{1}{\lambda^2}$

## 2.3 Spolehlivost a střední doba mezi poruchami

### Střední doba mezi poruchami

Základní veličinou pro měření spolehlivosti systému je střední doba mezi poruchami (MTBF, Mean Time Between Failure). Obvykle je udávána v hodinách. Čím vyšší je hodnota MTBF, tím vyšší je spolehlivost produktu. [3] Je statistická veličina používaná ke kvantifikaci spolehlivosti součásti, či celého výrobku. Určuje se pro výrobek nebo zařízení, které se opravuje. [3]

## Spolehlivost

Spolehlivost je schopnost systému nebo součásti vykonávat požadované funkce za daných podmínek po určené časové období [4]

$$Spolehlivost = e^{-\left(\frac{Doba}{MTBF}\right)}$$

## Pravděpodobnost bezporuchovosti

Značíme  $R(t)$ . Udává pravděpodobnost, že výrobek do zadaného času  $t$  nebude mít poruchu. Jedná se o doplněk k hodnotě distribuční funkce  $F(t)$ , což udává pravděpodobnost, že výrobek bude mít do času  $t$  poruchu.[5]

Pravděpodobnost bezporuchového provozu  $R(t)$  je dána vztahem:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

## 2.4 Analýza blokového diagramu bezporuchovosti (RBD)

Analýza blokového diagramu bezporuchovosti (RBD - Reliability Block Diagram) je metoda analýzy systému. Diagram RBD je grafická reprezentace logické struktury systému v podobě podsystémů, nebo jednotlivých součástí. To umožňuje, aby byly cesty úspěchu (funkceschopného stavu) reprezentovány tak, jak jsou bloky (podsystemy/součásti) logicky propojeny.[1]

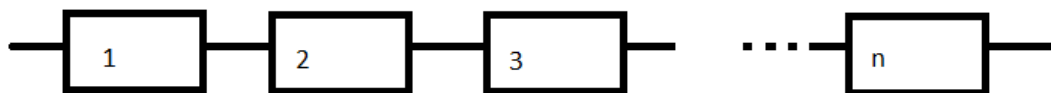
Blokové diagramy jsou mezi prvními úkoly dokončenými během etapy vymezení produktu. Mají být vypracovány jako součást vývoje počáteční koncepce. Práce na nich mají být zahájeny, jakmile existuje vymezení programu, a mají být dokončeny jako součást analýzy požadavků a mají se neustále rozšiřovat do větších úrovní podrobnosti, jakmile budou k dispozici data, aby bylo možné činit rozhodnutí a provádět optimalizace nákladů a přínosů.[2]

## 2.5 Základní zapojení bloků

### Sériové zapojení

Při poruše jedné komponenty dojde k poruše celého systému. Systém je v bezporuchovém stavu, pokud všechny jeho komponenty nemají poruchu.[5] Pravděpodobnost, že všechny komponenty ( $n$ ) v sériovém systému budou mít poruchu je dána vztahem:

$$R = R_1 R_2 \dots R_n = e^{-\lambda_1 t} e^{-\lambda_2 t} \dots e^{-\lambda_n t} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) t}$$

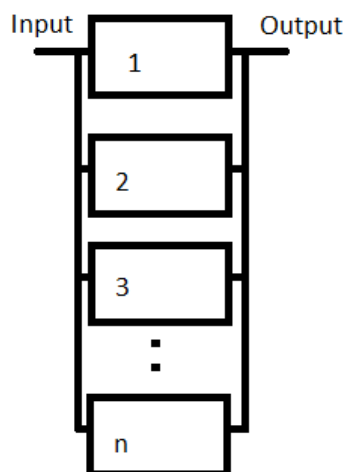


Obrázek 2.3: Příklad sériového zapojení komponent

### Paralelní zapojení

K poruše celého systému dochází pokud jsou v poruše všechny jeho komponenty. Bezporuchový stav trvá, dokud je alespoň jedna komponenta v bezporuchovém stavu. Z hlediska odhadu pravděpodobnosti představuje paralelní systém nejlepší variantu pro odhad pravděpodobnosti bezporuchového stavu. Pravděpodobnost, že všechny komponenty ( $n$ ) v paralelním systému budou mít poruchu je dána vztahem:

$$F = F_1 F_2 \dots F_n = (1 - e^{-\lambda_1 t})(1 - e^{-\lambda_2 t}) \dots (1 - e^{-\lambda_n t})$$



Obrázek 2.4: Příklad paralelního zapojení komponent

## 3 Návrh desktopové aplikace .NET

### 3.1 Objektová struktura

#### **Item**

Instance třídy Item jsou základní datové struktury vyžadující název bloku a rozdělení pravděpodobnosti.

#### **Block**

Jedná se o hlavní stavební prvek RBD diagramu. Může reprezentovat pouze jednu komponentu, či kolekci paralelních komponent typu Item.

#### **IDistribution**

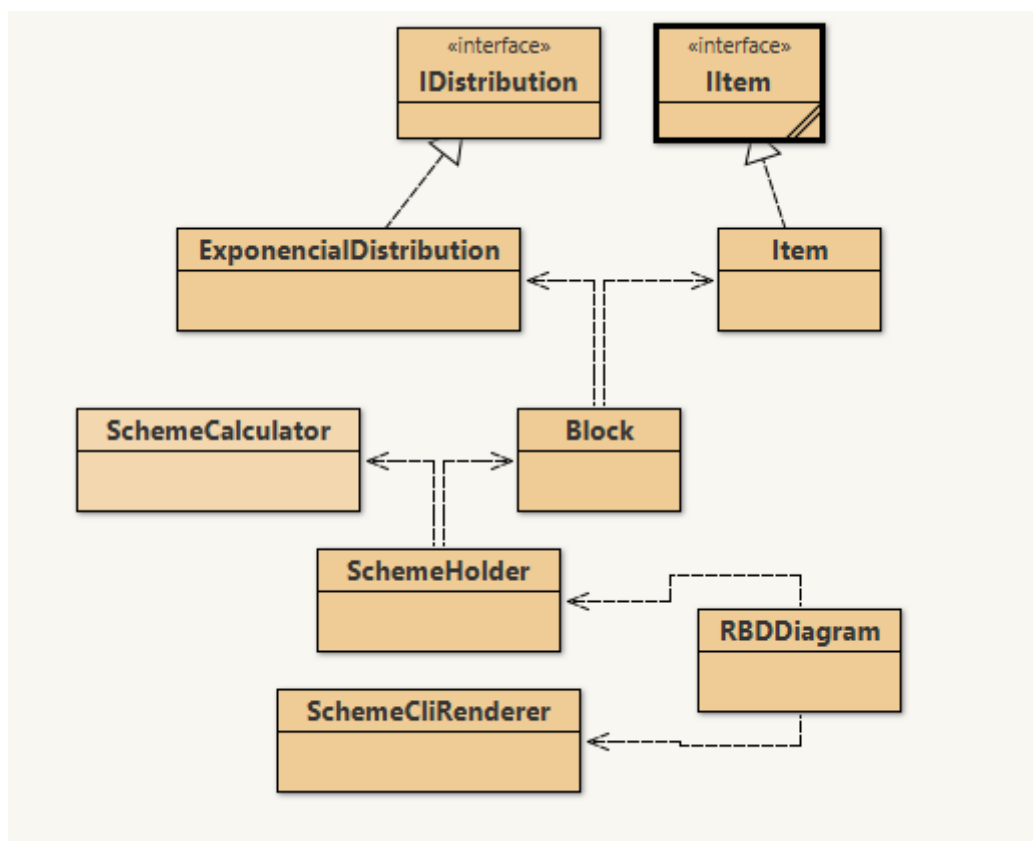
Rozhraní pro rozdělení pravděpodobnosti, které je jedním z atributů objektů typu Item, či může být spočítáno v objektu typu Block.

#### **ExponencialDistribution**

Instance této třídy reprezentuje konkrétní rozdělení pravděpodobnosti. Každá komponenta obsahuje vlastní objekt rozdělení.

### 3.2 Pomocné třídy

SchemeHolder je objekt držící jednotlivé bloky v seznamu, tak jak byly vloženy. SchemeCalculator je servisní třída, která má za úkol na základě předaných parametrů na uloženém schématu spočítat dílčí pravděpodobnosti bezporuchovosti jednotlivých komponent, tak i celkového diagramu.



Obrázek 3.1: Zjednodušený class diagram nejčastěji používaných objektů



## 4 Průběh vývoje

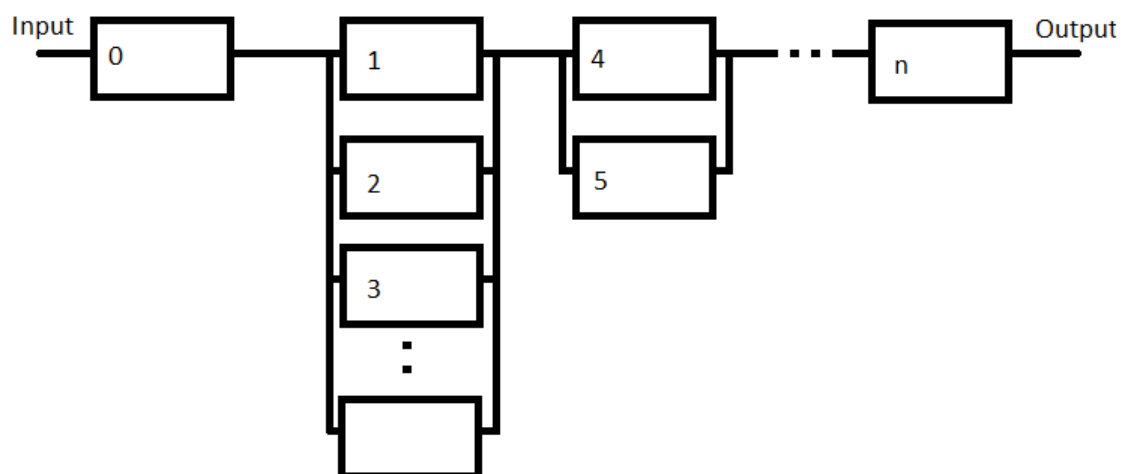
### 4.1 Rozdělení projektu na subprojekty

Celkové řešení je rozděleno na několik podprojektů, tak aby každý odpovídal svému účelu použití.

- SpecianPRJ - projekt obsahující veškeré objektové struktury.
- SpecianPRJ.Cli - projekt zaměřený na manuální testování navržených struktur.
- SpecianPRJ.Gui - grafické uživatelské rozhraní pro výslednou aplikaci.
- SpecianPRJ.Tests - unit testy pro výpočty pravděpodobnosti na exponenciálním rozdělení.

### 4.2 Zjednodušení diagramu

Pro zjednodušení tvorby diagramu bylo zavedeno pravidlo, že se systém skládá pouze ze série bloků, z nichž některé mohou reprezentovat paralelní zapojení. V aplikaci nelze vytvořit diagram obsahující vazby mezi bloky, které spolu bezprostředně ne-sousedí.



Obrázek 4.1: Možnosti tvorby diagramu

## 5 Testování

Pro testování funkčních bloků byla použita výchozí knihovna pro Unit testování v prostředí .NET pro desktopové aplikace MSTest. Za pomoci testování jsem došel ke správným výsledkům za pomoci připravené konfigurace a tím jsem ušetřil práci manuálním testováním. Další nespornou výhodou testování je odhalení chyb při změně tím, že testovací metody odhalí neočekávané výsledky.

Testované byly třídy pro výpočet distribuční funkce. Testování probíhá za pomoci zaokrouhlení na 6 desetinných míst.

## 6 Návod k použití

Pro spuštění aplikace pro vývoj je potřeba mít nainstalované Visual Studio 2017 a novější. V přiloženém CD ve složce SpecianPRJ spusťte soubor SpecianPRJ.sln. Pro standartní spuštění aplikace stačí otevřít soubor s příponou .exe.

Pro obě varianty spuštění je nutným předpokladem nainstalovaný plný .NET Framework 4.6.1 a novější.

### Založení nového diagramu

### Uložení a otevření nového diagramu

### Přidání prvku

### Výpočty

## 7 Závěr

## Literatura

- [1] 28.6.2007, Prof. Ing. Václav Legát, DrSc., Zdroj: Verlag Dashöfer
- [2]
- [3] <http://gabben.wbs.cz/mtbf1.pdf>
- [4] IEEE 90
- [5]
- [6] <https://homen.vsb.cz/oti73/cdpast1/KAP03/PRAV3.HTM>
- [7] <https://homen.vsb.cz/oti73/cdpast1/KAP05/PRAV5.HTM>