

Software pro předpověď spolehlivosti elektronického obvodu



Proč se zabývat předpovědí spolehlivosti?

- **Předpověď spolehlivosti předvídá frekvenci selhání součástek a celého systému v daném období**
- **Některé výrobky vyžadují doklad o odhadu spolehlivosti**
(vojenské, bezpečnostní, automotive, letecké, kosmické, zdravotnické, ...)
- **Předpověď spolehlivosti ale navíc umožňuje:**
 - posouzení návrhu obvodu (použité součástky i jejich zapojení)
 - porovnání alternativ daného obvodu
 - včasnou identifikaci problémů (poddimenzované součástky, atd.)
 - sledování zlepšování spolehlivosti (porovnáním předchozích návrhů)

Jak lze spolehlivost předpovědět

- **Zkušeností** (historií podobného výrobku)
- **Testováním** (zdlouhavé, může vyžadovat dodatečné úpravy)
- **Různými analýzami** (Failure Mode Effects Analysis – FMEA, ...)
- **Výpočtem MTBF podle standardu pro spolehlivost**
 - Ručně – zdlouhavé s možností chyb
 - Pomocí software (náš případ)

Jak se spolehlivost měří

- **MTBF** (Mean Time Between Failure, v hodinách, $1/\lambda$)
 - doba mezi dvěma poruchami
 - pro opravitelné výrobky
- **MTTF** (Mean Time To Failure, v hodinách)
 - doba do první poruchy
 - pro neopravitelné výrobky
- **FR** (Failure Rate - $\lambda(t) = 1/\text{MTBF}$, v milionech hodin)
 - počet selhání během dané doby
 - Každá součástka má svůj FR (nebo FIT), který se s časem mění

Co ovlivňuje spolehlivost

- **Druh a typ součástek** (kondenzátor – elektrolyt, keramický, atd.). Každá součástka má koeficient nespolehlivosti (Failure Rate)
- **Počet součástek** (s vyšším počtem klesá spolehlivost)
- **Vytížení součástek** (elektrické zatížení – stress, v porovnání s jmenovitými hodnotami, V, A, W)
- **Teplota prostředí** (s vyšší teplotou klesá spolehlivost)
- **Doba použití** (s delší dobou spolehlivost klesá)
- **Prostředí použití** (vlhko, teplotní cykly, vibrace, mechanické namáhání)
- **Fyzické provedení** (návrh desky, pájené spoje, uchycení desky. ...)

Jak se spolehlivost předpovídá?

- Není jedna komplexní metoda, ale více možností
- Software řeší předpověď spolehlivosti:
 - na úrovni součástek a jejich zapojení s pomocí standardních metod výpočtu (případ našeho software fiXtress od BQR)
 - na úrovni navržené desky plošných spojů (teploty, vibrace, provedení spojů, součástky, atd....) s pomocí POF - Physics of Failure (případ software Sherlock od DfR)

Standardní metody výpočtu MTBF

- Metody výpočtu definují, jak se má MTBF vypočítat

Mil-HDBK-217-F2/G

Telcordia SR33

Bellcore TR332

Siemens SN29500

British Telecom HRD4 a HRD5

atd.

Příklad: HDBK-217F udává FR (Failure Rate) data a modely pro elektrické namáhání součástek (stress models) v závislosti na 14 různých prostředích použití, pro teploty 0 °C až 125 °C, zejména ve vztahu k vojenským účelům. Hodně používaná, i když stará, dává horší výsledky pro komerční případy

Výpočet MTBF vs Zatížení součástek

1. Metoda **PARTS COUNT** - Zatížení součástek není definované

- Předpokládá se zatížení na 50% (bez ohledu na skutečný stav)
- Dává horší výsledek, protože součástky nemusí být zatíženy až na 50%

2. Metoda **PARTS STRESS** – Zatížení součástek je definované

- Zatížení je odhadnuté, odměřené, vypočítané, odsimulované, atd.
- Dává lepší a přesnější výsledek
- Umožňuje zjistit předimenzované a poddimenzované součástky (Component Derating)

Proč software od firmy BQR?

- **Programů pro odhad spolehlivosti je jenom několik (USA, Izrael, Rusko)**
- **BQR** je firma z Izraele, kde jsou předpovědi spolehlivosti na vysoké úrovni, kvůli náročným vojenským a průmyslovým projektům
- **BQR** má více než dvacetileté zkušenosti se spolehlivostí a údržbou elektroniky
- Jejimi zákazníky jsou velmi dobře známé světové firmy
- **fiXtress** je pouze jedním z produktů firmy BQR na téma spolehlivosti. Dalšími programy jsou **CARE** pro analýzu spolehlivosti elektronických a mechanických systémů, a **apmOptimizer** pro spolehlivou údržbu zařízení
- *Poznámka: Izrael má největší počet inženýrů z oboru elektroniky na světě v porovnání s počtem obyvatel*

Program fiXtress od BQR

Modulový program pro analýzu spolehlivosti elektroniky

- **Schematic Review** (analýza schématu na možné problémy, které by ovlivnily MTBF)
- **fiXtress MTBF** (výpočet MTBF metodou Parts Count i Parts Stress, kdy namáhání součástek je zapsáno ručně, pro danou teplotu, dané prostředí a vybranou metodu výpočtu. Pracuje pouze s výpisem součástek - partlist)
- **fiXtress Rapid** (výpočet MTBF metodou Parts Stress, kdy namáhání součástek se zjistí pomocí vlastní DC analýzy, nebo se ručně zapíše, pro danou teplotu, dané prostředí a vybranou metodu výpočtu. Pracuje s výpisem součástek a zapojení - partlist a netlist)
- **fiXtress Precise** (výpočet MTBF metodou Parts Stresss. Skutečné namáhání součástek je zjištěné vlastním simulátorem DC/AC,bus, pro danou teplotu, dané prostředí a vybranou metodu výpočtu. Pracuje s výpisem součástek a zapojení - partlist a netlist).

fiXtress / Schematic Review

Kontrola správnosti schématického zapojení

Proč kontrolovat schéma?

Možné problémy ve schématu ovlivní výpočet MTBF

Nalezne problémy, které návrhový systém většinou nenajde

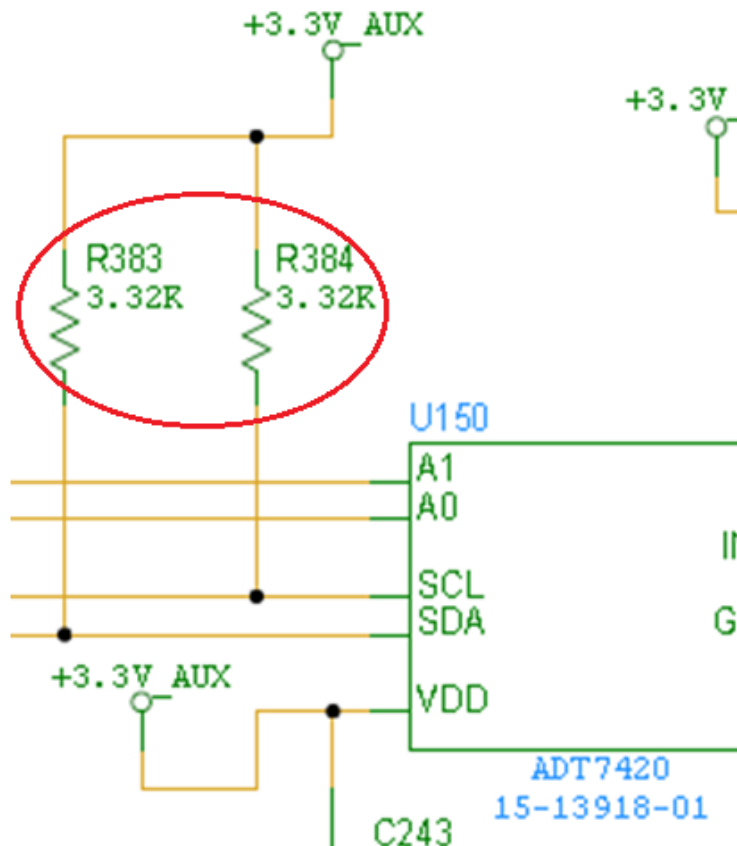
Lze použít i samostatně pro kontrolu schématu, bez návaznosti
na analýzu spolehlivosti

fiXtress / Schematic Review

- Analyzuje schematické zapojení z výpisu materiálu a netlistu
- Porovnává předdefinovaná pravidla pro zapojení součástek se stavem ve schématu
 - Jak a kam mají být vývody součástek připojeny
 - Vychází se z doporučení výrobců součástek
 - Zahrnuje i vlastní zkušenosti s obvodem

fiXtress / Schematic Review

Příklady nalezených problémů



Pull-up rezistory u U150
mají hodnoty mimo rozsah
doporučený výrobcem

fiXtress MTBF / Rapid / Precise

program v podobě tabulkového procesoru

External Sources And Loads (ICD)																			
RefDes of Connector	Pin Number	NET-IN / NET-OUT	Reference NET	Signal Type	Polarity	Source or Load Type	Shape Of Signal	Voffset [V]	V-peak-to-peak [V]	Ioffset [A]	I-peak-to-peak [A]	P [dBm]	FREQ [MHz]	Pulse Width To [μs]	Initial Delay Time [μs]	Front Width T1 [μs]	R [Ohm]	L [μH]	C [μF]
11	J21	6	AFDX_INTC_N	GND	HIGH_3V	+	Voltage	DC	3										
12	J21	9	AFDX_INTD_N	GND	HIGH_3V	+	Voltage	DC	3										
13	J22	4	AFDX_TDO	GND	HIGH_2V5	+	Voltage	DC	2.5										
14	P2	A	RS422_I_2P	RS422_I_2N	-	Voltage	Rectangular	6	12				0.115	-	-				
15	P2	A	PrsnI_SDA_RX_P	PrsnI_SDA_RX_N	RS422_3V_1MHZ	-	Voltage	Rectangular	1.5	3			1	-	-				
16	P2	A	AC_LVDS_1_clk_in_P	AC_LVDS_1_clk_in_N	LVDS_0V36_100MHZ	-	Voltage	Rectangular	0.18	0.36			100	-	-				
17	P2	A	CU_HSYNC_I_P	CU_HSYNC_I_N	-	Voltage	Rectangular	7	19				1	-	-				
18	P2	A	Dscrt_I_24	GND	DISKR_32.2v	+	Voltage	DC	32.2										
19	P2	B1	FAN_PWR	FAN_PWR_RTN	-	Voltage	DC	32											
20	Assign Frequency													-	-				
21														-	-				
22														-	-				
23														-	-				

	Net Name	Net Freq [MHz]	IC Freq [MHz]	RefDes	PIN Num	Part Num	Cat. Num	Select
1	A818_CLK1_T_N	1	106.25	U11	5	531FB106M250DG	00090454F	☒
2	A818_CLK1_T_P	1	106.25		4			☒
3	PCI_CLK1_T	1	66	U170	3	CY2305CSXI-1H	00078377F	☒
4	PCI_CLK2_T	2	66		2			☒
5	PCIB_FPGA_CLK2_T	2	66	U9	2			☒

fiXtress MTBF

Předvídá spolehlivost metodou Parts Count (předpokládá 50% zatížení součástek) a/nebo metodou Parts Stress (hodnoty zatížení jsou ručně zapsány)

- Postup:
 - Definuje se nový projekt a podmínky pro výpočet spolehlivosti
 - Vybere se metoda výpočtu z nabídky programu, např. HDBK-217F
 - Definuje se teplota prostředí (např. 30 °C)
 - Definuje se použití zařízení z nabídky podle vybrané metody (pozemní, námořní, vzduch,)
 - Načte se výpis materiálu (Partlist)
 - Zkontroluje se, zda načtené součástky mají odpovídající modely v knihovně. Pokud ne, potom je lze v editoru knihovny vytvořit.
 - Program vypočte program MTBF celku z dat FR jednotlivých součástek
 - Generují se potřebná hlášení a grafy podle nastavení

fiXtress MTBF (Parts Count)

File Edit View Analyses Reports Tools CDB Window Help													
MTBF Full Tree													
RefDes	Description	Part Num...	dT[°C]	T[°C]	Pred Met...	Env	P-stress	V-stress	I-stress	Main Stress/Pow...	MTBF(Hrs)	FR(1)	piQ
System	-	-		25.0	S217F2 /	GB					6,163,917	0,162234	
Assy	-	Assy	0,0	25,0	<AsPare...	<AsParent>					1.0e+012	0,000000	
C1	10k	C123456	0,0	25,0	<AsPare...		-	45	-	V=90.0%		0,088372 54%	3.00
D1	DO_204AH	1N4151	0,0	25,0	<AsPare...			-	-	Tj=75.0°C		0,017205 10%	5.50
R1	4k7 0.5W	R123456	0,0	25,0	<AsPare...		0.45	-	-	P=90.0%		0,015534 9%	3.00
U5	SMD QUA...	74HC03	0,0	25,0	<AsPare...		0,01	-	-	Tj=25.0°C		0,041124 25%	10.00

Zatížení není zapsáno, počítá se 50%)

Ručně zapsané hodnoty zatížení (W, V, A)

S217F2	- MIL-HDBK-217F-N2 Parts-Stress
C217F2	- MIL-HDBK-217F-N2 Parts-Count
IEC62380	- RDF-2000/UTEC-80810
HRD5	- British-Telecom (1.1.95)
B33216	- Bellcore TR-NWT-332Issue6(12/97)
S299B	- Handbook GJB299B Parts-Stress
CUSTOM	- User Customized Model
MECHAN	- The Mechanical(NSWC-98/LE1) stand
B332.2	- Bellcore 332.v2
29500	- Siemens Prediction SN29500 (SN29500)
S217Plus	- RIAC-HDBK-217Plus
PoF-B	- Physics of Failures – BQR concept
FIDES	- FIDES GUIDE 2004
FIDES_2009	- FIDES GUIDE 2009
S217G	- MIL-HDBK-217G Parts-Stress
T332.3	- Telcordia SR-332.v3

GB	- Ground, Benign
GF1	- Ground, Fixed1
GF2	- Ground, Fixed2
GF3	- Ground, Fixed3
GM	- Ground, Mobile
MP	- Manpack
NS	- Naval, Sheltered
NU	- Naval, Unsheltered
AIC	- Airborne, Inhabited, Cargo
AIF	- Airborne, Inhabited, Fighter
AUC	- Airborne, Uninhabited, Cargo
AUF	- Airborne, Uninhabited, Fighter
ARW	- Airborne, Rotary, Winged
SF	- Space, Flight
MF	- Missile, Free-Flight
ML	- Missile Launch

fiXtress MTBF

Výstupy - hlášení

Přednastavená i uživatelsky definovaná hlášení

	MTBF(Years)	MTBF(HRS)	FR(F/10 ⁶ HRS)
Required	11	100,000	10,0
Predicted	699	6,1,253,5e+,006	0,2

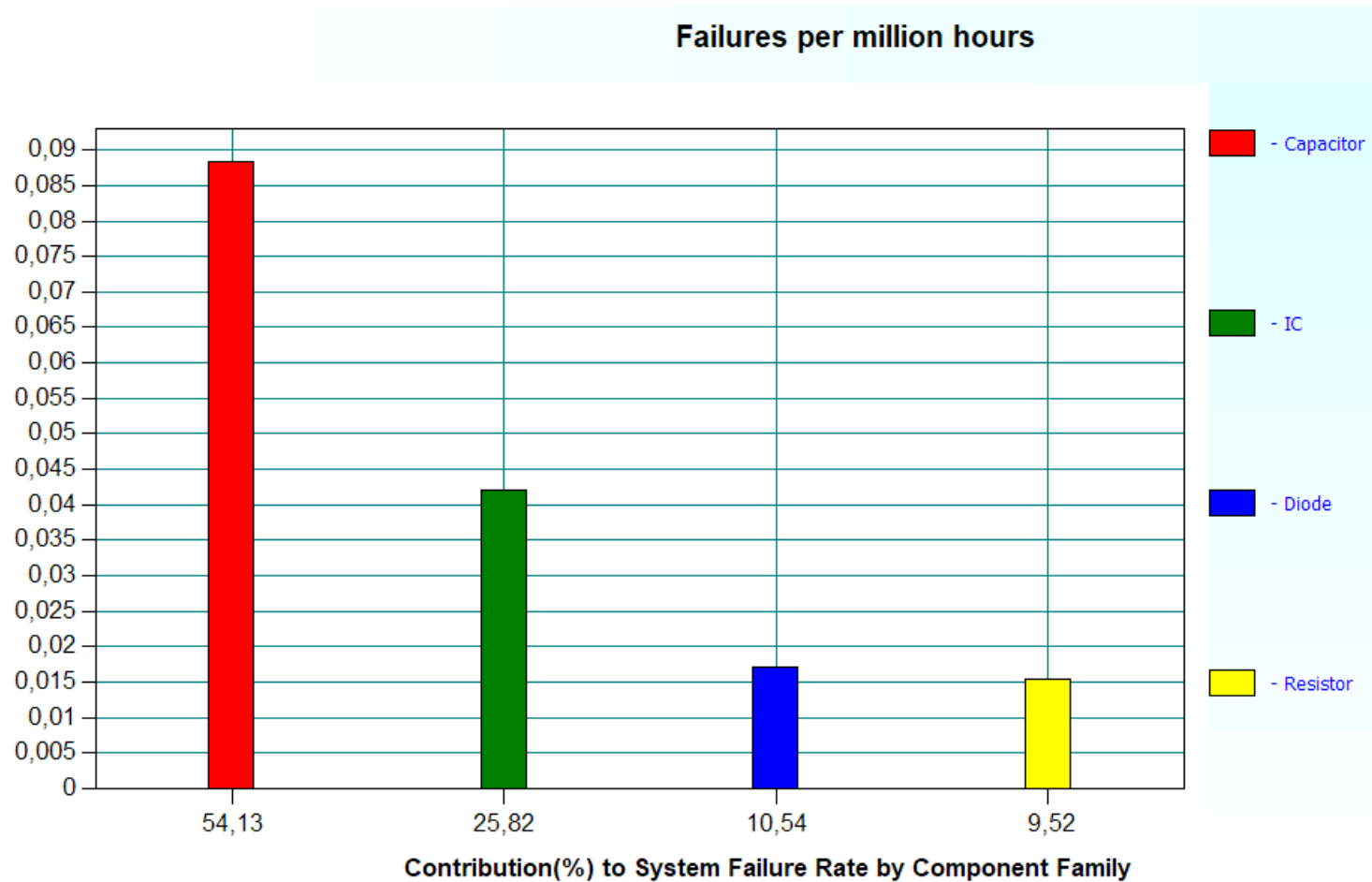
MTBF PREDICTED: ACCEPTED

RefDes	Manufacturer Part Number	Description	Fail.Rate (F/10 ⁶ HRS)	Stress	Env	Temp [°C]	Qty
System	-	-	0,163256	-	GB	25,0	1
C1	C123456	10k	0,088372	V=90.0%	-	25,0	1
D1	1N4151	DO_204AH	0,017205	Tj=75.0°C	-	25,0	1
R1	R123456	4k7 0.5W	0,015534	P=90.0%	-	25,0	1
U5	74HC03	SMD QUAD 2-IN NAND OPND	0,042145	Tj=27.1°C	-	25,0	1
Assy	Assy	-	0,000000	-	GB	25,0	1

Family name	PART Number	Quantity per System	Sum Fail.Rate per System	Contribution to System[%]
Capacitor	C123456	1	0,088372	54,13
IC	74HC03	1	0,042145	25,82
Diode	1N4151	1	0,017205	10,54
Resistor	R123456	1	0,015534	9,52

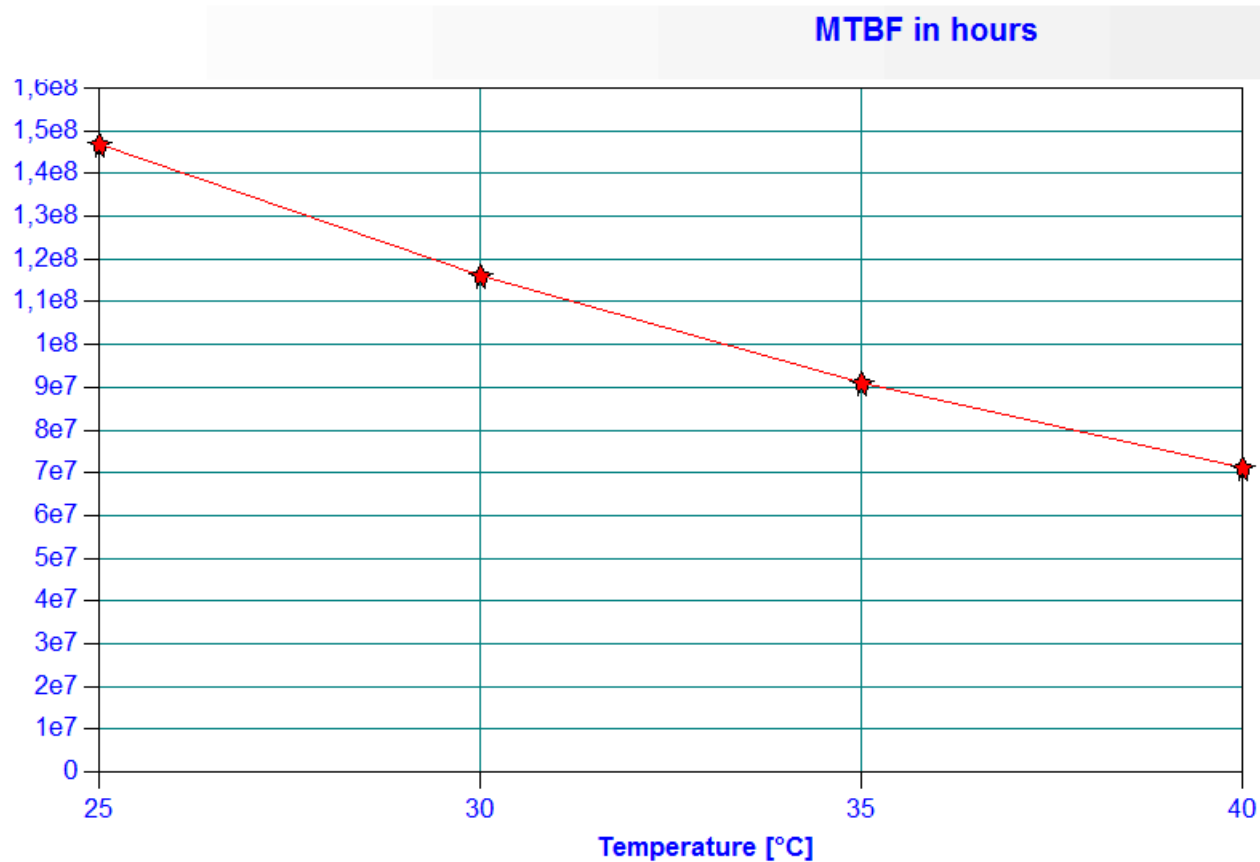
fiXtress MTBF

Výstupy – Pareto graf



fiXtress MTBF

Výstupy – MTBF vs Teplota

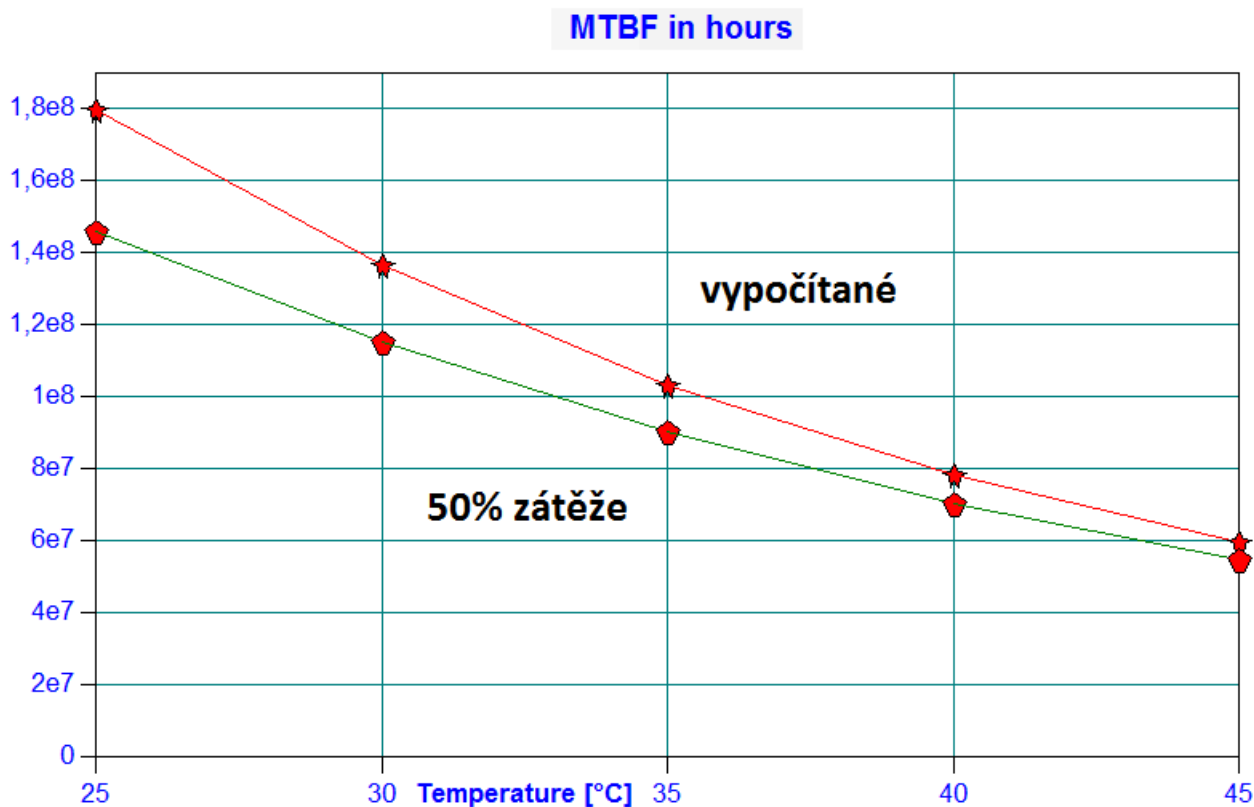


fiXtress Rapid

- Navazuje na analýzu fiXtress MTBF
- Vyžaduje navíc výpis zapojení (Netlist)
- Program zjišťuje pomocí Kirchhoffových zákonů DC potenciály jednotlivých sítí (net) schematického zapojení - chybějící informace lze doplnit
- Kalkuluje el. namáhání součástek (napětí, zatížení, proudy)
- Podle zadaných parametrů analýzy (metoda výpočtu MTBF, teplota, typ součástky, použití, atd.) provede **derating** součástek na jejich bezpečnou hodnotu
- Kalkuluje MTBF celku (obvod / deska)

fiXtress Rapid

Závislost MTBF na teplotě



fiXtress Precise

Podobně jako Rapid

PLUS

Údaje o el. zatížení součástek si program zjišťuje pomocí
vlastního DC/AC/bus simulátoru

Je potřeba dodat informace o kmitočtech a dalších parametrech
potřebných pro NF simulaci

Provádí se na dokončeném návrhu obvodu

fiXtress

software pro odhad spolehlivosti

Autorizovaný distributor

CADware s.r.o.

Aloisina výšina 447/13

460 05 Liberec

Tel: 485 106 131

www.cadware.cz

info@cadware.cz