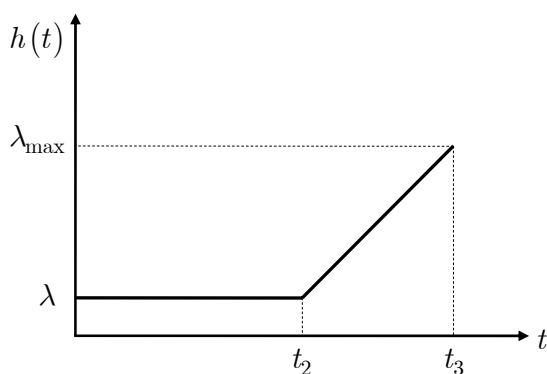
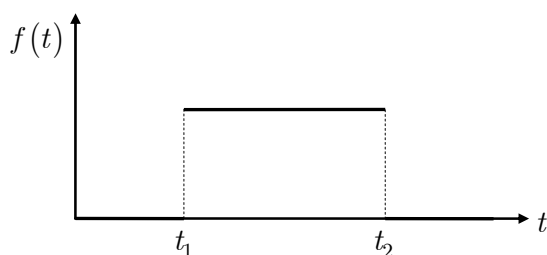


- Intenzitet kvara konstantan je do nekog trenutka, a nakon toga, kako pokazuje slika, počinje linearno rasti. Odredite analitičke izraze za: a) pouzdanost i b) funkciju gustoće kvara te dobivene funkcije prikažite grafički. Koji dio životnog vijeka uređaja se može modelirati ovakvom funkcijom intenziteta kvara?



- Funkcija gustoće kvara konstantna je za razdoblje  $t_1 < t < t_2$ , a izvan tog razdoblja jednaka je nuli. Odredite analitičke izraze za: a) pouzdanost i b) intenzitet kvara te dobivene funkcije prikažite grafički.



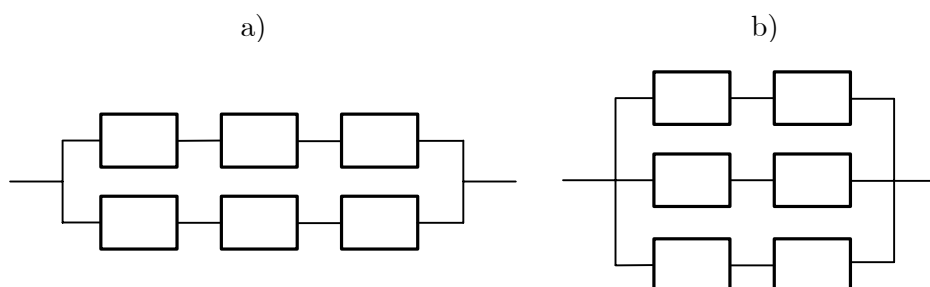
- Funkcija pouzdanosti sustava dana je s  $R(t) = \exp(-t^2)$ . Odredite i grafički prikažite: a) funkciju intenziteta kvara i b) funkciju gustoće vjerojatnosti vremena do kvara.
- Vrijeme do kvara neke komponente opisano je Weibullovom funkcijom gustoće vjerojatnosti:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{\beta}{\eta - l} \left( \frac{t - l}{\eta - l} \right)^{\beta-1} \exp \left[ - \left( \frac{t - l}{\eta - l} \right)^{\beta} \right], & t \geq l \\ 0, & t < l \end{cases}$$

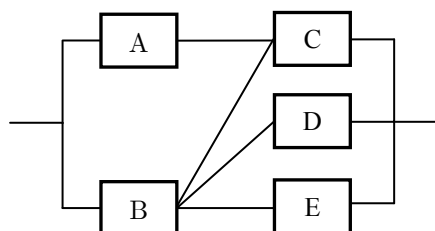
Izračunajte: a) funkciju pouzdanosti i b) funkciju intenziteta kvara. Prikažite te funkcije grafički za sljedeće vrijednosti parametara:  $l = 0$ ,  $\eta = 25000$ ,  $\beta = 0.1, 0.5, 1.0$  i  $5.0$ .

5. Računalo ima konstantan intenzitet „zaglavljivanja“ tj. „zaglavi“ se svakih 96 sati neprekidnog rada. Kolika je vjerojatnost izvođenja proračuna na tom računalu koji zahtijeva 120 sati neprekidnog rada?
6. Trajnost akumulatora u automobilu slijedi normalnu razdiobu sa srednjom vrijednošću 2000 dana i standardnom devijacijom 200 dana. a) Izračunajte postotak akumulatora koji će otkazati prije 1500 dana. b) Koliko bi trajanje jamstva trebao deklarirati proizvođač akumulatora, tako da unutar jamstva otkáže samo 10% akumulatora?
7. Odredite pouzdanost i intenzitet kvara nakon 2000 h rada za komponentu koja slijedi Weibullovu funkciju gustoće kvara s parametrima  $l = 1000$ ,  $\eta = 25000$ ,  $\beta = 3$ .
8. Odredite MTBF komponente koja ima pouzdanost 0.99 nakon 10000 sati rada.
9. Intenzitet kvara diode u zadanim radnim uvjetima je  $0.012 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ . Izračunajte: a) srednje vrijeme do kvara diode, b) pouzdanost diode nakon 5000 sati rada, c) pouzdanost diode nakon srednjeg vremena do kvara, d) vjerojatnost kvara diode između 10000-tog i 20000-tog sata rada i e) vjerojatnost da će doći do kvara diode narednih 10000 sati ako prvih 10000 sati nije došlo do kvara.
10. Ako neka komponenta ima 1 kvar na  $10^6$  sati, odredite: a) funkciju pouzdanosti komponente, b) funkciju pouzdanosti sustava s četiri takve komponente u seriji, c) funkciju pouzdanosti sustava s četiri takve komponente u paraleli.
11. Deset identičnih komponenata je spojeno paralelno da bi se postigla pouzdanost sustava od 0.9. Izračunajte koliko komponenata bi trebalo dodatno spojiti u paralelu da se pouzdanost poveća na 0.95.
12. Serijski sustav se sastoji od  $n$  identičnih komponenata od kojih svaka ima intenzitet kvara  $10^{-5}$  sati. Odredite funkciju pouzdanosti i nacrtajte je za  $n=1, 2, 5$  i 10.
13. Paralelni sustav se sastoji od  $n$  identičnih komponenata od kojih svaka ima intenzitet kvara 1 na  $10^5$  sati. Odredite funkciju pouzdanosti i nacrtajte je za  $n=1, 2, 5$  i 10.
14. Sustav se sastoji od 5 identičnih komponenata koje imaju intenzitet kvara  $10^{-4} \text{ h}^{-1}$ . Odredite pouzdanost sustava nakon: a) 1000 h i b) 10000 h ako najmanje dvije komponente moraju raditi ispravno da sustav ne bi otkazao.
15. Elektronički sustav za upravljanje prometom izveden je kao aktivni redundantni sustav konfiguracije 2 od 6. Svaki od tih 6 elemenata ima intenzitet kvara  $127.1 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$  u danim radnim uvjetima. Izračunajte nakon koliko vremena pouzdanost ovog sustava padne ispod a) 99.9% i b) 95%. c) Da li će konfiguracija 2 od 6 osigurati pouzdanost veću od 90% i nakon 10 godina rada? d) Odredite minimalni broj elemenata  $N$  za 2 od  $N$  sustav koji će imati pouzdanost veću od 99% nakon 5 godina rada.

16. Šest identičnih komponenata je spojeno na dva načina kao što pokazuje slika. Odredite koja konfiguracija daje veću pouzdanost.



17. Odredite pouzdanost složenog sustava prikazanog slikom.



18. Pokažite da je MTBF paralelnog sustava s 3 komponente koje imaju eksponencijalnu funkciju gustoće vremena do kvara s intenzitetima kvara  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  i  $\lambda_3$  dano s:

$$\text{MTBF} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3} - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} - \frac{1}{\lambda_2 + \lambda_3} - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_3} + \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}$$

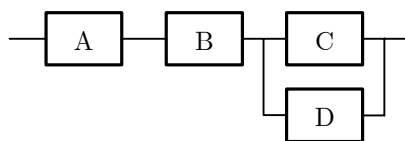
19. Pokažite da se pouzdanost sustava s pričuvom (engl. *stand-by system*) s tri komponente koje imaju eksponencijalnu funkciju gustoće vremena do kvara s intenzitetima kvara  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  i  $\lambda_3$  može izraziti kao:

$$R(t) = \frac{\lambda_2 \lambda_3 \exp(-\lambda_1 t)}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1)} + \frac{\lambda_1 \lambda_3 \exp(-\lambda_2 t)}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)} + \frac{\lambda_1 \lambda_2 \exp(-\lambda_3 t)}{(\lambda_1 - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_3)}$$

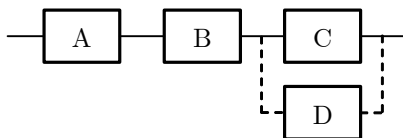
Pokažite nadalje da je MTBF takvog sustava:

$$\text{MTBF} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3}$$

20. Sustav s pričuvom sastoji se od tri komponente intenziteta kvara  $0.00005 \text{ h}^{-1}$ ,  $0.0001 \text{ h}^{-1}$  i  $0.0005 \text{ h}^{-1}$ . Uz pretpostavku da je preklopni sklop savršen odredite: a) pouzdanost sustava nakon 1000 h rada, b) MTBF sustava, c) MTBF sustava kad bi komponente bile spojene u „obični“ paralelni sustav.
21. Za ispis u boji u laserskom pisaču koristi se jedan crni toner i tri tonera u boji. Ispis je moguć samo ako su sva četiri tonera nepotrošena. Potrošnja tonera može se približno opisati normalnom razdiobom. Srednja vrijednost je 6000 stranica za crni toner i 4000 stranica za svaki toner u boji, a standardna devijacija 800 stranica za crni toner i 600 stranica za tonere u boji. Dnevno se ispisuje u prosjeku 20 stranica. a) Izračunajte kolika je vjerojatnost da će ispis biti moguć 6 mjeseca nakon ugradnje novih tonera? b) Nakon koliko vremena vjerojatnost ispisa dokumenta pada ispod 75%?
22. Tehnički sustav ima strukturu prema slici, s poznatim intenzitetom kvara svakog sastavnog dijela, u uvjetima neprekidnog rada:  $\lambda_A = 0.02 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ ,  $\lambda_B = 0.25 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ ,  $\lambda_C = 1.16 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$  i  $\lambda_D = 2.08 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ . a) Kolika je vjerojatnost da sustav radi ispravno nakon 60000 sati rada? b) Kolika je vjerojatnost da sustav radi ispravno nakon 7 godina od puštanja u pogon, ako sustav radi 8 sati dnevno, a intenzitet kvara elemenata u isključenom stanju je 10 puta manji nego dok su u radu?



23. Elektronički sustav izvršava zadaću tijekom 1000 sati. Struktura sustava prikazana je slikom, a intenzitet kvara elemenata je:  $\lambda_A = 0.02 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ ,  $\lambda_B = 0.25 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$  i  $\lambda_C = 11.16 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ .



Razmatra se potreba ugradnje elementa D kao aktivne redundancije elementu C ako se traži pouzdanost izvršenja zadaće 99.9%.

- a) Da li je aktivna redundancija potrebna? b) Ako je redundancija potrebna, a redundantni element D ima 15% veći intenzitet kvara od elementa C kolika će biti vjerojatnost izvršenja zadaće?

24. Intenzitet kvara pojedinih sastavnih dijelova računala su: mikroprocesor  $8.240 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ , memorija  $0.466 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ , matična ploča  $7.862 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ , izvor napajanja  $13.65 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ , grafička kartica  $12.45 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ , čvrsti disk  $0.833 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ . a) Izračunajte srednje vrijeme do kvara osobnog računala. b) Koliko kvarova možemo očekivati u seriji od 1000 ovakvih računala nakon 2 godine, ako pojedino računalo prosječno radi 10 sati dnevno? c) Od ukupnog broja kvarova računala izračunatih pod b) koliko je uzrokovano otkazom izvora napajanja? d) Ako umjesto jednog diska, koristimo dva diska od kojih drugi služi za zrcaljenje podataka s prvog, kako ta aktivna redundancija utječe na pouzdanost računala u istim uvjetima eksploatacije kao pod b)?
25. Elektronički uređaj ima srednje vrijeme između kvarova 12000 sati. Dvjesto ovakvih uređaja je uskladišteno, ne rabe se i imaju 10 puta manji intenzitet kvara nego kad su u radu. Njihova tehnička ispravnost se provjerava jednom godišnje i neispravni se potom popravljaju. a) Koliko se očekuje naći neispravnih uređaja pri tehničkom pregledu ovog skladišta? b) Koliko često treba vršiti tehnički pregled ovog skladišta, ako želimo imati uvijek najmanje 90% ispravnih uređaja?
26. Polipropilenski kondenzator kapaciteta 15 nF nazivnog napona 400 V opterećen je istosmjernim naponom iznosa 250 V i izmjeničnim naponom efektivne vrijednosti 36 V frekvencije 50 Hz. Temperatura okoline je  $55^{\circ}\text{C}$ . Radi s o komponenti za široku potrošnju, a ugrađuje se u stacionarni uređaj. a) Odredite intenzitet kvara kondenzatora u danim uvjetima. b) Izračunajte maksimalno vršno opterećenje ovog kondenzatora, ako želimo srednje vrijeme do kvara kondenzatora povećati za 50% u odnosu na slučaj pod a).
27. Analogni elektronički sklop u vojnom zrakoplovu sastoji se od 4 metal-film otpornika otpora manjeg od 100 k $\Omega$ , jedne silicijske diode male snage, jednog silicijskog tranzistora male snage i jednog keramičkog kondenzatora. Sklop je projektiran tako da je električko opterećenje sastavnih dijelova  $<20\%$ . Radna temperatura tranzistora i jednog otpornika je  $80^{\circ}\text{C}$ , a ostalih elemenata  $55^{\circ}\text{C}$ . Izračunajte srednje vrijeme do kvara sklopa. Sve komponente su iz razreda široke potrošnje, a doprinos intenzitetu kvara sklopa od intenziteta kvara lemnih mjesta može se zanemariti.

Rješenja odabranih numeričkih zadataka:

5. 28.65%
6. a) 0.62%                      b) 4.77 godina (1744 dana)
7. 74.36%      0.00089 h<sup>-1</sup>
8.  $9.9499 \cdot 10^5$  h
9. a)  $8.3 \cdot 10^7$  h      b) 99.9944%                      c) 36.7879%  
d) 0.00011978      e) 0.00011999
11. 3 (4 ako želim biti jako konzervativan)
14. a) 0.999621                      b) 0.9954                      c) 0.605394
15. a) 15.746.9 h                      b) 42614 h                      c) ne                      d) 9
20. a) 0.99964                      b) 32000 h                      c) 23386.9 h
21. a) 37%                      b) 160 dana
22. a) 0.976                      b) 0.992
23. a) da                      b) 0.999589
24. a) 2.6 god (22988 h)                      b) 272
25. a) 14                      b) 17 mjeseci (12643 h)