

ELEKTRONIKA je grana nauke i tehnike koja obuhvaća izučavanje i primjenu onih pojava povezanih s gibanjem slobodnih elektrona i električki nabijenih čestica u vakuumu, plinovima, tekućinama i poluvodičima koje se ostvaruju u elementima elektroničkih uređaja (npr. u elektronkama i tranzistorima, također među elektrodama u uređajima za elektrostatičke operacije i elektroerozijsku obradu). U elektroniku, prema tome, ne idu (nisu elektroničke) one pojave povezane s gibanjem elektrona i nabijenih čestica koje se ne ostvaruju u elementima elektroničkih uređaja (npr. β -raspad ili kosmičke zrake). Pri tom se elektroničkim uređajima smatraju samo sistemi u kojima se gore navedene pojave ostvaruju u njihovim bitnim elementima; ne spadaju, prema tome, u elektroniku aparati i uređaji u kojima elementi osnovani na upravljanju gibanjem slobodnih elektrona i nabijenih čestica imaju samo pomoćnu ili sporednu ulogu (npr. elektromotorni pogon s elektroničkom regulacijom, fluorescentne sijalice ili sijalice sa živinim parama).

Elektronika se može podijeliti na fizičku i tehničku (primijenjenu). *Fizička elektronika* bavi se teorijskim i eksperimentalnim izučavanjem elektroničkih pojava, principima sklapanja elektroničkih sastavnih dijelova i uređaja, principima proizvodnje i pretvorbe električne energije s pomoću elektroničkih uređaja, te mehanizmom djelovanja struja elektrona, električki nabijenih čestica, kvantata i elektromagnetskih polja na materiju. *Tehnička (primijenjena) elektronika* bavi se teorijom i praksom primjene elektroničkih sastavnih dijelova, sklopova, aparata, naprava, sistema i uređaja u različitim oblastima ljudske djelatnosti.

U fizičku elektroniku, prema tome, ide izučavanje emisije elektrona, ionizacija u plinovima i čvrstim tijelima, tunelski efekt u degeneriranim poluvodičima, fokusiranje elektronskih snopova, i sl., a u tehničku elektroniku npr. teorija i praksa elektroničkih osciloskopa i mjernih aparata, rendgenskih uređaja, elektroničkih računala, radio-uređaja i televizijskih uređaja, radiolokatora, analizatora energetskih spektara čestica, živinih i poluvodičkih ispravljača i izmjenjivača.

Tehnička se elektronika može podijeliti prema području primjene elektroničkih naprava, sistema i uređaja na informacijsku, jakostrujnu, energetsku i tehnološku. U *informacijsku elektroniku* idu elektronički uređaji za dobivanje, skupljanje, prenos, spremanje i preradu informacija, kao što su različiti elektronički davači, brojači, pretvarači, radio i visokofrekventni sistemi za prenos (npr. s amplitudnom, frekvencijskom, faznom ili impulsnom modulacijom), analogna i digitalna računala. U *jakostrujnu elektroniku* idu elektronički uređaji za promjenu oblika električne energije i za uspostavljanje, održavanje i prekidanje kontinuiteta ili diskontinuiteta strujnih krugova (elektronički ispravljači, stabilizatori i izmjenjivači, elektroničke sklopke i elektronički ventili). *Energetska elektronika* obuhvaća elektroničke uređaje za neposredno pretvaranje toplinske, nuklearne i svjetlosne energije u električnu (npr. magnetohidrodinamičke, termoelektrične i nuklearne generatore, fotoelemente). *Tehnološka elektronika* obuhvaća a) tehnološke operacije koje se češće nazivaju elektrostatičkim, kao što su elektrofiltracija, električno oplemenjivanje ruda, elektrostatičko ličenje, oblaganje i štampanje, elektrostatičko pređenje; b) operacije obrade materijala toplinskom energijom električnog izbijanja (elektroeroziju), operacije obrade materijala mehaničkom ili toplinskom energijom koncentriranog visokoenergetskog snopa svjetlosnih, elektronskih ili ionskih zraka. Kao posebno područje primjene elektronike mogla bi se izdvojiti *elektronika mjernih uređaja* i primjena elektroničkih mjernih aparata (brojača, osciloskopa itd.) npr. u nuklearnoj tehnici i medicini (*nuklearna i medicinska elektronika*).

Osim definicije elektronike date u prednjem izlaganju (i usvojeno naročito u SSSR) nalaze se u literaturi i mnoge druge. Elektrostatičke operacije i elektroerozijska obrada često se ne ubrajaju u elektroniku; mnogi autori (naročito u USA) smatraju elektroničkom samo teoriju i tehniku elektroni, transistora i drugih naprava koje vrše iste funkcije upravljajući tokom elektriciteta u vakuumu, plinovima, tekućinama, poluvodičima, vodičima i supravodljivim tvarima. Većina autora na Zapadu, osim ove elektronike u užem smislu (*unutarnje elektronike*) ubrajaju u elektroniku također sklopove i uređaje u kojima bitnu funkciju vrše naprave kojima se bavi unutarnja elektronika (*vanjsku elektroniku*).

Ukoliko se elektroničkom smatra samo informacijska elektronika, ona se smatra i dijelom one grane elektrotehnike koja se naziva tehnikom slabe struje, mada su i u tako shvaćenoj elektroniци ponekad posjedi visoki naponi. Ako se pojam elektronike daje širi smisao, takva klasifikacija postaje sasvim neadekvatna, jer se u jakostrujnoj, energetskoj i tehnološkoj elektroniци primjenjuju, uz visoke napone, također velike snage (*elektronika snage*). Danas je vrlo rašireno mišljenje da podjela u tehniku jake struje i tehniku slabe struje više ne odgovara stanju elektrotehnike, pa se često govori o elektroenergetici, elektroniци, tehnici telekomunikacija, itd. kao o odvojenim granama elektrotehnike (v. *Elektrotehnika*).

Elektronički uređaji sastavljeni su od *elektroničkih sklopova*, a ovi od (elektroničkih i neelektroničkih) *sastavnih dijelova* ili elemenata, koji jedni s drugima galvanski spojeni predstavljaju električne krugove. Elektronički sklopovi primjenjuju se za vršenje određenih funkcija kao što su pojačanje, modulacija, demodulacija, generiranje različitih valnih oblika ili obavljanje elektroničkih logičkih operacija, a sastavnim dijelovima elektroničkih sklopova nazivaju se oni elementi koji su u sklopu prijeko potrebni za obavljanje tih funkcija.

U ovoj enciklopediji obrađeni su u nizu članaka koji slijede poslije ovog: sastavni dijelovi elektroničkih sklopova i uređaja — neelektronički (pasivni) i elektronički (aktivni) — te sami elektronički sklopovi i uređaji.

Budući da su aktivni elektronički sastavni dijelovi, izravno ili neizravno, glavni predmet teorijske obrade i istraživanja u fizičkoj elektroniци, u članku o sastavnim dijelovima elektroničkih sklopova obrađen je i jedan dio fizičke elektronike. Drugi dijelovi fizičke elektronike obrađeni su u člancima *Električna pražnjenja u plinovima*, *Laseri*, *Plazma*. U članku o elektroničkim sklopovima prikazano je na koje su sve načine elektronički i drugi sastavni dijelovi kombinirani u električne krugove i sklopove različitih namjena, a u člancima o elektroničkim uređajima obrađen je niz uređaja primijenjene (uglavnom informacijske) elektronike. Drugi takvi uređaji obrađeni su u člancima *Elektroakustika i Rendgenska tehnika*. Energetska elektronika bit će obrađena u člancima *Fotoelektricitet*, *Ispravljači*, *Magnetohidrodinamika*, *Termionski elementi*, *Termoelektricitet*. Tehnološka elektronika obrađena je u člancima *Čišćenje plinova*, poglavlje *Elektrostatički precipitatori (elektrofiltri)*, *Elektroerozijska obrada*, *Elektrostatičke operacije*, *Elektrotermija*, *Laseri*, *Plazma*.

Prije izlaganja elektronike u navedenom opsegu, u nastavku se iznose osnovi *teorije pouzdanosti*, koja se razvila u vezi s primjenom elektronike i još se danas u toj vezi najviše upotrebljava.

Pouzdanost se zove sposobnost izratka, uređaja ili sistema, primijenjenog radi izvršavanja određene funkcije, da tu funkciju kroz neko specificirano vrijeme pod određenim uvjetima obavlja na zadovoljavajući način. U suglasju s tom definicijom, vrlo je važan pokazatelj pouzdanosti vjerojatnost da će izradak, uređaj ili sistem (općenito: »proizvod«) po isteku specificiranog vremena t i pod specificiranim uvjetima još obavljati funkciju radi koje je primijenjen, pa se i taj pokazatelj naziva obično pouzdanošću i označava sa R (engl. reliability). Lako je uvidjeti da vrijednost tog pokazatelja zavisi od vrijednosti specificiranog vremena t ; funkcija $R(t)$ zove se *funkcija pouzdanosti*.

U skladu s definicijom vjerojatnosti, pouzdanost $R = R(t)$ može zauzeti bilo koju vrijednost između 0 i 1. Pretpostavlja se da je proizvod u trenutku kad se stavlja u pogon ispravan, pa se može smatrati sigurnim da će on biti ispravan i u intervalu dt nakon stavljanja u pogon, tj. $t = 0 \Rightarrow R(t) = 1$. S druge strane, nevjerojatno je do nemogućnosti da bi proizvod mogao ostati vječno ispravan, tj. $t = \infty \Rightarrow R(t) = 0$. Između $t = 0$ i $t = \infty$ funkcija $R(t)$ monoton opada: što je dulji specificirani razmak vremena t to je manja vjerojatnost da će izradak, uređaj ili sistem preživjeti to vrijeme bez kvara (otkaza). Na sl. 1 a vidi se krivulja koja prikazuje (pomalo idealizirano) funkciju pouzdanosti za slučaj elektroničkih uređaja i način eksperimentalne aproksimacije te krivulje s pomoću histograma.

Histogram u sl. 1 a (v. i TE 3, str. 6) predstavlja grafički prikaz raspodjele pouzdanosti eksperimentalno određene ispitivanjem velikog broja elektroničkih elemenata ili velikog broja ciklusa rada elektroničkih uređaja. Površina pravokutnika podignutog nad pojedinim od intervala vremena na koje je razdijeljeno ukupno vrijeme ispitivanja proporcionalna je broju proizvoda koji su po isteku tog intervala preživjeli bez kvara (otkaza). Ako se ukupna površina tih intervala učini jednakom jedinici (100%), površina pojedinog pravokutnika prikazuje udio (postotak) od ukupnog broja proizvoda koji su do isteka tog intervala preživjeli. Ako se broj intervala povećava tako da teži beskonačnosti, odn. trajanje intervala smanjuje tako da Δt teži prema dt , histogram prelazi u krivulju raspodjele. Ordinata tačke te krivulje s apscisom t prikazuje udio (postotak) proizvoda koji su još ispravni u trenutku $t + dt$, odn. eksperimentalnu vjerojatnost da će pojedini proizvod te vrste trenutak $t + dt$ doživjeti ispravan.

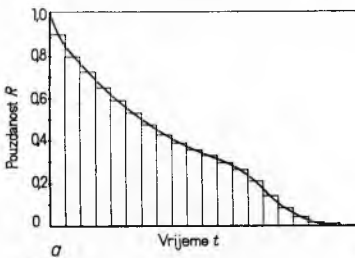
Vjerojatnost $F(t)$ da do trenutka t hoće nastati kvar iznosi $F(t) = 1 - R(t)$ (jer je $R(t) + F(t) = 1$, tj. sigurno je da kvar ili neće ili hoće nastati). Funkcija $F(t)$ nazvana je *funkcijom nepouzdanosti* (F prema engl. failure — kvar). Diferencijalni kvocijent te funkcije po vremenu predstavlja brzinu kojom se u danom trenutku vremena mijenja vjerojatnost nastanka kvara (postotak

kvarova u jedinici vremena u tom trenutku). Ovisnost te vrijednosti o vremenu, funkcija $Y(t)$,

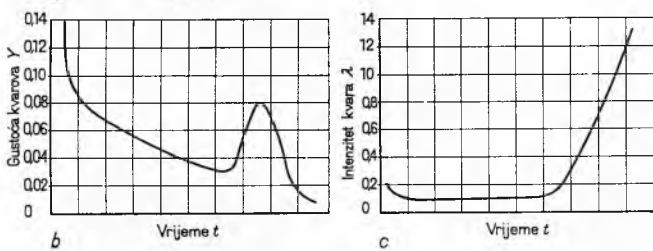
$$Y(t) = \frac{d[F(t)]}{dt} = - \frac{d[R(t)]}{dt}, \quad (1)$$

distribucija gustoće (vjerojatnosti) kvarova, prikazana je krivuljom na sl. 1b za slučaj prikazan krivuljom na sl. 1a. Ta se krivulja može dobiti grafičkim diferenciranjem iz krivulje na slici 1a, a može se dobiti i iz eksperimentalnih podataka o nastanku kvarova, preko histograma u kojemu je površina pravokutnika nad svakim intervalom Δt proporcionalna broju kvarova nastalih u tom intervalu, a ukupna površina svih pravokutnika učinjena jednakom jedinici. Ordinata tačke na toj krivulji s apscisom t pokazuje kolika je brzina (gustoća) nastanka kvara (koliki postotak kvarova nastaje u jedinici vremena) u trenutku t .

Na krivulji sl. 1b mogu se razlikovati tri odsjeka, koji odgovaraju trima periodima u vijeku trajanja kolektiva ispitivanih elektroničkih elemenata ili uređaja, odn. u trajanju jednog uređaja ili sistema između dva generalna remonta (v. dalje). U prvom periodu broj je kvarova u jedinici vremena velik i gustoća vjerojatnosti kvarova brzo opada s vremenom. To je *period početnih kvarova* (period ranih otkaza), koji nastaju zbog konstruktivnih i tehnoloških defekata u elementima, zbog toga što su operatori još nevjesti rukovanju s uređajima, što se kontakti još nisu uohodali, itd. Drugi period predstavlja *period normalnog rada ili normalnog vijeka trajanja* elemenata. On je u usporedbi s ostala dva perioda najdulji (po pravilu mnogo dulji nego što je to prikazano na slici) i u njemu gustoća vjerojatnosti kvarova sporije opada s vremenom. Treći period je *period (otkaza uslijed) istrošenosti uređaja*, kvarovi u njemu nastupaju na slučajan način, nasumce (stohastički), pa je raspodjela gustoće kvarova prikazana zvonolikom krivuljom sličnom Gaussovoj. Ako je posrijedi promatranje uređaja ili sistema u eksploataciji, nastupanje perioda istrošenosti ukazuje na dotrajalost tog uređaja ili sistema i potrebu njegova generalnog remonta ili obustave eksploatacije.



Sl. 1. Karakteristike pouzdanosti. a) Funkcija pouzdanosti, b) distribucija gustoće kvarova, c) funkcija intenziteta kvarova



Iskustvo pokazuje da se funkcija gustoće vjerojatnosti kvarova u periodu početnih kvarova i periodu normalnog vijeka trajanja može dobro aproksimirati funkcijom raspodjele

$$Y(t) = 1 - \exp [-(\lambda t)^k],$$

gdje je λ prosječna relativna brzina kvarenja, tj. prosječni procenat kvarova koji se može očekivati u jedinici vremena, u odnosu prema prosječnom procentu još ispravnih primjeraka u trenutku t , a k je tzv. strmina. U periodu početnih kvarova je $k \neq 1$ (Weibulova raspodjela), a u periodu normalnog vijeka trajanja je $k = 1$ (eksponencijalna raspodjela, specijalni slučaj Poissonove raspodjele). Funkcija pouzdanosti u periodu normalnog vijeka trajanja je u tom slučaju dakle također eksponencijalna:

$$R(t) = - \int_0^t e^{-\lambda t} = \lambda \cdot e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

Prosječna relativna brzina kvarenja, zvana i *intenzitet kvara* (otkaza), uz gustoću vjerojatnosti kvarova i pouzdanost, treći je parametar koji karakterizira sposobnost elektroničkog elementa, uređaja ili sistema da bez kvara poživi određeno vrijeme. I ta je veličina općenito ovisna o vremenu t ; funkcija $\lambda(t)$ naziva se *funkcijom intenziteta kvara* (otkaza) ili *λ -funkcijom*.

Tablica 1
INTENZITET KVARA ELEKTRONIČKIH SASTAVNIH DIJELOVA pri nazivnom opterećenju u umjerenj klimi

Sastavni dio	%/1000 h	Sastavni dio	%/1000 h
Stalni otpornici ugljeni slojni oksidni slojni žičani	0,2 0,01 0,2	Zavojnice za VF	0,05
Potencimetri ugljeni slojni žičani precizioni žičani	0,2 0,1 0,3	Elektronke diode duodiode i triode pentode stabilizatori specijalne	1,0 0,5 0,6 0,5 2,0
Kondenzatori papirni metalpapirni od plastmase keramički od tinjca elektrolitski od aluminijuma od tantala, folija od tantala, sinter	0,1 0,05 0,05 0,01 0,03 0,5 0,1 0,01	Poluvodičke diode tačkaste Ge legirane Si planarne Si	0,05 0,01 0,002
		Tranzistori legirani Ge legirani Si planarni Si	0,1 0,05 0,005
		Lemni spoj	0,03

Ovi podaci iz g. 1966 uzeti su iz priručnika Taschenbuch Elektrotechnik, Herausg. E. Philippow, i dati su samo radi ilustracije. U novije vrijeme određene su tačnije vrijednosti za minimalni, srednji i maksimalni intenzitet kvara velikog broja sastavnih dijelova i sastavljene tablice koeficijenata koji te vrijednosti korigiraju za utjecaj sredine, režima rada, temperature i prirode uređaja u kojima su sastavni dijelovi ugrađeni.

Ako je N ukupni broj ispitivanih primjeraka a $S(t)$ broj još ispravnih primjeraka u trenutku t , pouzdanost $R(t)$ je prema definiciji $S(t)/N$. Intenzitet kvara, $\lambda(t)$ prema upravo navedenoj definiciji prikazan je jednadžbama

$$\lambda(t) = \frac{Y(t)}{S(t)} = \frac{1}{N} \cdot \frac{Y(t)}{R(t)}$$

Ako su funkcije izražene kao vjerojatnosti, tj. za $N = 1$, izlazi da između navedena tri parametra koji karakteriziraju pouzdanost postoji odnos izražen ovom jednadžbom:

$$Y(t) = \lambda(t) \cdot R(t).$$

Iz te jednadžbe s jedn. (1) slijedi

$$d[R(t)] = - \lambda(t) \cdot R(t) dt$$

$$\lambda(t) dt = \frac{d[R(t)]}{R(t)} = - d[\ln R(t)],$$

a iz toga, uz pretpostavku $t = 0 \Rightarrow R(t) = 1$,

$$R(t) = \exp \left(- \int_0^t \lambda(t) dt \right). \quad (3)$$

Na sl. 1c prikazana je grafički λ -funkcija za slučaj prikazan krivuljama na sl. 1a i b. U slici se vidi (a slijedi to i izjednačenjem jednadžbe 3 s jedn. 2) da je u periodu normalnog vijeka trajanja funkcija $\lambda(t)$ konstanta, tj. o vremenu neovisna, ako je funkcija pouzdanosti u tom periodu eksponencijalna. (Period normalnog vijeka trajanja zove se stoga i period konstantnog intenziteta otkaza.) Zbog toga što je za elektroničke naprave i uređaje parametar λ načelno konstantan u periodu koji je najdulji i u eksploataciji najvažniji, on je vrlo pogodan za karakterizaciju pouzdanosti takvih naprava i uređaja. U tabl. 1 navedene su, kao primjer, vrijednosti parametra λ za neke elektroničke sastavne dijelove. Općenito, vrijednost funkcije $\lambda(t)$ predstavlja vjerojatnost da će u jedinici vremena iza datog trenutka nastati kvar (otkaz), uz pretpostavku da do tog trenutka kvara nije bilo.

Konstanta λ , uz eksponencijalnu funkciju pouzdanosti, analogna je konstanti radioaktivnog raspada, ili (negativnoj) kamatnoj stopi pri neprekinutom ukamaćivanju. Moglo bi se reći, obrnuto nego što je naprijed rečeno, i ovako: kad i ako se neprekidno kviri isti udio λ od preživjelih elemenata itd., funkcija pouzdanosti je eksponencijalna.

Jedn. (2) po pravilu vrijedi tačnije za elektroničke uređaje sastavljene od većeg broja (različitih) sastavnih dijelova, nego za pojedine sastavne dijelove same. (Prema tome je i konstantnost vrijednosti $\lambda(t)$ za cijele uređaje po pravilu bolje ostvarena nego za pojedine njihove sastavne dijelove).

Recipročna vrijednost od $\lambda(t)$, $g = m = 1/\lambda(t)$ predstavlja prosječni vijek trajanja g (prosječnu trajnost) proizvoda (kad se njegova pouzdanost određuje tako da se velik broj identičnih proizvoda — koji se ne popravljaju — jednako opterećuje i mjeri vrijeme proteklo do kvara svakog od njih) ili prosječno vrijeme među kvarovima m (kad se uređaj ispituje u eksploataciji; m se onda određuje kao kvocijent ukupnog vremena kroz koje je uređaj bio opterećen i registriranog broja kvarova nastalih — i popravljenih — za to vrijeme). Prosječna trajnost proizvoda g (srednje vrijeme do otkaza) ili prosječno vrijeme među kvarovima m (srednje vrijeme između otkaza) također se, umjesto $\lambda = 1/g = 1/m$, upotrebljava često kao parametar za pouzdanost elektroničkih naprava i uređaja. Iz njega se izračunava vrijednost $t/g = t/m = \lambda t$, tj. broj kvarova koji se može očekivati u razmaku vremena t , a iz te vrijednosti, pomoću jedn. (2), odn. jednadžbe

$$R = \frac{1}{g} e^{-t/g}, \text{ odn. } R = \frac{1}{m} e^{-t/m},$$

izračunava se pouzdanost R , tj. vjerojatnost da dotični proizvod neće doživjeti kvar nakon isteka vremena t od njegove montaže.

Primjer. Uz pretpostavku da je intenzitet kvara prosječnog televizijskog prijemnika $\lambda = 0,7 \cdot 10^{-3}/h$, kolika mu je srednja trajnost (razmak vremena do prvog kvara) i vjerojatnost da neće doći do kvara za godinu dana, ako dnevno radi 5 sati?

Srednja trajnost je $m = 1/\lambda = 10^3/0,7 = 1430 h$. Broj kvarova za godinu dana je $\lambda t = 0,7 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 365 = 1,277$. Pouzdanost (vjerojatnost da neće doći do kvara za godinu dana) iznosi:

$$R = e^{-\lambda t} = e^{-1,277} = 0,359 = 27,9\%.$$

Predviđanje pouzdanosti sklopova i uređaja. Kad se konstruiraju novi sklopovi elektroničkih sastavnih dijelova i elektronički uređaji, konstruktor mora po pravilu uzeti u razmatranje veći broj varijanata i između njih izabrati onu za koju je odnos pouzdanosti i troškova proizvodnje optimalan. Pri tom bi raspolagao najtačnijim vrijednostima za pouzdanost svake varijante sklopa ili uređaja kad bi se pouzdanost eksperimentalno odredila ispitivanjem samih sklopova ili uređaja; to, međutim, po pravilu ne dolazi u obzir jer su takva ispitivanja redovito vrlo dugotrajna. Postupa se stoga tako da se pouzdanosti sklopova i uređaja izračunaju iz pouzdanosti njegovih sastavnih dijelova. Tako izračunati parametri pouzdanosti znatno su manje tačni nego eksperimentalno određeni, jer se izračunavaju uz pretpostavke koje nisu uvijek ostvarene, ali su po pravilu dovoljno tačni za uspoređivanje različitih varijanata konstrukcije.

Vjerojatnost da će više nezavisnih događaja koji se među sobom ne isključuju nastupiti istovremeno, prema zakonima vjerojatnosti jednaka je produktu vjerojatnosti pojedinih događaja. Prema tome, ako se pretpostavi da su moguću kvarovi sastavnih dijelova sklopa ili uređaja među sobom nezavisni (ova pretpostavka ne odgovara uvijek stvarnosti, jer mogu nastupiti tzv. sekundarni kvarovi jednih sastavnih dijelova, uzrokovani kvarom drugih), vjerojatnost da će cijeli sklop ili uređaj sastavljen od n sastavnih dijelova preživjeti neko specificirano vrijeme, tj. njegova pouzdanost, jednaka je umnošku vjerojatnosti da će istovremeno preživjeti svaki pojedini njegov sastavni dio, tj. umnošku pojedinačnih pouzdanosti sastavnih dijelova:

$$R(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t).$$

Ako se razmatranje ograniči na period normalnog vijeka trajanja, ta se jednadžba može pisati

$$R(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t}$$

ili

$$A = \sum_{i=1}^n \lambda_i, R = e^{-A t},$$

gdje je A intenzitet kvara sklopa ili uređaja, λ_i intenziteti kvara sastavnih dijelova.

Razvoj nauke o pouzdanosti i tehnike pouzdanosti pratio je vrtoglavi razvoj elektroneike za vrijeme i poslije drugog svjetskog rata. Osobito su jak poticaj tom razvoju dale vojne administracije. Koliko se u spomenutom periodu povećala primjena elektroničkih uređaja u vojnoj tehnici ilustriraju ovi podaci: predatni civilni avion imao je na sebi elektroničkih uređaja za upravljanje, komunikacije i navigaciju u vrijednosti od ~4000 dolara, jedan poslijeratni avion DC-6 trebao je već elektroničkih uređaja za 50 000 dolara, a mlazni bombarder iz godine 1960 ima elektroničkih uređaja u vrijednosti od preko milion dolara. Potencijalna efikasnost takvih uređaja nije mogla doći do punog izražaja zbog čestih kvarova koji su na njima nastajali (zanimljiv je statistički podatak američke vojske da su za vrijeme korejske kampanje radarski uređaji bili sposobni za rad samo 16% vremena, a telekomunikacijski uređaji 86% vremena). Problem je pouzdanosti postao akutan poslije rata i na drugim područjima primjene elektroneike, a naskoro i na drugim područjima nauke i tehnike uopće. (Treba se samo sjetiti elektroničkih računala sa svojim stotinama hiljada sastavnih dijelova, lansiranja svemirskih raketa i upravljanja svemirskim letjelicama, potpuno automatiziranih pogona i tvornica, i zamisliti se o tome što u njima ovisi o pouzdanosti njihovih uređaja.) Razvija se matematička teorija pouzdanosti i nova grana inženjerstva, tehnika pouzdanosti (reliability engineering). Inženjeri pouzdanosti ispituju sve okolnosti koje mogu utjecati na učestalost kvarova uređaja i utvrđuju kojim se mjerama pri konstrukciji, proizvodnji i eksploataciji uređaja i njihovih sastavnih dijelova može povećati pouzdanost. Izvan područja elektroneike tehnika se pouzdanosti razvila najviše u oblasti automatskih linija alatah strojeva.

LIT.: W. Dow, Fundamentals of engineering electronics, New York 1952. — R. G. Kloeffler, Industrial electronics and control, New York 1960. — E. N. Lurch, Fundamentals of electronics, New York 1960. — S. R. Calabro, Reliability principles and practices, New York 1962. — I. Bazovsky, Reliability theory and practice, Englewood Cliffs, N. J., 1962. — D. Lloyd, M. Lipow, Reliability management. Methods and mathematics, Englewood Cliffs, N. J., 1962. — G. W. A. Dummer, Electronics reliability and microminiaturisation, New York 1962. — П. Г. Камуца, Электроника больших мощностей, Москва 1962. — Я. В. Шор, Статистические методы анализа и контроля качества и надежности, Москва 1962. — R. G. Kloeffler, M. W. Horrel, L. E. Hargrave, Basic electronics, New York 1963. — H. G. Mende, Elektronik und was dahinter steckt, München 1963. — G. F. Corcoran, H. W. Price, Electronics, New York 1963. — W. C. Veergara, Electronics in everyday things, London 1964. — R. H. Myers, K. L. Wong, H. M. Gurdy (ed.), Reliability engineering for electronic systems, New York 1964. — Alven, Reliability engineering, Englewood Cliffs, N. J., 1964. — Б. В. Гнеденко, Статистические методы в теории надежности, Москва 1964. — А. М. Половок, Основы теории надежности, Москва 1964. — Н. А. Шишонок и др., Основы теории надежности и эксплуатации радио электронной техники, Москва 1964. — Н. Н. Дружинин, Надежность устройств автоматики, Москва 1964. — W. T. Runge, Elektronik ist keine Hexerei (Plaudereien), Düsseldorf-Wien 1966. — M. Knoll, J. Eichmeyer, Technische Elektronik, I. Grundlagen der Vakuumtechnik, II. Stromgesteuerte u. elektronenoptische Entladungsgeräte, Berlin-Heidelberg-New York 1965/66. — F. A. Benson, Problems in electronics with solutions, London 1966. — Ch. L. Alley, K. W. Atwood, Electronic engineering, New York 1966. — W. G. Ireson, ed., Reliability handbook, New York 1966. — B. Raković, Elektronika, 2 sv., Beograd 1963/66. — M. Barlič, Kvaliteta in zanesljivost, Ljubljana 1966. — Б. А. Козлов, М. А. Ушаков, Справочник по расчету надежности, Москва 1966. — Л. Н. Добрецов, М. В. Гомолюков, Эмиссионная электроника, Москва 1966. — R. H. Maison, Electronics, New York 1966. — G. W. A. Dummer, System reliability assessment chart, 1967. — H. Jacobowitz, L. Basford, Electronics made simple, London 1967. — W. Bitterlich, Einführung in die Elektronik, Berlin-Heidelberg-New York 1967. — C. L. Hemenway, R. W. Henry, M. Caulton, Physical electronics, New York 1967. — P. E. Gray, Introduction to electronics, New York 1967. — W. Glaser, Elektronik — woher — wohin, Leipzig 1967. — L. Starche, H. Bernhard Leitfaden der Elektronik, 2 Tle, München 1968. — R. Langlois-Berthelot, Durée de vie, fiabilité, disponibilité de matériels, Paris 1968. — G. W. A. Dummer, N. B. Griffin, Zuverlässigkeit in der Elektronik (prijevod s engl.), Leipzig 1968. — M. Schwob, G. Peyrache, Traité de fiabilité, Paris 1969. — R. Worcester, L'électronique (Poche couleurs Larousse, prijevod s engl.), Paris 1969. — Л. И. Волкевич, Надежность автоматических линий, Москва 1969. — H. Störmer, Mathematische Theorie der Zuverlässigkeit, München-Wien 1970. — A. Kaufmann, Zuverlässigkeit in der Technik, München-Wien 1970. — O. Liman, Elektronik ohne Ballast, München 1971. — В. Н. Пучкин, Методологические проблемы надежности, Москва 1971. — А. М. Половок, И. М. Маликов, Сборник задач по теории надежности, Москва 1972.

ELEKTRONIKA, SASTAVNI DIJELOVI. Sastavni dijelovi elektroničkih sklopova jesu oni elementi koji su u sklopu neophodni za vršenje određene elektroničke funkcije.

Sastavni dijelovi elektroničkih sklopova mogu biti *aktivni* ili *pasivni*. Aktivni su sastavni dijelovi ovisni izvori koji imaju sposobnost da pretvaraju električnu energiju jednog oblika u električnu energiju drugog oblika (npr. istosmjernu struju u izmjeničnu, niskofrekventnu u visokofrekventnu); pasivni elementi to ne mogu, nego samo izazivaju pad napona i uvjetuju odnos između električnih veličina kao što su struja, napon ili magnetski tok (v. *Električni krugovi*, str. 52). Elektronički (u smislu definicije elektroneike u prethodnom članku) samo su aktivni sastavni dijelovi, ali se i pasivni sastavni dijelovi, zbog bitne uloge koju imaju u ostvarivanju funkcije sklopa, prikazuju u okviru elektroneike. Među elektroničke sastavne dijelove ubrajaju se i *integrirani krugovi*, iako oni predstavljaju sklopove a ne elemente, jer su izvedeni kao homogene integralne cjeline koje se ne mogu rastaviti u pojedine sastavne dijelove (iako oni postoje), a služe kao sastavni dijelovi većih sklopova.

Nominalna vrijednost, tolerancija i stabilnost sastavnih dijelova elektroničkih sklopova. Za svaki sastavni dio elektroničkih sklopova određuje se u toku proizvodnog procesa *nazivna (nominalna) vrijednost* njegove pripadne karakteristične fizičke veličine; za neki otpornik, npr., nazivni otpor 100 Ω . Iznosi