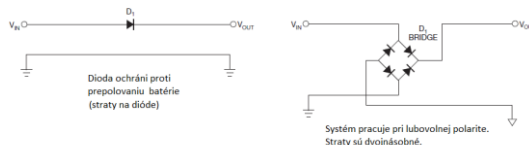
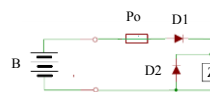


Príklad:

Ochrana pred prepólovaním zdroja:
Buď D1, alebo D2.

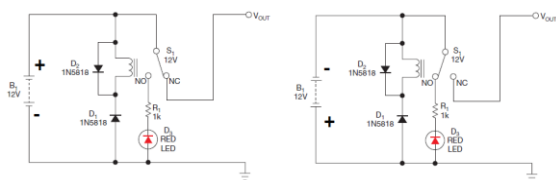
1. Batéria pripojená správne.
Nevýhoda: úbytok na D1
2. Batéria je pripojená nesprávne.
Diódou D2 tečie veľký prúd, ktorý prepáli poistku Po.



1

Príklad:

Ochrana pred prepólovaním zdroja bez úbytku napätia, bez strát:

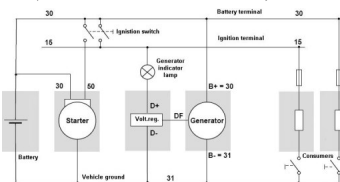


Navrhните ochranu proti prepólovaniu batérie pomocou výkonového P MOS, resp. N MOS tranzistora.

3

Normované značenie svoriek:

- 10 nespínaný plus pól palubnej siete
11 cievka zapalovania, nízkonapätový výstup
4 cievka zapalovania, vysokonapätový výstup
30 nespínaný plus pól palubnej siete
31 nespínaný minus pól palubnej siete (minus akumulátora alebo kostra vozidla)
15 spínané plus palubnej siete



Farebné značenie vodičov:

- | | |
|---------|--------|
| Čierna | Zelená |
| Modrá | Hnedá |
| Červená | |



- 85 – cievka spinania na kostru (koniec vinutia)
86 – cievka spinania na plus (začiatok vinutia)
87 – výstup z pracovného okruhu

1

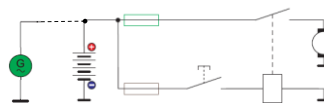
Rozdelenie elektrickej siete vo vozidle podľa účelu

Elektrické obvody vo vozidle sa označujú číslami a písmenami veľkej abecedy.
Rôzni výrobcovia, rôzne značenie (fa koncernu VW):

broj	opisana	
15a	opisati plus za sklonjenosti (opisati za skloniti / skloniti)	
15b	opisati plus za skloniti skloniti (za popadati)	
30	opisati plus skloniti za skloniti skloniti	
30a	opisati plus za skloniti skloniti (za popadati)	
30b	opisati plus skloniti plus skloniti skloniti skloniti skloniti skloniti	
31	opisati skloniti skloniti skloniti skloniti	
35	opisati za skloniti skloniti plus skloniti	
5a	brakovi skloniti	
5b	opisati za skloniti skloniti plus skloniti / skloniti skloniti	
5c	skloniti skloniti	
55a	skloniti skloniti skloniti	
55b	skloniti skloniti skloniti	
55c	skloniti skloniti skloniti skloniti	
55d	skloniti skloniti	
55e	skloniti skloniti	
55f	skloniti skloniti	
55g	skloniti skloniti	
55h	skloniti skloniti	
55i	skloniti skloniti	
55j	skloniti skloniti	
55k	skloniti skloniti	
55l	skloniti skloniti	
55m	skloniti skloniti	
55n	skloniti skloniti	
55o	skloniti skloniti	
55p	skloniti skloniti	
55q	skloniti skloniti	
55r	skloniti skloniti	
55s	skloniti skloniti	
55t	skloniti skloniti	
55u	skloniti skloniti	
55v	skloniti skloniti	
55w	skloniti skloniti	
55x	skloniti skloniti	
55y	skloniti skloniti	
55z	skloniti skloniti	
55aa	skloniti skloniti	
55ab	skloniti skloniti	
55ac	skloniti skloniti	
55ad	skloniti skloniti	
55ae	skloniti skloniti	
55af	skloniti skloniti	
55ag	skloniti skloniti	
55ah	skloniti skloniti	
55ai	skloniti skloniti	
55aj	skloniti skloniti	
55ak	skloniti skloniti	
55al	skloniti skloniti	
55am	skloniti skloniti	
55an	skloniti skloniti	
55ao	skloniti skloniti	
55ap	skloniti skloniti	
55aq	skloniti skloniti	
55ar	skloniti skloniti	
55as	skloniti skloniti	
55at	skloniti skloniti	
55au	skloniti skloniti	
55av	skloniti skloniti	
55aw	skloniti skloniti	
55ax	skloniti skloniti	
55ay	skloniti skloniti	
55az	skloniti skloniti	
55ba	skloniti skloniti	
55bb	skloniti skloniti	
55bc	skloniti skloniti	
55bd	skloniti skloniti	
55be	skloniti skloniti	
55bf	skloniti skloniti	
55bg	skloniti skloniti	
55bh	skloniti skloniti	
55bi	skloniti skloniti	
55bj	skloniti skloniti	
55bk	skloniti skloniti	
55bl	skloniti skloniti	
55bm	skloniti skloniti	
55bn	skloniti skloniti	
55bo	skloniti skloniti	
55bp	skloniti skloniti	
55bq	skloniti skloniti	
55br	skloniti skloniti	
55bs	skloniti skloniti	
55bt	skloniti skloniti	
55bu	skloniti skloniti	
55bv	skloniti skloniti	
55bw	skloniti skloniti	
55bx	skloniti skloniti	
55by	skloniti skloniti	
55bz	skloniti skloniti	
55ca	skloniti skloniti	
55cb	skloniti skloniti	
55cc	skloniti skloniti	
55cd	skloniti skloniti	
55ce	skloniti skloniti	
55cf	skloniti skloniti	
55cg	skloniti skloniti	
55ch	skloniti skloniti	
55ci	skloniti skloniti	
55cj	skloniti skloniti	
55ck	skloniti skloniti	
55cl	skloniti skloniti	
55cm	skloniti skloniti	
55cn	skloniti skloniti	
55co	skloniti skloniti	
55cp	skloniti skloniti	
55cq	skloniti skloniti	
55cr	skloniti skloniti	
55cs	skloniti skloniti	
55ct	skloniti skloniti	
55cu	skloniti skloniti	
55cv	skloniti skloniti	
55cw	skloniti skloniti	
55cx	skloniti skloniti	
55cy	skloniti skloniti	
55cz	skloniti skloniti	
55da	skloniti skloniti	
55db	skloniti skloniti	
55dc	skloniti skloniti	
55dd	skloniti skloniti	
55de	skloniti skloniti	
55df	skloniti skloniti	
55dg	skloniti skloniti	
55dh	skloniti skloniti	
55di	skloniti skloniti	
55dj	skloniti skloniti	
55dk	skloniti skloniti	
55dl	skloniti skloniti	
55dm	skloniti skloniti	
55dn	skloniti skloniti	
55do	skloniti skloniti	
55dp	skloniti skloniti	
55dq	skloniti skloniti	
55dr	skloniti skloniti	
55ds	skloniti skloniti	
55dt	skloniti skloniti	
55du	skloniti skloniti	
55dv	skloniti skloniti	
55dw	skloniti skloniti	
55dx	skloniti skloniti	
55dy	skloniti skloniti	
55dz	skloniti skloniti	
55ea	skloniti skloniti	
55eb	skloniti skloniti	
55ec	skloniti skloniti	
55ed	skloniti skloniti	
55ee	skloniti skloniti	
55ef	skloniti skloniti	
55eg	skloniti skloniti	
55eh	skloniti skloniti	
55ei	skloniti skloniti	
55ej	skloniti skloniti	
55ek	skloniti skloniti	
55el	skloniti skloniti	
55em	skloniti skloniti	
55en	skloniti skloniti	
55eo	skloniti skloniti	
55ep	skloniti skloniti	
55eq	skloniti skloniti	
55er	skloniti skloniti	
55es	skloniti skloniti	
55et	skloniti skloniti	
55eu	skloniti skloniti	
55ev	skloniti skloniti	
55ew	skloniti skloniti	
55ex	skloniti skloniti	
55ey	skloniti skloniti	
55ez	skloniti skloniti	
55fa	skloniti skloniti	
55fb	skloniti skloniti	
55fc	skloniti skloniti	
55fd	skloniti skloniti	
55fe	skloniti skloniti	
55ff	skloniti skloniti	
55fg	skloniti skloniti	
55fh	skloniti skloniti	
55fi	skloniti skloniti	
55fj	skloniti skloniti	
55fk	skloniti skloniti	
55fl	skloniti skloniti	
55fm	skloniti skloniti	
55fn	skloniti skloniti	
55fo	skloniti skloniti	
55fp	skloniti skloniti	
55fq	skloniti skloniti	
55fr	skloniti skloniti	
55fs	skloniti skloniti	
55ft	skloniti skloniti	
55fu	skloniti skloniti	
55fv	skloniti skloniti	
55fw	skloniti skloniti	
55fx	skloniti skloniti	
55fy	skloniti skloniti	
55fz	skloniti skloniti	
55ga	skloniti skloniti	
55gb	skloniti skloniti	
55gc	skloniti skloniti	
55gd	skloniti skloniti	
55ge	skloniti skloniti	
55gf	skloniti skloniti	
55gg	skloniti skloniti	
55gh	skloniti skloniti	
55gi	skloniti skloniti	
55gj	skloniti skloniti	
55gk	skloniti skloniti	
55gl	skloniti skloniti	
55gm	skloniti skloniti	
55gn	skloniti skloniti	
55go	skloniti skloniti	
55gp	skloniti skloniti	
55gq	skloniti skloniti	
55gr	skloniti skloniti	
55gs	skloniti skloniti	
55gt	skloniti skloniti	
55gu	skloniti skloniti	
55gv	skloniti skloniti	
55gw	skloniti skloniti	
55gx	skloniti skloniti	
55gy	skloniti skloniti	
55gz	skloniti skloniti	
55ha	skloniti skloniti	
55hb	skloniti skloniti	
55hc	skloniti skloniti	
55hd	skloniti skloniti	
55he	skloniti skloniti	
55hf	skloniti skloniti	
55hg	skloniti skloniti	
55hh	skloniti skloniti	
55hi	skloniti skloniti	
55hj	skloniti skloniti	
55hk	skloniti skloniti	
55hl	skloniti skloniti	
55hm	skloniti skloniti	
55hn	skloniti skloniti	
55ho	skloniti skloniti	
55hp	skloniti skloniti	
55hq	skloniti skloniti	
55hr	skloniti skloniti	
55hs	skloniti skloniti	
55ht	skloniti skloniti	
55hu	skloniti skloniti	
55hv	skloniti skloniti	
55hw	skloniti skloniti	
55hx	skloniti skloniti	
55hy	skloniti skloniti	
55hz	skloniti skloniti	
55ia	skloniti skloniti	
55ib	skloniti skloniti	
55ic	skloniti skloniti	
55id	skloniti skloniti	
55ie	skloniti skloniti	
55if	skloniti skloniti	
55ig	skloniti skloniti	
55ih	skloniti skloniti	
55ii	skloniti skloniti	
55ij	skloniti skloniti	
55ik	skloniti skloniti	
55il	skloniti skloniti	
55im	skloniti skloniti	
55in	skloniti skloniti	
55io	skloniti skloniti	
55ip	skloniti skloniti	
55iq	skloniti skloniti	
55ir	skloniti skloniti	
55is	skloniti skloniti	
55it	skloniti skloniti	
55iu	skloniti skloniti	
55iv	skloniti skloniti	
55iw	skloniti skloniti	
55ix	skloniti skloniti	
55iy	skloniti skloniti	
55iz	skloniti skloniti	
55ja	skloniti skloniti	
55jb	skloniti skloniti	
55jc	skloniti skloniti	
55jd	skloniti skloniti	
55je	skloniti skloniti	
55jf	skloniti skloniti	
55jg	skloniti skloniti	
55jh	skloniti skloniti	
55ji	skloniti skloniti	
55jj	skloniti skloniti	
55jk	skloniti skloniti	
55jl	skloniti skloniti	
55jm	skloniti skloniti	
55jn	skloniti skloniti	
55jo	skloniti skloniti	
55jp	skloniti skloniti	
55jq	skloniti skloniti	
55jr	skloniti skloniti	
55js	skloniti skloniti	
55jt	skloniti skloniti	
55ju	skloniti skloniti	
55jv	skloniti skloniti	
55jw	skloniti skloniti	
55jx	skloniti skloniti	
55jy	skloniti skloniti	
55jz	skloniti skloniti	
55ka	skloniti skloniti	
55kb	skloniti skloniti	
55kc	skloniti skloniti	
55kd	skloniti skloniti	
55ke	skloniti skloniti	
55kf	skloniti skloniti	
55kg	skloniti skloniti	
55kh	skloniti skloniti	
55ki	skloniti skloniti	
55kj	skloniti skloniti	
55kk	skloniti skloniti	
55kl	skloniti skloniti	
55km	skloniti skloniti	
55kn	skloniti skloniti	
55ko	skloniti skloniti	
55kp	skloniti skloniti	
55kq	skloniti skloniti	
55kr	skloniti skloniti	
55ks	skloniti skloniti	
55kt	skloniti skloniti	
55ku	skloniti skloniti	
55kv	skloniti skloniti	
55kw	skloniti skloniti	
55kx	skloniti skloniti	
55ky	skloniti skloniti	
55kz	skloniti skloniti	
55la	skloniti skloniti	
55lb	skloniti skloniti	
55lc	skloniti skloniti	
55ld	skloniti skloniti	
55le	skloniti skloniti	
55lf	skloniti skloniti	
55lg	skloniti skloniti	
55lh	skloniti skloniti	
55li	skloniti skloniti	
55lj	skloniti skloniti	
55lk	skloniti skloniti	
55ll	skloniti skloniti	
55lm	skloniti skloniti	
55ln	skloniti skloniti	
55lo	skloniti skloniti	
55lp	skloniti skloniti	
55lq	skloniti skloniti	
55lr	skloniti skloniti	
55ls	skloniti skloniti	
55lt	skloniti skloniti	
55lu	skloniti skloniti	
55lv	skloniti skloniti	
55lw	skloniti skloniti	
55lx	skloniti skloniti	
55ly	skloniti skloniti	
55lz	skloniti skloniti	
55ma	skloniti skloniti	
55mb	skloniti skloniti	
55mc	skloniti skloniti	
55md	skloniti skloniti	
55me	skloniti skloniti	
55mf	skloniti skloniti	
55mg	skloniti skloniti	
55mh	skloniti skloniti	
55mi	skloniti skloniti	
55mj	skloniti skloniti	
55mk	skloniti skloniti	
55ml	skloniti skloniti	
55mn	skloniti skloniti	
55mo	skloniti skloniti	
55mp	skloniti skloniti	
55mq	skloniti skloniti	
55mr	skloniti skloniti	
55ms	skloniti skloniti	
55mt	skloniti skloniti	
55mu	skloniti skloniti	
55mv	skloniti skloniti	
55mw	skloniti skloniti	
55mx	skloniti skloniti	
55my	skloniti skloniti	
55mz	skloniti skloniti	
55na	skloniti skloniti	
55nb	skloniti skloniti	
55nc	skloniti skloniti	
55nd	skloniti skloniti	
55ne	skloniti skloniti	
55nf	skloniti skloniti	
55ng	skloniti skloniti	
55nh	skloniti skloniti	
55ni	skloniti skloniti	
55nj	skloniti skloniti	
55nk	skloniti skloniti	
55nl	skloniti skloniti	
55nm	skloniti skloniti	
55nn	skloniti skloniti	
55no	skloniti skloniti	
55np	skloniti skloniti	
55nq	skloniti skloniti	
55nr	skloniti skloniti	
55ns	skloniti skloniti	
55nt	skloniti skloniti	
55nu	skloniti skloniti	
55nv	skloniti skloniti	
55nw	skloniti skloniti	
55nx	skloniti skloniti	
55ny	skloniti skloniti	
55nz	skloniti skloniti	
55oa	skloniti skloniti	
55ob	skloniti skloniti	
55oc	skloniti skloniti	
55od	skloniti skloniti	
55oe	skloniti skloniti	
55of	skloniti skloniti	
55og	skloniti skloniti	
55oh	skloniti skloniti	
55oi	skloniti skloniti	
55oj	skloniti skloniti	
55ok	skloniti skloniti	
55ol	skloniti skloniti	
55om	skloniti skloniti	
55on	skloniti skloniti	
55oo	skloniti skloniti	
55op	skloniti skloniti	
55oq	skloniti skloniti	
55or	skloniti skloniti	
55os	skloniti skloniti	
55ot	skloniti skloniti	
55ou	skloniti skloniti	
55ov	skloniti skloniti	
55ow	skloniti skloniti	

5

Príklad elektrického obvodu:



Istenie spotrebičov a vedení:

Účel: Ochrana pred nadmerným prúdom (skrat na ľubovoľnom mieste vedenia).

Zmenšenie nebezpečenstva požiaru

Istenie nie je normované:

Amerika: zopár poistiek

Európa: prakticky každý obvod je samostatne istený

Používání sa:

tavné poistky
(tepelné ističe)

1

Poistky:

Porcelánové:

Plastové: Označenie farbou

7,5 A hnedá 10 A červená
 15 A modrá 20 A žltá
 25 A biela 30 A zelená



Poistky reagujú na nadprúd:
 2% prenuší poistku skorej ako za hodinu
 3% prenuší poistku do niekoľkých sekúnd
 Poistky chránia vodiče voči skratom.

Ističe:

Jadro tvorí bimetal.

Chránia jednotlivé prvky (napr. motorčeky), nie vodiče.

Odpájače baterky:

Namontované sú pri baterke. Odpájajú + pól.

Aktivované sú airbagom.

Dve prevedenia: – pyropatron.

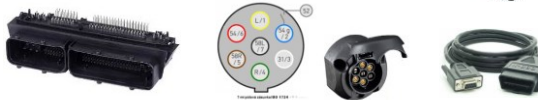
– elektrický odpájač.

Konektory:**Nenormované:**

Výrobené na objednávku výrobcu auta
 Napr. Pripojenie snímačov, spotrebičov,
 radiacích jednotiek, ...
 Prepojenie káblových zväzkov

Normované:

Autorádio.
 Príviesné vozíky:
 – 7 kolikové
 – 13 kolikové
 OBD konektor



Pin	Symbol	Stavka	Barva	Popis
1		L	žltá	pravé smerové svetlo
2		R	modrá	ľavé smerové svetlo
3		31	biela	svetlá voz (i- pól)
4		R	zelená	pravé smerové svetlo
5		58R	hnědá	pravé obyčtové svetlo
6		54	červená	ľavé obyčtové svetlo
7		58L	černá	pravé obyčtové svetlo
8		52	modrá	výstup vypínače z nízkeho na vysoké

8

Klasický (stará) koncepcia rozvodu: – „jednovodičová“ elektrická sústava

– záporná kostra

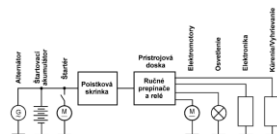
– 12 V / 24 V napájacie napätie

Súčasnosť (pomaly minulosti):

- 12V rozvodná sieť (24V nákladné vozidlá a autobusy).
- Elektrická energia sa v pristrojovej doske rozdeľuje pre jednotlivé spotrebiče.
- Ku každému spotrebiču vedie samostatné vedenie.

Budúcnosť:

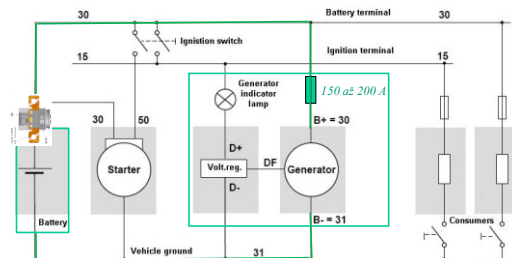
- predpokladá sa použitie batérií s vyšším napätím (účinnosť).
- rôzne napájacie napätia (veľkosť, ac, dc).
- napätia budú individuálne prispôbované jednotlivým spotrebičom.



9

Bloková schéma vozidla

Obvod zdrojov

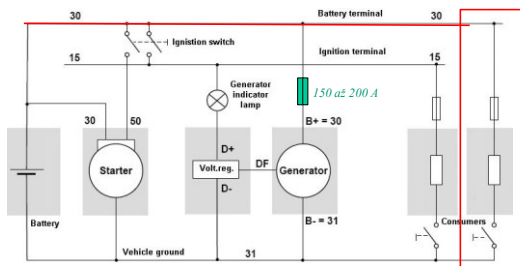


10

Bloková schéma vozidla

Obvody pohotovostných spotrebičov „30“:

- Vnútročné osvetlenie, montážna zásuvka, zásuvka pre pripojné vozidlo,
 brzďové svetlá, klaksón, ...

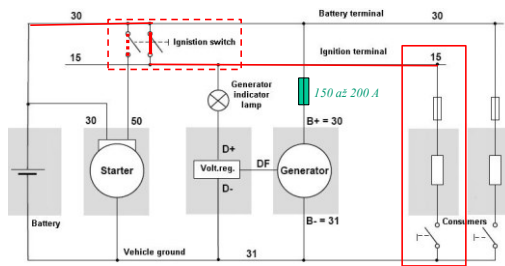


11

Bloková schéma vozidla

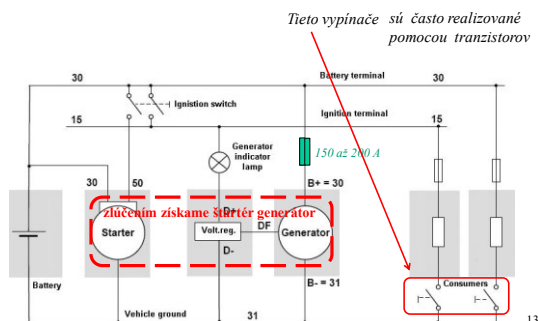
Obvody denných spotrebičov „15“:

- Zapalovanie, smerovky, stierače, ...



12

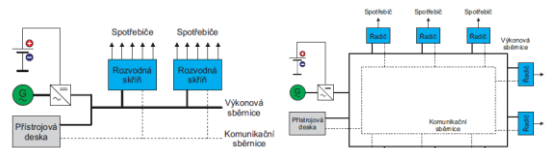
Bloková schéma vozidla



Moderná(nová) koncepcia rozvodu predpokladá použitie výkonovej a komunikačnej zbernice



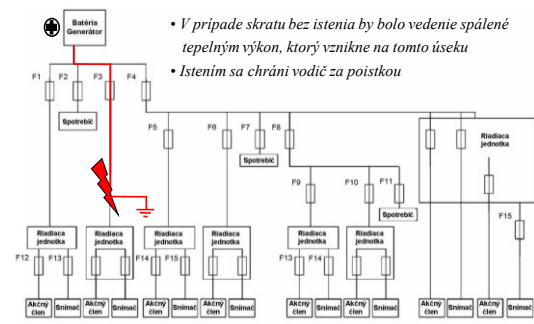
- komunikačná zbernica: (Riadenie výkonových akčných členov pomocou signálov z riadiacej jednotky. Jednotlivé spotrebiče, resp. skupiny spotrebičov budú mať samostatné ovládanie - riadenie.)
- výkonová zbernica: Potrebný výkon bude do rozvodných skriniek dodávaný cez výkonovú zbernicu.



- „adresovanie“
- „inteligencia“

14

Kabeláž vozidla – systém istenia



- V prípade skratu bez istenia by bolo vedenie spálené tepelným výkonom, ktorý vznikne na tomto úseku
- Istenie sa chráni vodič za poistkov

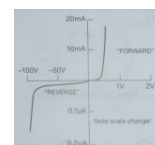
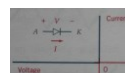
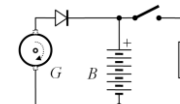
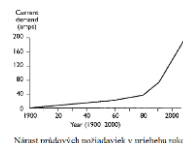
Dobíjanie

Alternátor – zdroj AC napätia. Na nabíjanie batérie potrebujeme DC, na viac konštantné bez ohľadu na otáčky motora a požiadaviek na elektrických odber (napr. osvetlenia, klimatizácia, ...). Alternátor musí dokázať generovať energiu aj pri voľnoběžných otáčkach motora.

- Elektrický systém automobilu tvoria:
 - alternátor; pri prevádzke motora má vyššie napätie ako batéria. Alternátor napája spotrebiče a nabíja batériu
 - batéria; dodáva energiu, keď motor nepracuje
 - spotrebiče

„Smerovanie“ energie ovládajú DIÓDY.

Regulátor napätia alternátora býva nastavený na $14.2V \pm 0.2V$ pre 12V batériu.

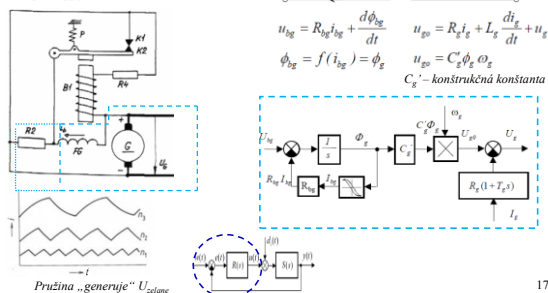


16

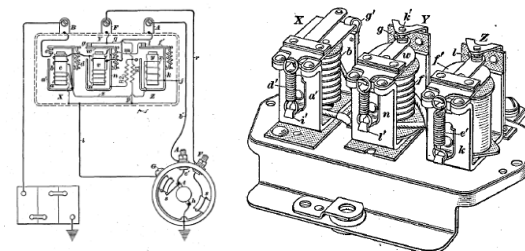
Princíp dobíjania batérie

Princíp dobíjania batérie si ukážeme na riadení napätia dynam.

if $U_G > U_{zelená}$ then K1-K2 = off else K1-K2 = on



Riadenie dobíjania batérie

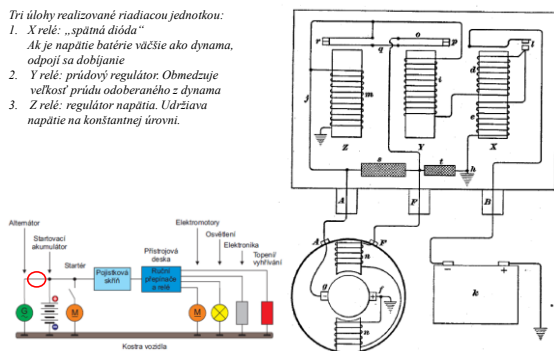


18

Riadenie dobijania batérie

Tri úlohy realizované riadiacou jednotkou:

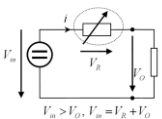
1. X relé: „spätná dióda“
Ak je napätie batérie väčšie ako dynamo, odpojí sa dobíjanie
2. Y relé: prúdový regulátor. Obmedzuje veľkosť prúdu odoberaného z dynamo
3. Z relé: regulátor napätia. Udržiava napätie na konštantnej úrovni.



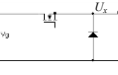
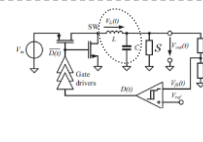
19

DC-DC menič Zjednodušený pohľad na syntézu

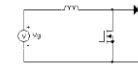
– Nevýhodou lineárnych stabilizátorov napätia, je ich nízka účinnosť.



- DC-DC meniče, spínané napájacie zdroje dosahujú vyššiu účinnosť.
- Spínaný zdroj je regulačný obvod na konštantnú hodnotu.
- Odber z meniča, záťaž, kolísanie napájacieho napätia, ... sú poruchové veličiny, ktorých vplyv treba minimalizovať.
- Zníženie regulovaného napätia patrí medzi kvalitatívne parametre spínaného zdroja.
- Spínané zdroje majú sú rôzneho prevedenia:
- Plnenie pl (D, DC) je bezrozmerné číslo z intervalu 0 až 1



“Buck” konfigurácia
 $V_O/V_g = pl$



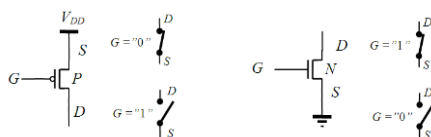
“Boost” konfigurácia
 $V_O/V_g = 1/(1-pl)$

20

Kľudový prúd vozidla

Ak chceme hovoriť o kľudovom odbere, treba si uvedomiť, že

- až na malé výnimky je „kontakt - vypínač“ nahradený „tranzistorom“

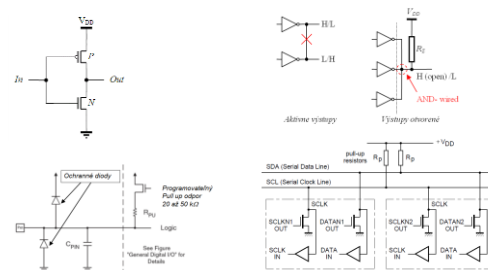


21

Kľudový prúd vozidla

Ak chceme hovoriť o kľudovom odbere, treba si uvedomiť, že

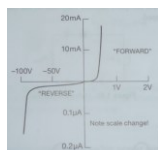
- Na zbernici je pripojený pin procesora jedným zo spôsobov



Kľudový prúd vozidla

Ak chceme hovoriť o kľudovom odbere, treba si uvedomiť, že

- dióda vedie prúd v oboch smeroch

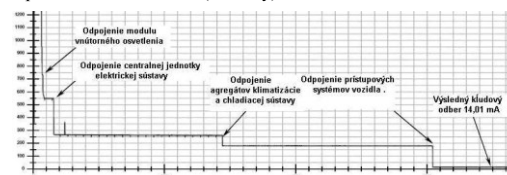


- riadenie je realizované mikrokontrolermi, niektoré odpojme od napájania, iné utlmíme:
 - IDLE mode,
 - POWER-SAVE mode a
 - POWER-DOWN mode
- napájanie mikrokontrolerov je poväčšine „5V“ a menej, palubná sieť má 12V.
- pomocou odporových deličov treba prispôbiť úroveň signálov.

23

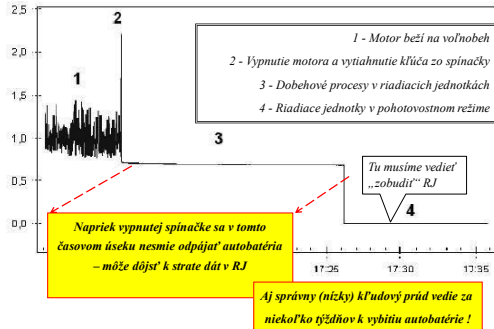
Kľudový prúd vozidla

je prúd, ktorý odoberá vozidlo ako celok zo zdroja (napr. batérie) v pohotovostnom režime (Standby).



24

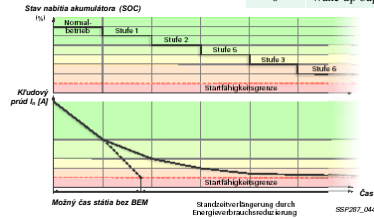
Kľudový prúd vozidla



25

Manažér kľudového prúdu:

Vypínací stupeň	Funkčná oblasť
1	Obmedzenia Komfortnej oblasti
2	Ďalšie obmedzenia v Komfortnej oblasti Obmedzenia v oblasti infotainment-u
3	Obmedzenia kľudového prúdu
4	Transportný režim
5	Vypínanie prídavného kúrenia
6	Wake-up odpovedajúcej RJ



26

Prvky elektrického obvodu:

Prvky elektrického obvodu sú do elektrického obvodu zapájané pomocou pólov, svoriek.
Podľa počtu pólov ich delíme na:

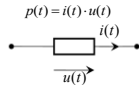
- dvojpól (popíšeme ho pomocou V-A charakteristik $i = f(u)$, resp. $u = f(i)$)

- trojpól
- n-pól.

Prvky elektrického obvodu môžu byť $p(t) > 0$

- pasívne, nemôžu trvale dodávať energiu, resp.

- aktívne, môžu trvale dodávať energiu. $p(t) < 0$



Ideálny dvojpól môžeme popísať pomocou jedného parametra:

- rezistor
- kapacitor
- induktor
- zdroj napätia
- zdroj prúdu

Základné dvojpóly:

Pasívne

Ideálny rezistor
(odpor)



Ideálny induktor
(cievka)



Ideálny kapacitor
(kondenzátor)



Aktívne

Ideálny zdroj napätia



Ideálny zdroj prúdu



Ideálne dvojpóly sú zjednodušením skutočných elektronických prvkov. Reálne dvojpóly modelujeme pomocou ideálnych.

27

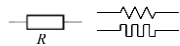
28

Ideálny rezistor:

Jednotka elektrického odporu: Ohm; $1 \Omega = V/A$

Jednotka je pomenovaná po nemeckom vedcovi Georg Simon Ohm, (1789-1854).

Značky:



Ohmov zákon: $u_R(t) = R \cdot i_R(t)$ resp. $i_R(t) = R^{-1} \cdot u_R(t) = G \cdot u_R(t)$

G – elektrická vodivosť. $[S = \Omega^{-1}]$

Jednotka: Siemens

Jednotka je pomenovaná po nemeckom elektrotechnikovi: Werner von Siemens (1816 - 1892).

Elektrický odpor:

G.S. Ohm vykonal sériu pokusov (pri konštantnej teplote).

Meral závislosť „napätie je funkciou pretekajúceho prúdu“. $U = R \cdot I$

Konštanta úmernosti R je funkciou:

- materiálu
- ρ [Ωm], rezistivity, (merný odpor)
- geometrických rozmerov:
- S [m^2], prierez
- l [m], dĺžka

$$R = \rho \frac{l}{S}; [\Omega; \Omega m, m, m^2]$$

Rezistivity:

- striebro (20°C): $1,63 \cdot 10^{-8} [\Omega m]$ izolanty (20°C): $1 \cdot 10^{16} [\Omega m]$

Merný odpor sme udávali pri teplote $T = 20^\circ C \Rightarrow$, v praxi treba písať:

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta T); [\Omega m; \Omega m, ? , ^\circ C]$$

Kde: ρ_0 [Ωm] je počiatočný merný odpor,

ΔT [$^\circ C$] je rozdiel teplôt

α [$^\circ C^{-1}$] je teplotný súčiniteľ elektrického odporu.

Prevrátená hodnota merného elektrického odporu je merná elektrická vodivosť.

Matéria	ρ [$10^{-8} \Omega m$]	Temp. súčiniteľ α
med'	1,75	0,004
bronz	2,4	0,001
hliník	3,3	0,0037
zliatko	13	0,0048
mossad	7,8	0,0015
nikalín	40	< 0,0001
konstantan	50	< 0,0001
manganín	42	< 0,0001
striebro	1,60	0,0038
platina	9,4	0,0024

30

29

Příklad:

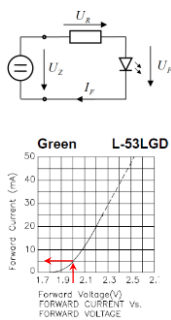
Úlohou je navrhnúť rezistor, tak, aby led diodou tiekol prúd
 $I_F = 5 \text{ mA}$, ktorému odpovedá $U_F = 2 \text{ V}$.
 Hodnotu R vypočítame podľa Ohmovho zákona.

$$R = \frac{U_z - U_F}{I_F} = \frac{5 - 2}{0.005} = 600[\Omega]$$

Takáto hodnota odporu sa nevyrába. Ako postupovať?
 Vyberieme najbližší vyšší vyrábaný.
 Prikon rezistora je 0.015 W

Rezistory sa vyrábajú v radoch.
 E6, E12, E24, E48, E96, E192
 Číslo predstavuje počet hodnôt v rade.
 Tomu odpovedá presnosť:
 $\pm 20\%$ $\pm 10\%$ $\pm 5\%$ $\pm 2.5\%$ $\pm 1\%$ $\pm 0.5\%$

Rezistory sú vyrábané vo veľkom rozsahu hodnôt.
 Každá dekáda musí byť rovnomerne pokrytá so zarúčenou presnosťou.
 Rady do technickej praxe zaviedol francúzsky technik Charles Renard.

**Rady rezistorov:**

E6 (20%)	10	15	22	33	47	68	R192 (0.5%)	100	101	102	104	105	106	107	108	109	110	111	113	114	115	116	117	118	119	120																																																																																																																																																																
E12 (10%)	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82	121	123	125	126	127	129	130	132	133	135	137	138	140	142	143	145	147	149	150	152	154	156	158	160	162	164	165	167	169	174	176	178	180	182	184	187	189	191	193	196	200	203	205	208	210	213	215	218	221	223	226	229	232	234	237	240	243	246	249	252	255	258	261	264	267	271	274	277	280	284	287	291	294	298	301	305	309	312	316	320	324	328	332	336	340	344	348	352	357	361	365	370	374	379	383	388	392	397	402	407	412	417	422	427	432	437	442	448	453	459	464	470	475	481	487	493	499	505	511	517	523	530	536	542	549	556	562	569	576	583	590	597	604	612	619	626	634	642	649	655	665	673	681	690	698	706	715	723	732	741	750	759	768	777	787	796	806	816	825	835	845	856	866	876	887	898	909	919	931	942	953	965	976	988
E24 (5%)	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91																																																																																																																																																																		
E48 (2.5%)	100	105	110	115	121	127	133	140	147	154	162	169	178	187	196	205	215	226	237	249	261	274	287	301	316	332	348	365	383	402	422	442	464	487	511	536	562	590	619	649	681	715	750	787	825	866	909	953																																																																																																																																										
E96 (1%)	100	102	105	107	110	113	115	118	121	124	127	130	133	137	140	143	147	150	154	158	162	165	169	174	178	182	187	191	196	200	205	210	215	221	226	232	237	243	249	255	261	267	274	279	284	289	294	298	301	305	309	312	316	320	324	328	332	336	340	344	348	352	357	361	365	370	374	379	383	388	392	397	402	407	412	417	422	427	432	437	442	448	453	459	464	470	475	481	487	493	499	505	511	517	523	530	536	542	549	556	562	569	576	583	590	597	604	612	619	626	634	642	649	655	665	673	681	690	698	706	715	723	732	741	750	759	768	777	787	796	806	816	825	835	845	856	866	876	887	898	909	919	931	942	953	965	976	988																																						

Podľa tolerancie menovitého odporu sú rezistory zaradené do skupín, ktoré sa označujú písmenami alebo farebným kódom.

31

32

Rady rezistorov:**Menovitý odpor rezistora**

Menovitý odpor je predpokladaný odpor súčiastky udávaný v OHMOCH.

Menovitý odpor je na súčiastke vyznačený kódom vytvoreným skupinou čísla a písmen alebo farebnými páskami.

Bežne používané symboly:

- R Ohm - K kilo (10^3)

- M mega (10^6) - G giga (10^9)

Písmeno je umiestnené na mieste desatinnej čiarky.

Príklady: $2 \text{ k}\Omega = 2R2$, $390\Omega = 390R$,
 $100\text{k}\Omega = 100K$.

Farebné značenie

- 4-páskové (5-páskové presné rezistory)

Farebné značenie: 4 (5) páskov,

Prvé 2 (3) pásky určujú

prvé 2 (3) číslie danej hodnoty,

3 (4) pásk určuje násobiteľ a

posledný 4 (5) toleranciu od menovitej hodnoty.

Prvý pásk je bližšie pri okraji rezistora.

Ak je tolerancia $\pm 20\%$ chýba štvrtý pásk.

Rezistory z obrázku:

Červená - Červená - Oranžová - Zlatá

[2] [2] [$\times 10^3$] [$\pm 5\%$] = $22 \text{ k}\Omega \pm 5\%$

Žltá - Fialová - Hnedá - Zlatá

[4] [7] [$\times 10^3$] [$\pm 5\%$] = $470 \Omega \pm 5\%$

Farebná	1. pásk	2. pásk	3. pásk - násobiteľ	4. pásk - tolerancia
Čierna	0	0	$\times 10^0$	
Červená	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
Oranžová	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
Žltá	3	3	$\times 10^3$	
Zelená	4	4	$\times 10^4$	$\pm 0.5\%$
Modrá	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.25\%$
Fialová	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.1\%$
Hnedá	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.05\%$
Čierna	8	8	$\times 10^8$	
Žltá	9	9	$\times 10^9$	$\pm 10\%$
Strieborná			$\times 0.01$	



33

Rezistory: iný spôsob špecifikácie tolerancie

Ako už bolo povedané, najbežnejší spôsob stanovenia tolerancie je pomocou percent.

Pr: ak je $10\text{k}\Omega$ rezistor vyrobený s $\pm 20\%$ toleranciou, znamená to, že jeho hodnota sa môže meniť v intervale 8000Ω až 12000Ω .

Iným spôsobom definovania tolerancie je možné pomocou „parts per million“ (ppm).

Pr: $1\text{M}\Omega = 1\,000\,000\Omega$

Ak je jeho presnosť špecifikovaná ako 5000ppm , znamená to že jeho hodnota sa môže meniť o $\pm 5000\Omega$. T.j. toleranciu 5000ppm vyhovujú odpory z rozsahu 995000Ω až 1005000Ω .

Adresa „kalkulačky“:

<http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Parts-per-million-ppm-calculator.php>

Poznámka: V hodinách sa používa kryštál 32768Hz . Toto je teoretická hodnota. Reálne vyrobený kryštál bude mať inú hodnotu frekvencie. Tolerancia sa udáva v ppm.

Napr.: MC-306 sa vyrába s toleranciou aj 20 ppm aj 50 ppm .

Frekvencia kryštálu s 20 ppm toleranciou sa mení v intervale medzi

32767.7 Hz ($32768 - 20 \text{ ppm}$, alebo $x\,0.999980$) a

32768.7 Hz ($32768 + 20 \text{ ppm}$, alebo $x\,1.000020$).

Na prvý pohľad sa to zdá ako vynikajúci výsledok.

Ak si uvedomíme, že jeden mesiac má

cca 2600000 sek . Znamená to, že hodinky

vyrobené s takýmto kryštálom budú mať

za mesiac nepresnosť 1 minúta .

Kryštály sa vyrábajú s rôznou presnosťou. $\pm 20 \text{ ppm}$ je viac menej standard. Za 10 ppm si pripláťte.

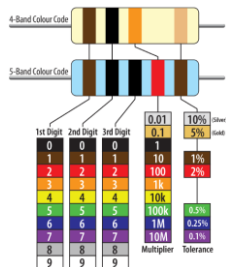
Elektrický odpor: otázky

- Výsledný odpor dvoch sériovo zapojených odporov: R_1, R_2
- Výsledný odpor dvoch paralelne zapojených odporov: R_1, R_2
- Načo je vhodný materiál „konštantan“ a načo „platina“?

Menovité zaťaženie rezistorov:

Menovité zaťaženie je výkon, ktorý sa môže pri určitých podmienkach premeniť v rezistore na teplo, pričom teplota jeho povrchu nesmie prekročiť dovolenú veľkosť (teploty sú dané normami).

$1/4\text{W}$, $1/2\text{W}$, 1W , 2W , 3W atd.



35

36

Ideálny kondenzátor:

Charakteristickým parametrom je kapacita C (kladná konštanta):

Jednotka kapacity je 1 Farad, F

Jednotka je pomenovaná po anglickom fyzikovi: Michael Faraday (1791 – 1867)

Medzi elektródami ideálneho kondenzátora sa nachádza **ideálny izolant**, elektróny neprechádzajú kondenzátorom. Prúd kondenzátorom nie je vodivostného typu. Prúd je vyvolaný časovou zmenou napätia na kondenzátore – na elektródach.

$$i_C(t) \downarrow \downarrow u_C(t)$$

Časová oblasť

$$i_C(t) = C \frac{du_C(t)}{dt}; [A; F, Vs^{-1}]$$

resp.:

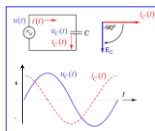
$$u_C(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i_C(\tau) d\tau =$$

$$= u_C(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i_C(\tau) d\tau$$

Operátorová oblasť

$$I_C(s) = sC(U_C(s) - U_C(0))$$

$$U_C(s) = \frac{1}{sC} I_C(s) + U_C(0)$$



37

Reálny, technický kondenzátor:

Kapacita kondenzátora je daná geometrickými rozmermi elektród a vlastnosťami dielektrika oddelujúceho elektródy.

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \frac{S}{d}; [F; ?, -, m^2, m]$$

$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ permutivita dielektrika

Aký rozmer má ϵ_0 ?

Jednotkou kapacity v sústave SI je Farad:

$$C; [F; m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2] = [F; \Omega s]$$

Reálny kondenzátor sa dá vyjadriť modelom:

C – vlastná kapacita,

$R_{\text{izolácie}}$ – izolčný odpor dielektrika,

R_{ESR} – sériový odpor

(ESR – Equivalent Series Resistance) a

L_{ESL} – indukčnosť prívodov.



38

Typy kondenzátorov:**Tantalové:**

Modifikácia elektrolytických kondenzátorov, dielektrikom je vrstva oxidu tantalu na tantalovej elektróde.

Vlastnosti:

- pomerne vysoké kapacity
- absolútna potreba jednosmernej polarizácie, neznášajú ani najmenšie prepólovanie a ani prepätia (explodujú)
- výrazne menšie (až zanedbateľne malé) zvodové prúdy
- vyššia cena než majú elektrolytické

Typické rozsahy hodnôt

kapacity 1 μF – 4700 μF

napätia 5,5 V – 400 V

priemer 5 mm – 12,5 mm

výška 10 mm – 25 mm

Typické aplikácie

filtrácie jednosmerného napájacieho napätia v miestach, kde je potrebný malý zvod (napr. batériu napájané prístroje)



39

Typy kondenzátorov:**Elektrolytické:**

Konstrukcia: Elektródy majú veľký povrch. Katóda je vytvorená vodivým elektrolytom. Anódu tvorí hliníková fólia, na ktorej je vrstva Al_2O_3 – oxid hlinitý. Zrolované elektródy sú vložené do valcového hliníkového puzdra s dvomi vývodmi.

Vlastnosti:

- pomerne vysoké kapacity aj 70 F (ale iba pre nízke napätia – obyčajne 2,2 V)
- potreba jednosmernej polarizácie
- nízka cena
- nevýhoda: pomerne vysoké zvodové prúdy; Môžu vysychať.
- pomerne veľké parazitné javy (sériový odpor a indukčnosť). Tieto vlastnosti sa dajú znížiť zvláštnou konštrukciou (vyššia cena). Tento typ sa označuje „low ESR“ a používajú sa v spínaných zdrojoch.
- nesprávne zapojenie polarít poškodí súčiastku

Typické rozsahy hodnôt:

– kapacity 1 nF – 100 000 μF ,

– napätia 6 V – 600 V (špeciálne aj viac) (s rastúcim napätím rastie rozmer)

– teplotné rozsahy bežne od -40 °C do 85 °C, drahšie do 105 °C

Typické aplikácie

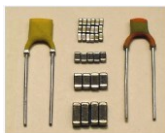
- filtrovanie jednosmerného napájacieho napätia
- oddelenie jednosmernej zložky v NF obvodoch
- malé kapacity sa využívajú na odstránenie vysokých frekvencií



40

Typy kondenzátorov:**Keramicke:**

Dielektrikum tvorí keramika.



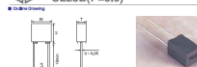
41

Typy kondenzátorov:**Fóliové:**

Dielektrikum je tvorené

papierom, plastom, metalizovaného papieru, metalizovanej plastickej fólie

CL23B(P=5,0)



Features	
• High self-healing and self-heal due to elastomer	
• Specifications	
Operating Temperature	Operating Temp (max)
Operating Temperature Range	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	-55 to +125
Operating Temperature	

Kondenzátor: otázky

1. Výsledná impedancia dvoch sériovo zapojených kondenzátorov: C_1, C_2
2. Výsledná impedancia dvoch paralelne zapojených kondenzátorov: C_1, C_2
3. Prečo sa vyrába toľko rôznych druhov kondenzátorov?

Ideálny induktor (cievka):

Charakteristickým parametrom je indukčnosť L (kladná konštanta):
 Jednotka indukčnosti je 1 Henry, [H]
 Jednotka je pomenovaná po americkom fyzikovi: Joseph Henry (1797 – 1878)

**Časová oblasť**

$$u_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt}; [V; H, As^{-1}]$$

Operátorová oblasť

$$U_L(s) = L \cdot s \cdot I_L(s)$$

V ustálenom stave je úbytok na cievke nulový.

43

Reálny, technický induktor(cievka):

Indukčnosť cievky, podobne ako kapacita kondenzátora je daná geometriou cievky (vodič navinutý na jadro) a vlastnosťami materiálu, z ktorého je jadro vyrobené.

$$L = \frac{N^2 \mu S}{l}; [H; -, H, m^2, m]$$

Kde:

 N je počet závitov S je prierez cievky l je dĺžka cievky $\mu = \mu_0 \mu_r$ permeabilita materiálu jadra cievky

Vodič, z ktorého je cievka vinutá, má odpor. => náhradná schéma obsahuje aj vnútorný odpor cievky.



Materiál cievky delíme do troch skupín:

- diamagnetické, $\mu_r < 1$. (Vodík, meď, striebro, zlato,...)- paramagnetické, $\mu_r > 1$. (Vzduch, kyslík, hliník, ...)- feromagnetické, $\mu_r \gg 1$. (železo, oceľ $\mu_r = 2500$...)

Tieto materiály majú aj zporne vlastnosti: nelinearita, hysterézia, ...



45

Ideálny zdroj napätia (nie je to lineárny prvok):

Napätie ideálneho zdroja $u_d(t)$ je nezávislé od prúdu $i_d(t)$, ktorý ním preteká.

Veľkým písmom označujeme zdroj konštantného napätia (napr. U_d).

Niekedy môže napätie ideálneho zdroja závisieť od inej veličiny. V takom prípade hovoríme o riadenom zdroji.

Reálny zdroj napätia:

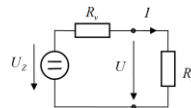
U_z je vnútorné napätie zdroja (na svorkách nedostupné)

R_v je vnútorný odpor

U je svorkové napätie zdroja pri určitom prúde, prístupné

na svorkách zdroja

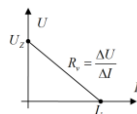
I_k je prúd nakrátko



Vnútorný odpor R_v nie je skutočná súčiastka, je to vlastnosť zdroja.

Ak R_v je malé, hovoríme o tvrdom napäťovom zdroji a ak je R_v veľké, o mäkkom napäťovom zdroji.

Zaťažovacia charakteristika lineárneho napäťového zdroja:



Uveďte príklady tvrdého zdroja napätia.

46

Ideálny zdroj prúdu (nie je to lineárny prvok):

Prúd ideálneho zdroja $i_d(t)$ je nezávislý od napätia $u_d(t)$ na tomto zdroji.

Veľkým písmom označujeme zdroj konštantného prúdu (napr. I_d).

Niekedy môže napätie ideálneho zdroja závisieť od inej veličiny. V takom prípade hovoríme o riadenom zdroji.

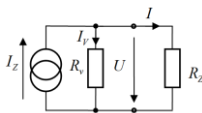
Reálny zdroj prúdu:

I_z je vnútorný prúd zdroja

I je skutočný prúd zdroja

R_v je vnútorný odpor

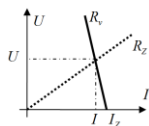
U je napätie na svorkách zdroja



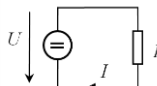
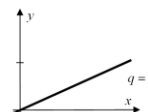
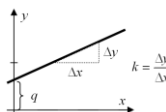
Vnútorný odpor R_v nie je skutočná súčiastka, je to vlastnosť zdroja.

Ak R_v je malé, hovoríme o mäkkom prúdovom zdroji a ak je R_v veľké, o tvrdom prúdovom zdroji.

Zaťažovacia charakteristika lineárneho prúdového zdroja:



47

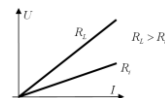
Ohmov zákon – Rovnica priamky: $y = kx + q$ 

$$U = I \cdot R, \quad I = U/R, \quad R = U/I$$

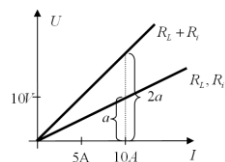
Grafické riešenie sériového a paralelného zapojenia dvoch rezistorov R_1 a R_2 .

$R_1 = R_v$ - vnútorný odpor zdroja

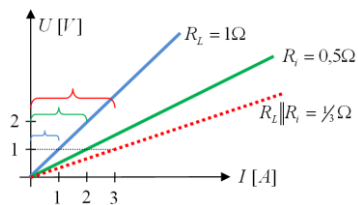
$R_2 = R_L$ - ohmická záťaž



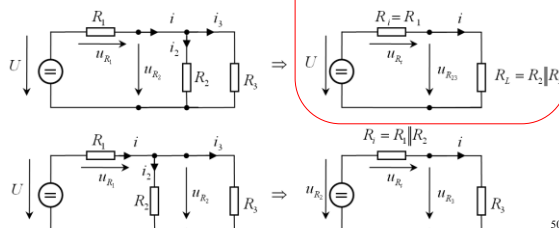
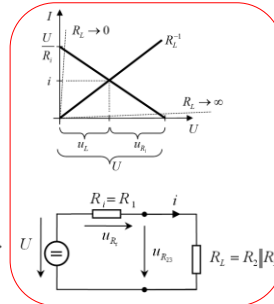
48

Sériové zapojenie:Pr.: Nech $R_i = R_L = 1\Omega$ **Paralelné zapojenie:**

Pr.: Nech

 $R_i = 0,5\Omega$ $R_L = 1\Omega$ 

49

Sérió-paralelné zapojenie:

50

Sérió-paralelné zapojenie:

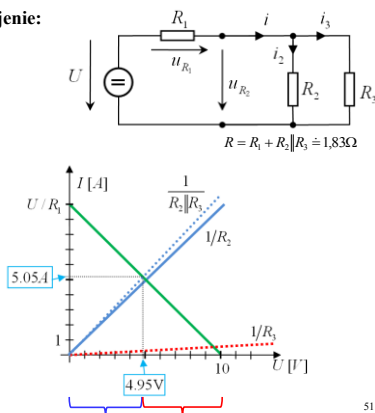
$$U = U_{R_1} + U_{R_2}$$

Pr.: Nech

 $R_1 = R_2 = 1\Omega$ $R_3 = 49,5\Omega$ $U = U_0 = 10V$

$$i = \frac{U}{R_1 + R_2 || R_3} = 5,05A$$

$$U_{R_2} = 4,95V$$



51