



Budapest University of Technology and Economics

Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
Űrtechnológia laboratórium

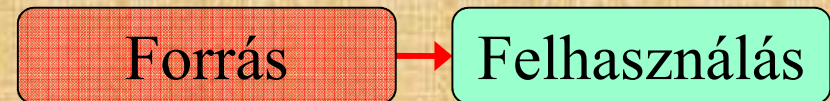
Szabó József
Műholdfedélzeti energia ellátás

Űrtechnológia a gyakorlatban

Budapest, 2014. április 3.

Energia generálás, tárolás, felhasználás

1. Forrás paraméterek megfelelőek



$$P_g = P_t \text{ (ideális forrás)}$$

Egy forráshoz egy vagy több felhasználó.

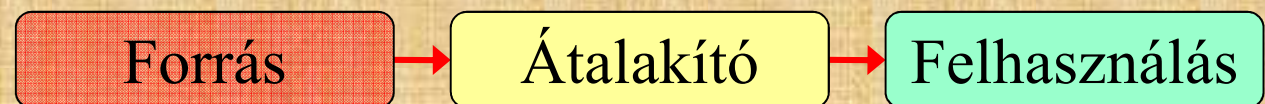
Forrás és felhasználó típusától függően soros v. párhuzamos üzem. (A forrás lehet áram vagy feszültség generátor.)

Példák: elemlámpa, "régi" karácsonyi világítás, ...

2. Forrás paraméterek illesztése

$$P_g = P_d + P_t$$

ahol



P_d az átalakító szükséglete.

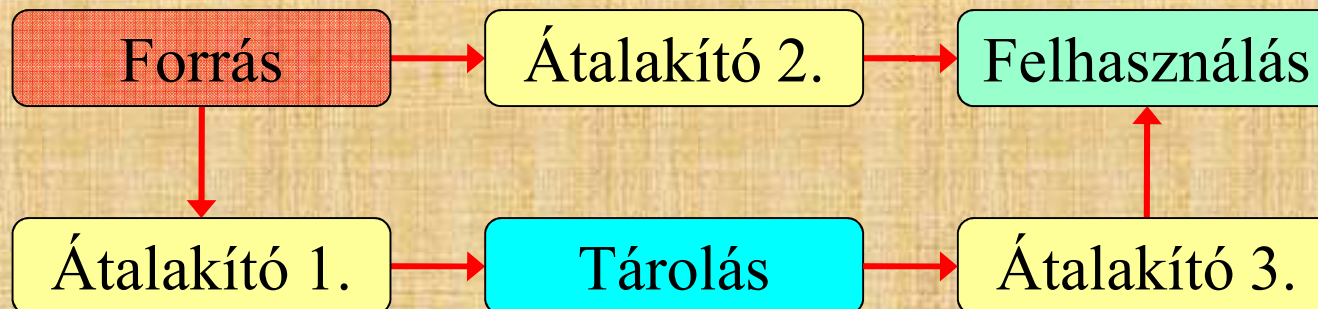
Elektronikai paraméter átalakítók (illesztők) = tápegységek

Példák: adapter + telefon, kéziszerszám, karácsonyi világítás, ...

Energia generálás, tárolás, felhasználás

3. Forrás paraméterek és tároló paraméterek illesztése

- 1968 az első MPPT (Maximum Power Point Tracker)
"Önillesztő DC átalakító üreszközök tápellátására"
(A.F. Boehringer és J.Hauseman)
- 70-es évek forrás, tárolás felhasználás szétválasztása
"Háromszög koncepció" (A. Poncin és Y. Robin-Jouan)



- $P_g = P_{d2} + P_t$ vagy $P_g = P_{d1} + P_{d3} + P_t$
- Tápegységek és felhasználók strukturálódnak
Generátorok és tárolók számossága \ll felhasználók
- Egyszerű példa: LED-es kerti lámpa (Átalakító 2. nélkül)

Csináljunk energia átalakítót, azaz tápegységet

- Forrás és felhasználó illeszkedik, nem kell tápegység

- Lineáris átalakító cellák

- Egyszerű feszültség vagy áram szabályozók

- Vezérlőkör + vezérelt beavatkozó elem

Lineárisan csak csökkenthetők a paraméterek

- Kapcsoló üzemű átalakító cellák elemei:

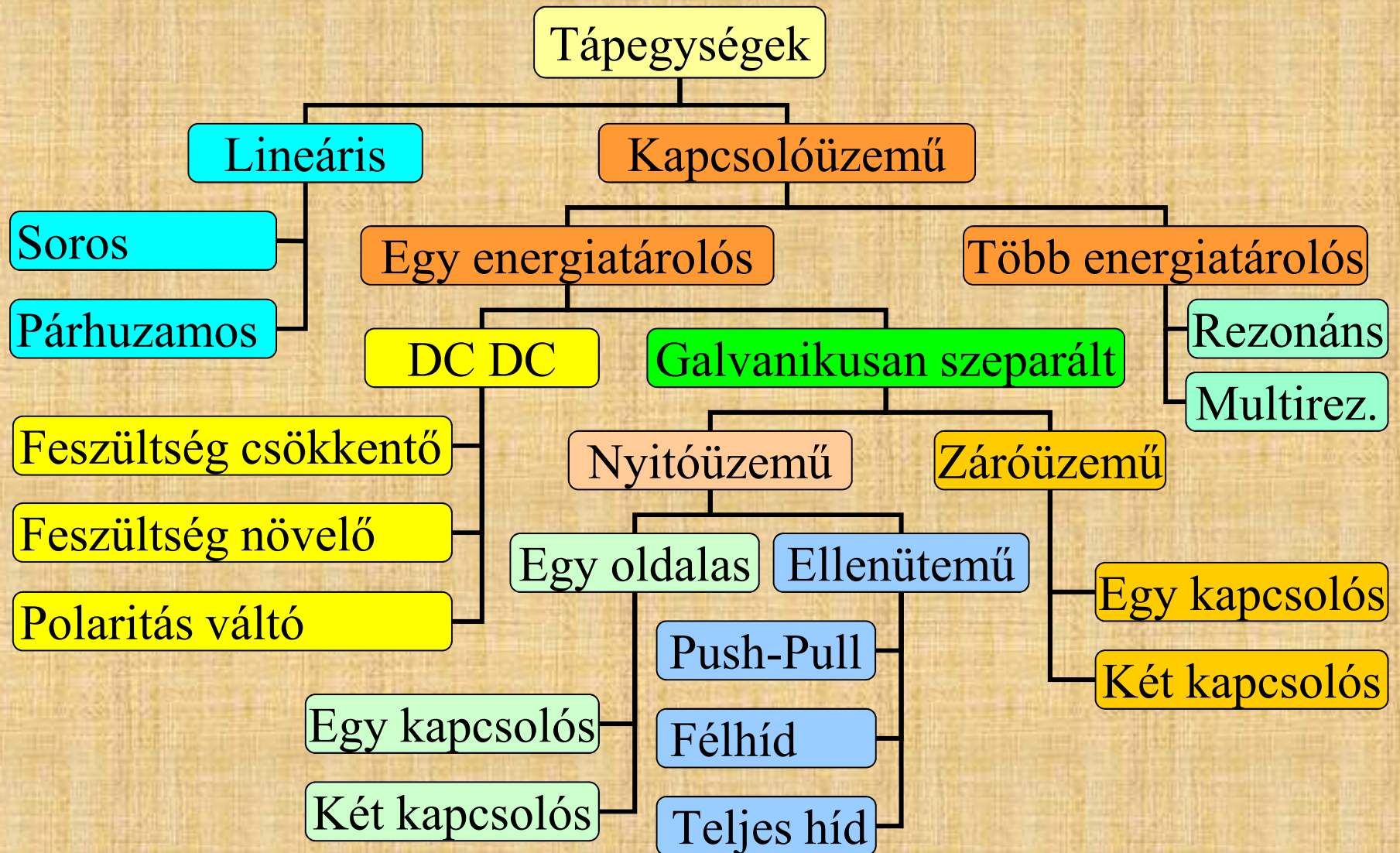
- Vezérelt és polaritásvezérelt kapcsolók

- Energiatároló elemek (kapacitív vagy induktív)

- Ha szükséges transzformátorok

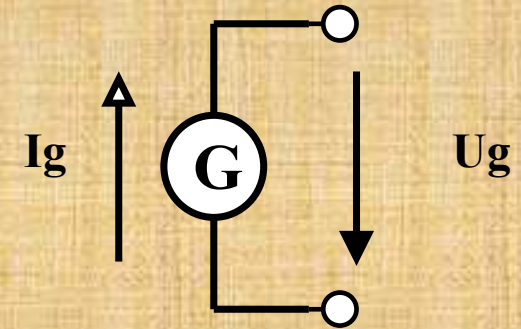
Paraméterek tetszőlegesen növelhetők, csökkenthetők, illetve sokszorozhatók és a polaritások is változhatnak.

Energia átalakítók osztályozása

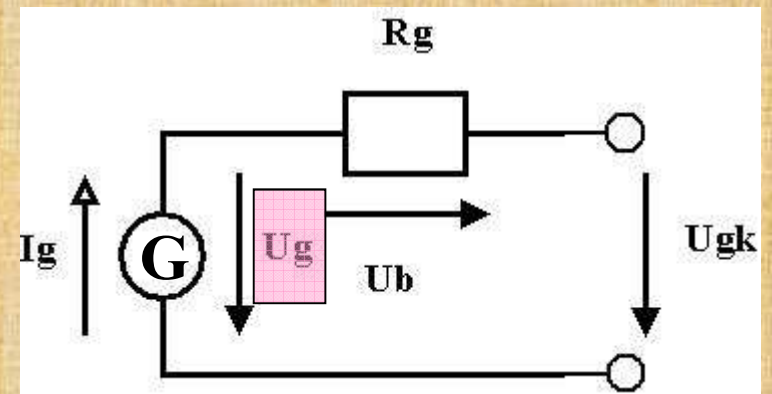


Generátor paraméterek, modellek

- Ideális generátorok (aktív síknegyedek)
 - Feszültség (U_g független a terheléstől)
 - Áram (I_g független a terheléstől)
- Ideális generátorok és a terhelés $P_g + P_t = 0$



- Nem ideális generátorok
 - Norton U_g és R_g
 - Thevenin I_g és G_g



- Nem ideális generátorok és a terhelés $P_g + P_d + P_t = 0$
- Energia hasznosítás hatásfoka P_t / P_g
- Terhelés hasznos teljesítménye P_t
- Generátor ("rendszer") vesztesége P_d

Passzív áramköri elemek és hőmérsékletfüggés

- Ellenállás disszipációja $P_d = u \cdot i = u^2/R = i^2 \cdot R$
- Kondenzátor disszipációja $P_d = i^2 \cdot R_{esr}$
- Tekercs disszipációja $P_d = i^2 \cdot R_{réz}$
 (Transzformátor) $P_d = i^2 \cdot R_{\text{Örvény áramú veszteség}}$
 $P_d = i^2 \cdot R_{\text{Vasveszteség (hiszterézsis veszteség)}}$
- Egyéb alkatrészek:
 - Termisztor, varisztor, szikraköz
 - Kapcsolók, relék, biztosítók
 - Elektromechanikus összetett alkatrészek

Ellenállás hőfokfüggése

$$\rho = \rho_{T_0} \cdot [1 + \alpha_{T_0} (T - T_0)]$$

Pl. réz $\alpha_{20} = 0,0042 [1/^\circ\text{C}]$ $T_0 = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ $R = 1000 [\Omega]$

(relé tekercs) $\rho_{T_0} = 1,7 \cdot 10^{-8} [\Omega\text{m}]$ $T = -60 \text{ }^\circ\text{C}$ $R = 664 [\Omega]$

Ellenállások hőfokfüggések

- *ppm*. A part per million (milliomod rész)

Pl. 1 ohm-os jó minőségű fémréteg ellenállás esetén

$$50\text{ppm/K} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ ohm/K} = 50 \mu\text{ohm/K}$$

- $\Delta T = 100^\circ\text{K}$ esetén

$$\Delta R = 5 \text{ mohm} \quad \text{amely } 0,5\%-os \text{ változás.}$$

- Ellenállások hőfokfüggése:

$$R534 \quad \pm 25, 50 \text{ vagy } 100 \text{ ppm/K}$$

$$R510 \quad \pm 1200 \text{ ppm/K} \quad 20^\circ\text{C} \text{ alatt}$$

$$\pm 700 \text{ ppm/K} \quad 20^\circ\text{C} \text{ felett ha } R < 1\text{M}$$

$$\pm 1000 \text{ ppm/K} \quad 20^\circ\text{C} \text{ felett ha } R > 1\text{M}$$

Passzív alkatrészek

E6 - E12 - E24

E48 - E96 - E192

értéksorai

- Tűrések
 - E6 20% (elektrolit kondenzátor)
 - E12 10% (ellenállás, kondenzátor)
 - E24 5% (ellenállás)
 - E48 2% indokolt esetben
 - E96 1% műszerekben
 - E192 0,5-0,25-0,1% csak műszerekben
- Mértani sor
- Relatív eltérés mindig azonos $\frac{n-1}{n}$
- Pl. E192 sor n. elem értéke: $= 10^{192}$

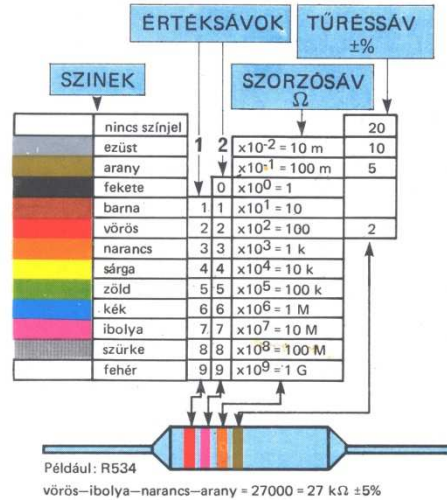
MSGS - PRINT 82052

RÉTEGELLENÁLLÁSOK MEGJELÖLÉSE NÉGYSÁVOS SZINJELLEL az MI 11023/7, a 62. sz. IEC Publ., illetve a DIN 41429 szerint

SOROK

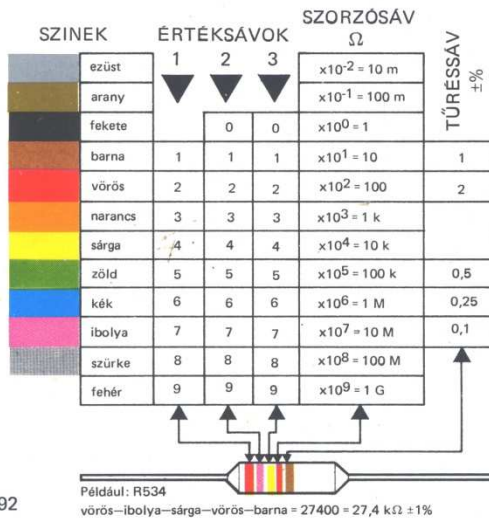
10	11
12	13
15	16
18	20
22	24
27	30
33	36
39	43
47	51
56	62
68	75
82	91

E6 ← E12 →
← E24 →



RÉTEGELLENÁLLÁSOK MEGJELÖLÉSE ÖTSÁVOS SZINJELLEL az MI 11023/7, a 62.sz. IEC Publ., illetve a DIN 41429 szerint

100	147	215	316	464	681
101	149	218	320	470	690
102	150	221	324	475	698
104	152	223	328	481	706
105	154	226	332	487	715
106	156	229	336	493	723
107	158	232	340	499	732
109	160	234	344	505	741
110	162	237	348	511	750
111	164	240	352	517	759
113	165	243	357	523	768
114	167	246	361	530	777
115	169	249	365	536	787
117	172	252	370	542	796
118	174	255	374	549	806
120	176	258	379	556	816
121	178	261	383	562	825
123	180	264	388	569	835
124	182	267	392	576	845
126	184	271	397	583	856
127	187	274	402	590	866
129	189	277	407	597	876
130	191	280	412	604	887
132	193	284	417	612	898
133	196	287	422	619	909
135	198	291	427	626	920
137	200	294	432	634	931
138	203	298	437	642	942
140	205	301	442	649	953
142	208	305	448	657	965
143	210	309	453	665	976
145	213	312	459	673	988



SOROK: ● E48 ● E96 ● E192

Aktív áramköri elemek I.

- Diódák

- Idális polaritás vezérelt kapcsoló
- Valóságos diódamodell (kisjelű, **nagyjelű**)
- A három fő paraméter az osztályozás alapja

I_{fmax}

U_{rmax}

t_{rr}

- Si/Ge

- Rectifier

Fast

Ultrafast

(1-2 μ sec)

(100-500 nsec)

(10-50 nsec)

- Zener (2V7-33V) (Hőfokfüggetlen 5V6 v. 6V2)

- Áram (J-FET) (Hőfokfüggetlen pl.SST502 400 μ A)

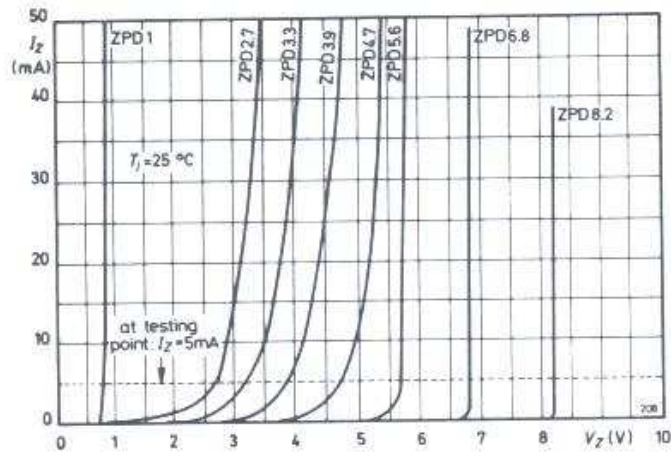
- Schottky (20-45V)

- Led, varicap, gunn, lavina, stb.

Zener karakterisztikák

Breakdown characteristics

$I_Z = f(V_Z)$ at $T_j = \text{constant}$,
measured under pulsed conditions



Breakdown characteristics

$I_Z = f(V_Z)$ at $T_j = \text{constant}$,
measured under pulsed conditions

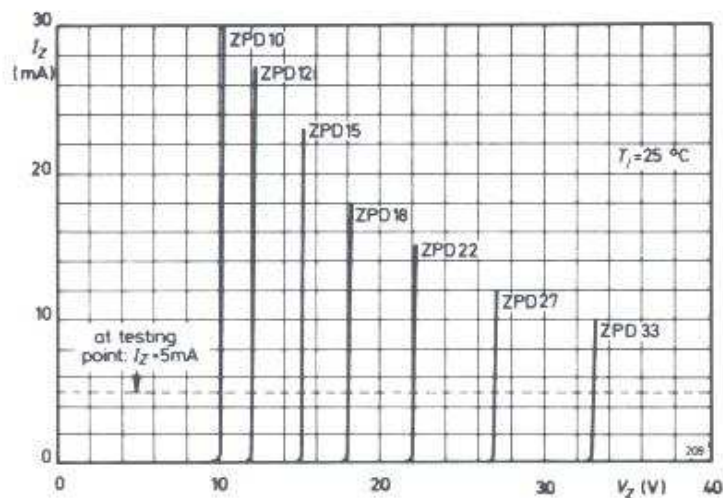


FIGURE 12 – ZENER VOLTAGE versus ZENER CURRENT – $V_Z = 1$ THRU 16 VOLTS

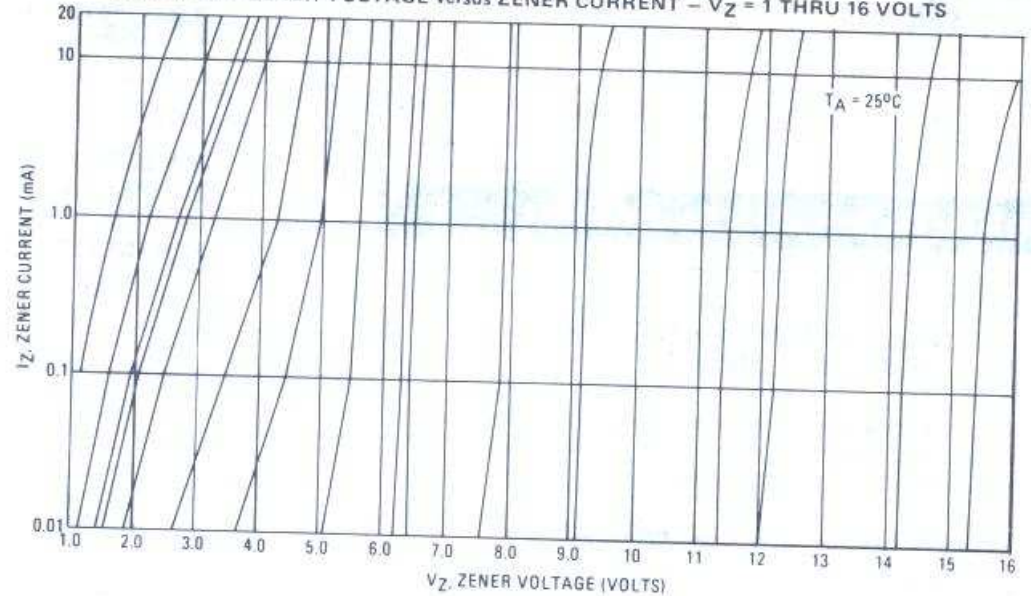


FIGURE 13 – ZENER VOLTAGE versus ZENER CURRENT – $V_Z = 15$ THRU 30 VOLTS

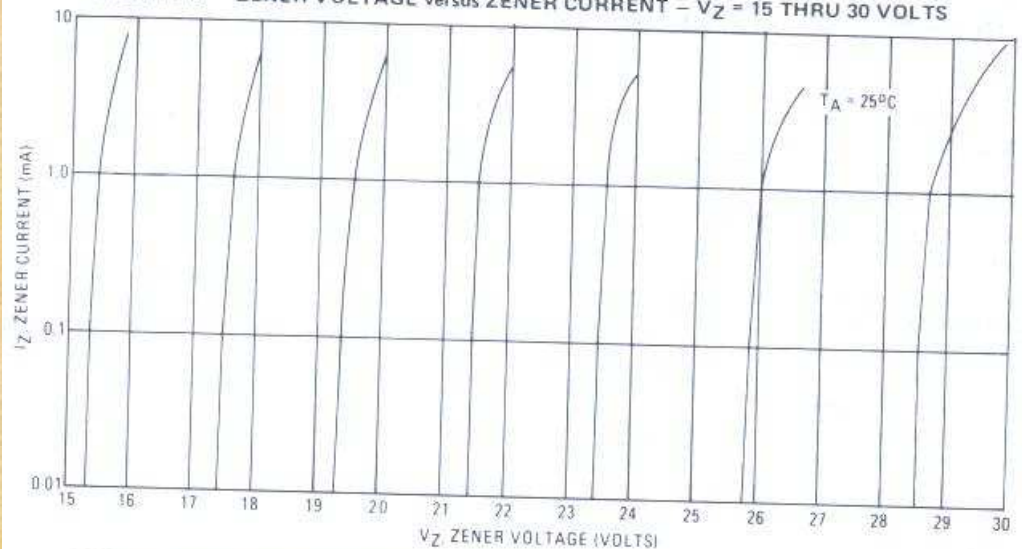
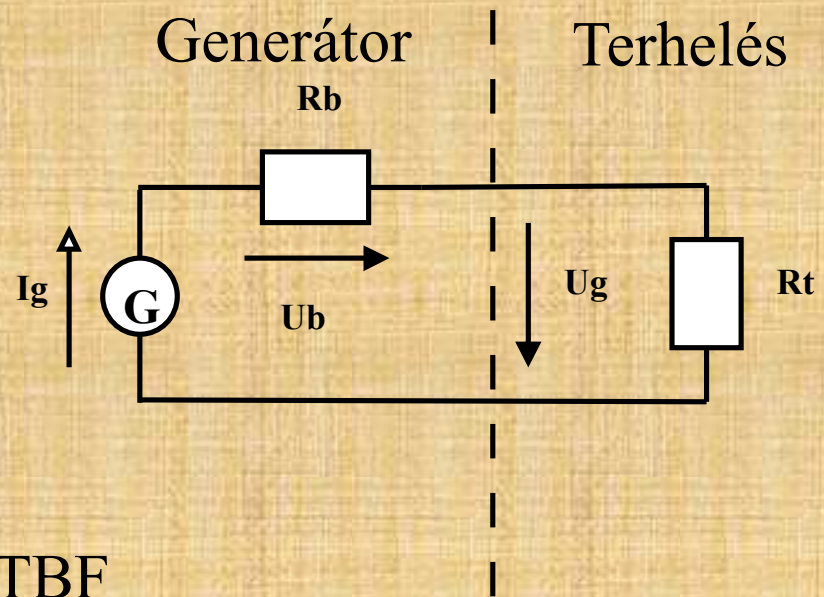


FIGURE 14 – ZENER VOLTAGE versus ZENER CURRENT

Terhelés paraméterek

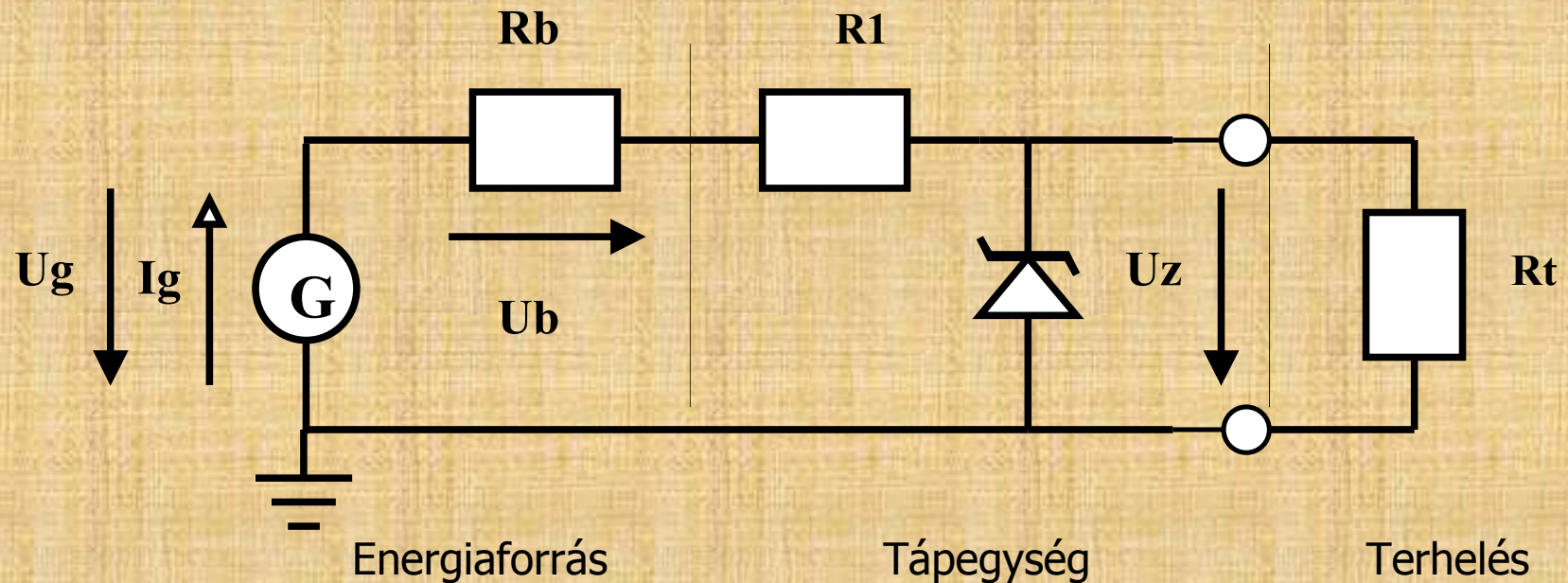
- feszültség (5V)
- fogyasztás
 - Min (20mA)
 - Névleges (80mA)
 - Max (100mA)
- Stabilitás (elvárt) +/-5%
- Megbízhatóság (elvárt) pl. MTBF
 - Üzemidő (pl. bekapcsolva/nap)
 - Élettartam (pl. 2 év)
 - Fogyasztásra vetített kitöltési tényező (pl. xx% min.)
- Terhelés jellege (bemenő impedancia)
 - Rezisztív (pl. lámpa, fűtő elem)
 - Kapacitív (pl. tápegységek)
 - Induktív (pl. motorok)



Egyszerű sönt feszültség stabilizátor tervezése (mintapélda)

- Terhelés paramétere (min., max, névleges)
- Energia forrás paramétere (U_g)
- Paraméter átalakító (lineáris esetben csökkentő):
egyszerű feszültség stabilizátor = zenerdióda
(karakterisztika)
- Méretezési elvek, idealizált modellen
- Minősítés:
 - Disszipáció analízis
 - Konverziós hatásfok
 - Energia felhasználás hatásfoka

Egyszerű pozitív feszültség stabilizátor tervezése (mintapélda)



Alkatrészek tervezése kiválasztása:

- Energia forrás (paraméterek, lehetőségek, típusok)
- U_z kiválasztás (érték, max disszipáció)
- R_1 méretezés (érték, max. disszipáció)

Követelmények, méretezés és alkatrész választás.

- Terhelés "fogyasztása"
- Stabilizátor "fogyasztása"
- Generátor vesztesége
- "Konverziós" hatásfok
- Energia hasznosítás

Adatok:									
U_g	9	[V]							
R_b	13	[Ohm]							
U_t	5	[V]							
R_1	24	[Ohm]							
I_k	5	[mA]							

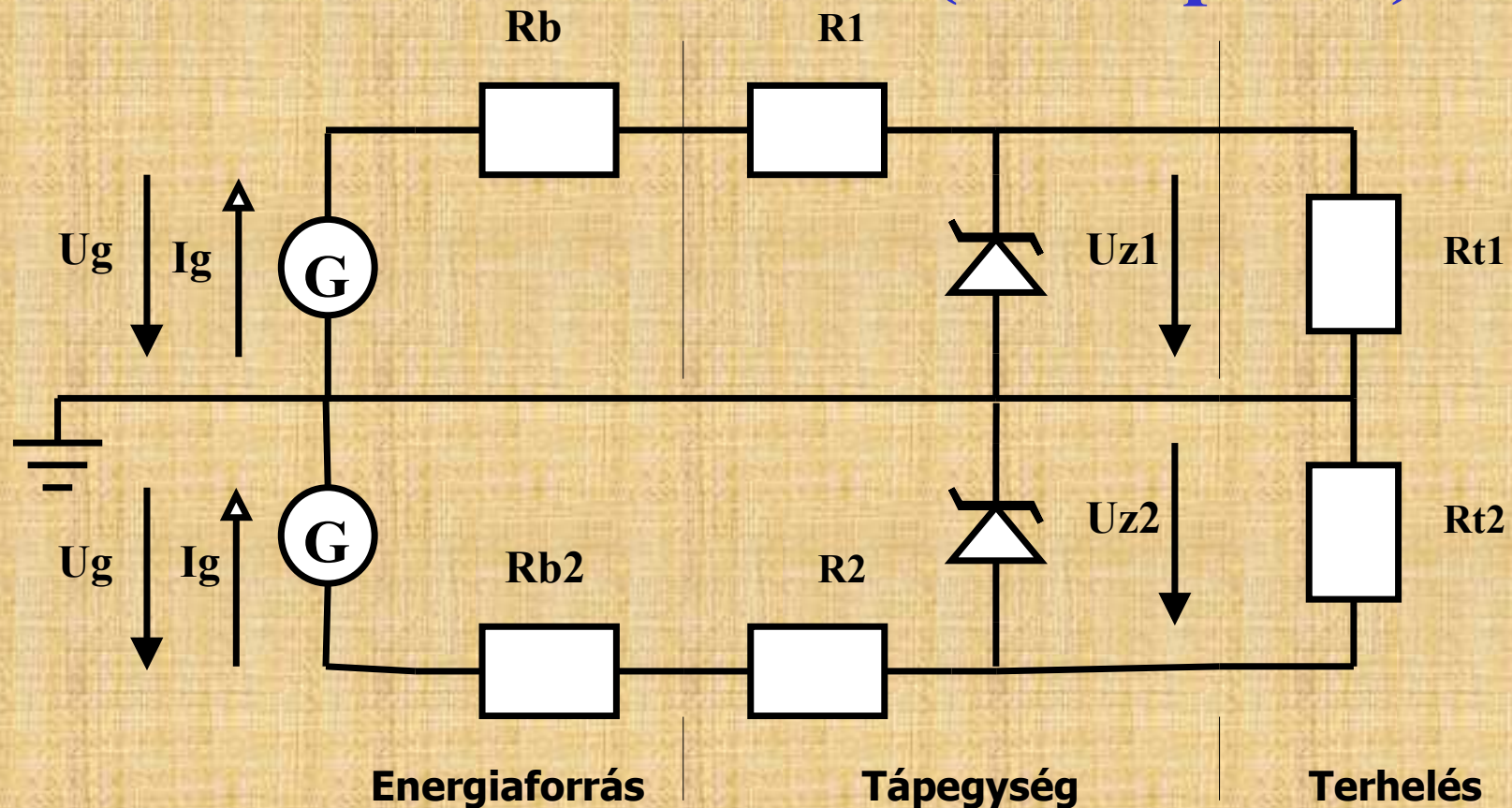
	I_t	R_t	P_g	P_{Rg}	I_z	P_{R1}	P_z	$P_{tápegység}$	P_t	Energia felhasználás	Konverziós hatásfok
Terhelés	[mA]	[Ohm]	[W]	[W]	[mA]	[W]	[W]	[W]	[W]	[%]	[%]
Min.	20	250	0,97	0,15	88,1	0,28	0,44	0,72	0,1	10	12
Nom.	60	100	0,97	0,15	48,1	0,28	0,24	0,52	0,3	31	37
Max.	100	50	0,97	0,15	8,1	0,28	0,04	0,32	0,5	51	61

Következtetések:

Mikor jó sönt szabályozót alkalmazni?

1. Ha a max terhelés üzemideje közelít a teljes üzemidőhöz.
2. Ha a min és max terhelés közel azonos.

Egyszerű pozitív-negatív feszültség stabilizátor tervezése (mintapélda)



- Energia forrás paramétere kiválasztás szempontjai:
- U_{z1} és U_{z2} kiválasztás szempontjai
- R_1 és R_2 méretezés

Egyszerű párhuzam a műholdfedélzeti energiaellátás két alapesetével

- DET és PPT elvek
- Egyszerű sönt szabályozó és DET párhuzam
 - Generátor + ellenállások = napelem
 - Zener dióda = sönt
 - Kimenet = busz terhelés
- Egyszerű áram v. feszültség szabályozó és PPT párhuzam
 - Generátor + ellenállások = napelem
 - Tranzisztor = soros
 - Kimenet = busz terhelés

Ismétlés

Energiaellátó rendszer alapvető architektúrák

- Párhuzamos szabályozás (DET)

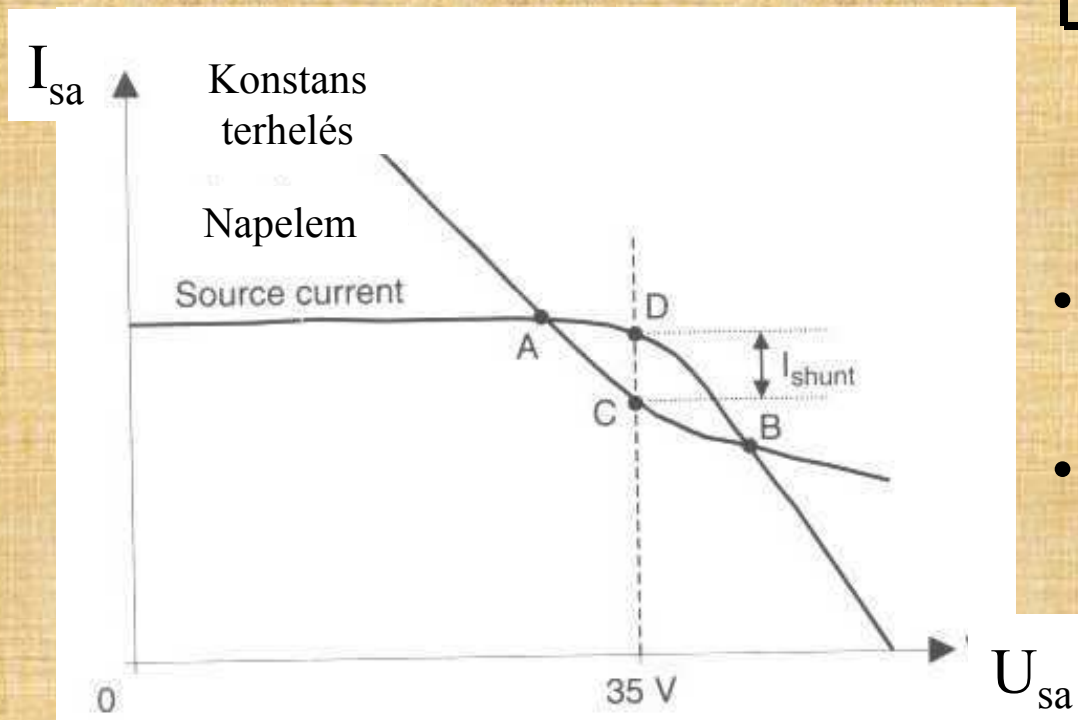
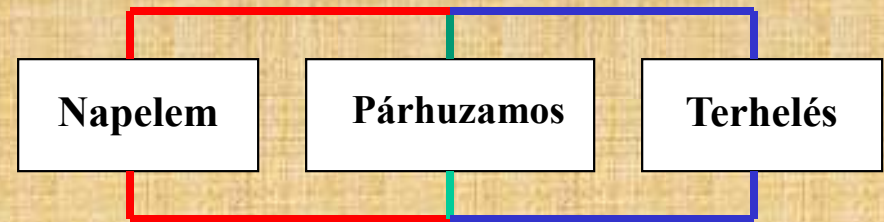
$$I_{\text{napelem}} = I_{\text{sönt}} + I_{\text{terhelés}}$$

feszültség konstans

- Soros szabályozás (PPT)

$$U_{\text{napelem}} = U_{\text{soros}} + U_{\text{terhelés}}$$

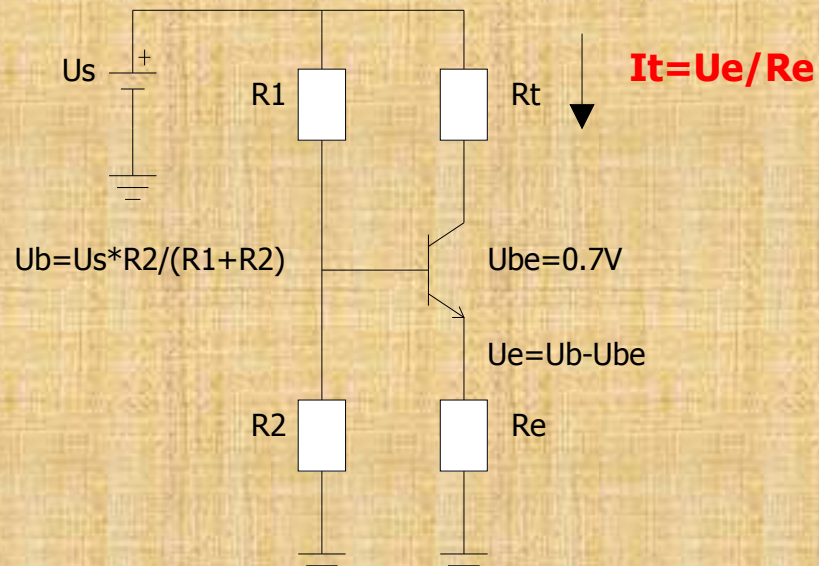
áram konstans



Párhuzamos szabályozás (DET)

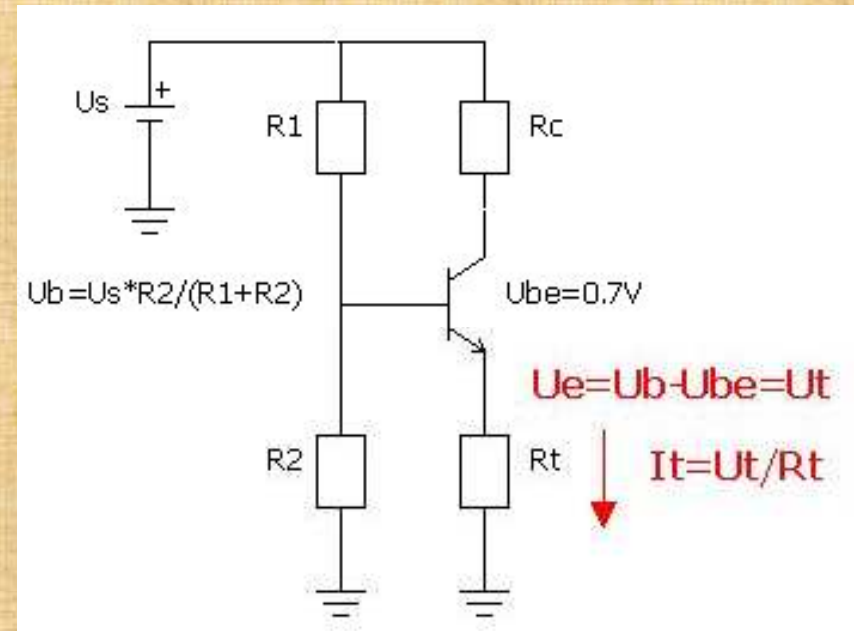
- A és B pont
 $P_{\text{napelem}} = P_{\text{terhelés}}$
- C és D pont
 $P_{\text{napelem max}} = P_{\text{terhelés}} + P_{\text{sönt}}$

Egyszerű áramnyelő szabályozó



- R1-R2 "feszültség generátor"
- Re áram beállító (kis hőfokfüggés)
- Rt terhelés

Egyszerű soros feszültség szabályozó



- R1-R2 "feszültség generátor"
- Rc másodlagos szerepe (0-Rmax)
- Rt terhelés

Az anyaghoz kapcsolódó kérdések

- Az energia generálás, tárolás és felhasználás közötti kapcsolatok mely alapeseteit lehet megkülönböztetni? Ismertesse az egyes esetek feltételeit!
- Az energia generálás, tárolás és felhasználás szempontjából a háromszög koncepció.
- Ismertesse a passzív alkatrészek gyártási paraméter értékek szabványosítás elvét! Határozza meg az n. szabványos paraméter értékét!
- Milyen szempontok szerint osztályozhatjuk az elektronikus energia átalakítókat?
- Hogyan változik a hőmérséklettel a rézből készült relé tekercs disszipációja feszültség illetve áramgenerátoros működtetés esetén ? (számpélda adott hőmérséklet változásra)
- Ismertesse az egyszerű zéner diódás sönt szabályozó méretezés szempontjai! (Számpélda: méretezés, disszipáció analízis)
- Adott paraméterekkel a zéner diódás sönt szabályozó disszipáció analízise!
- Melyek a műholdfedélzeti energiaellátó rendszer két alapvető szabályozási elve? Melyik elvet használja az egyszerű söntszabályozó, az áramszabályozó és a feszültség szabályozó?