Radioklub Vegova

S59VEG, S56V

# Radioamaterski tečaj

Pripravili:
Jakob Kordež [S52KJ]
Žiga Kralj [S50ZK]
Primož Vovk [S54UNC]

# Uporabne povezave

- Priročnik za radioamaterje
- Etika in operaterski postopki za radioamaterje

- Kriteriji za izpit
- **Vaja za izpit**

- Klicni znaki
- Arhiv CQ ZRS
- Splošni akt o pogojih za uporabo radijskih frekvenc

# Izbiranje klicnega znaka

po opravljenem izpitu

Splošni akt - 6. člen (klicni znaki)

S5 [številka (0-9)] [1-3 črk (A-Z)]

## A razred

- S50A - S59Z
- S50AA - S59ZZ
- S50AAA - S50XZZ
- S54AAA - S54XZZ in S54ZAA - S54ZZZ
- S56AAA - S56XZZ in S56ZAA - S56ZZZ
- S57AAA - S57XZZ in S57ZAA - S57ZZZ
- S58ZAA - S58ZZZ

## N razred

- S52AAA - S52XZZ in S52ZAA - S52ZZZ
- S58AAA - S58XZZ

# Radioamaterstvo

# Pomen

Kaj pomeni radioamaterstvo?

**RADIO** – tehnologija, ki omogoča prenos signalov z modulacijo elektromagnetnih valov, ki imajo nižje frekvence kot svetloba.

**AMATERSTVO** – nepoklicna dejavnost – ljubiteljsko.

## RADIOAMATERSTVO

- ljubiteljsko, nepoklicno ukvarjanje z radijem oz. radijsko tehniko.
- aktivnost, gibanje, organizacija, izobraževanje, ljubezen, način življenja, tehničnega razmišljanja.

## Kdo se lahko ukvarja?

- Ustrezno pooblaščene osebe – opravljen izpit
- Ukvarjajo se ljubiteljsko, brez pridobitniških namenov

# Zgodovina

| | |
|---|---|
| 1844 | prva telegrafska zveza (Morzejev telegraf) |
| 1876 | prvi telefon (Bell) |
| **1895** | **prvi prenosi sporočil preko radijskih valov** (Marconi) |
| 1899 | prvi prenos med Francijo in Anglijo |
| **1903** | **prvi prenos med Evropo in Ameriko** |
| 1904 | iznajdba diode |
| 1907 | iznajdba triode |

| | |
|---|---|
| 20. stol. | množični začetek ukvarjanja z radioamaterstvom |
| 1923 | obojesmerna komunikacija čez Atlantik |
| 1924 | zveza med Anglijo in Novo Zelandijo |
| 1925 | Radioklub Ljubljana |
| 1946 | ustanovljena Zveza Radioamaterjev Slovenije - ZRS |
| **1955** | **radioamaterska zveza z odbojem od meteorskih sledi** |
| **1960** | **radioamaterska zveza z odbojem od Lune** |
| **1961** | **prvi radioamaterski satelit OSCAR** |

# Mednarodna radioamaterska organizacija – IARU

**1925 v Parizu** – Amateur Radio Congress

- Prvotno 26 držav – danes 164
- Obravnavali delo radioamaterjev
- **Ustanovili IARU**

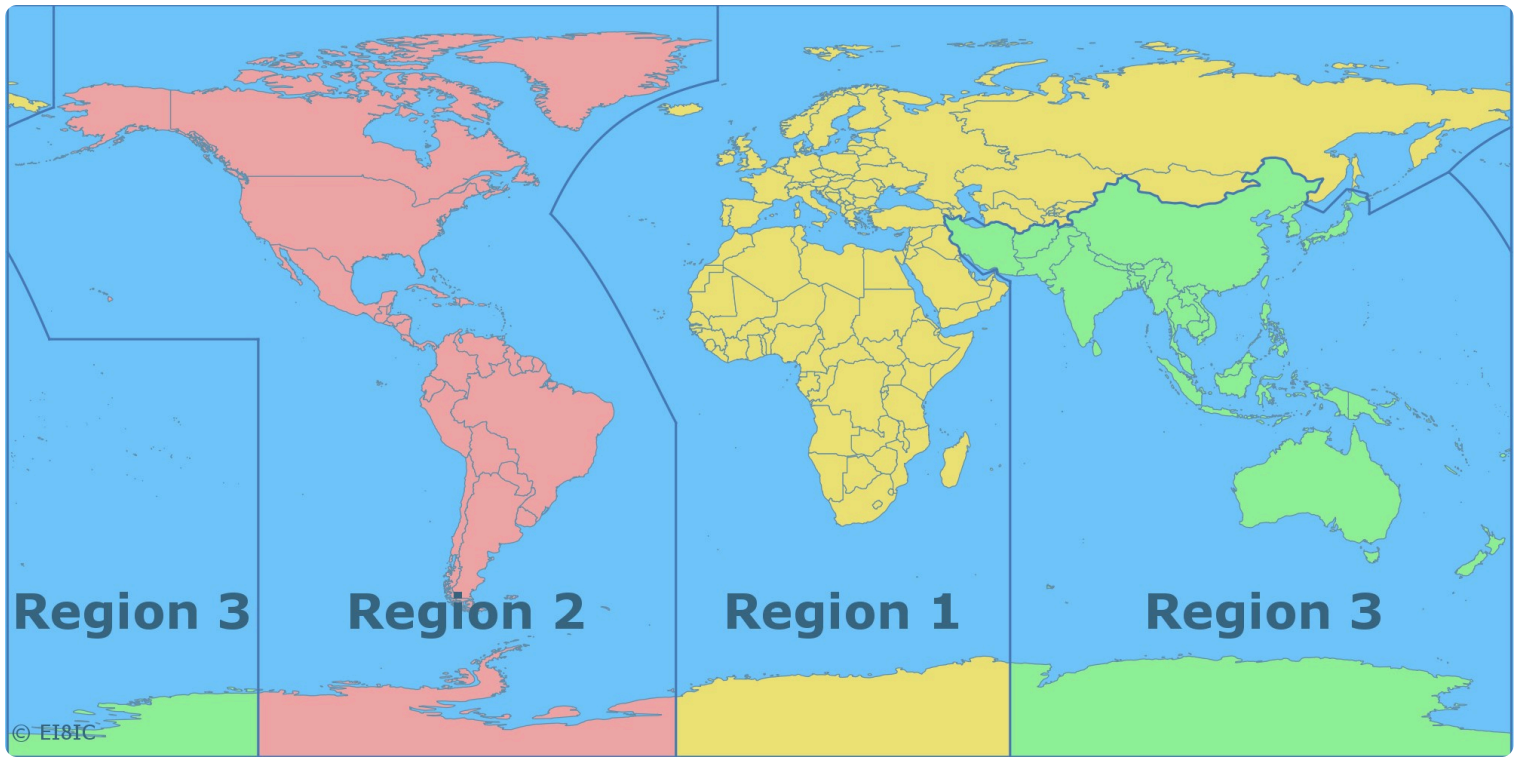
Prve naloge:

- Izmenjava informacij o radioamaterskih frekvencah
- Izmenjava QSL kartic

**Sedež v Združenih državah Amerike**

## Razdeljena na 3 regione

ZRS postala članica 1992 – **v 1. regionu**



# Zveza Radioamaterjev Slovenije – ZRS

Je prostovoljna, samostojna, nepridobitna zveza radioklubov.
V skladu z predpisi izvaja dejavnost javnega interesa.

**Ustanovljena 1946**
Na začetku kot del ZRJ (Zveze Radioamaterjev Jugoslavije)
Leta **1992 uveljavljena na IARU**

V Sloveniji okoli 4000 radioamaterjev

- Približno 1000 včlanjenih v klube
- Približno 80 klubov

## Naloge:

- Skrb za razvoj radioamaterstva v Sloveniji
- Vzgoja in izobraževanje članstva na področju elektrotehnike in telekomunikacij
- Zastopanje skupnih interesov radioamaterjev v Sloveniji
- Zastopanje Slovenije v mednarodni radioamaterski sceni
- Razvoj in vzdrževanje radioamaterskih sistemov
- Organizacija QSL biroja za radioklube in njihove člane

# Radijske komunikacije

# Osnovni pojmi o radijskih komunikacijah

Kaj so radijske komunikacije?

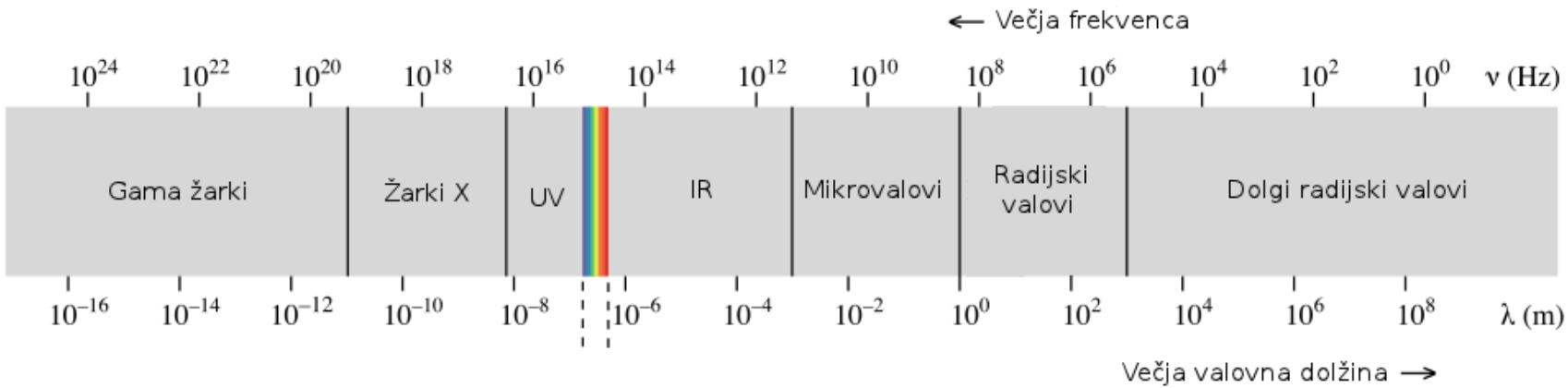
**TELEKOMUNIKACIJE** – vsak **prenos, oddaja ali sprejem signalov**, pisanih besedil, slik ali zvokov ali kakršnihkoli drugih sporočil **po žičnih, radijskih, optičnih** ali drugih elektromagnetnih sistemih.

Lahko so:

- Obojesmerne med udeleženci
- Enosmerne za več udeležencev (DIFUZIJA)

**Radijski valovi – elektromagnetni valovi, ki imajo frekvence nižje od 3 THz oziroma valovne dolžine daljše od 0.1 mm.**

Praktično se uporabljajo valovi od 9 kHz do 300 GHz



# **ITU** – International Telecommunication Union

Ukvarja se s tehničnim napredkom in razvojem telekomunikacij, mednarodnim sodelovanjem, ...

**Deluje v okviru OZN** (Združenih Narodov)
**Sedež je v Ženevi**, Švica

**Ustanovljena 1865**

**Slovenija postala članica 1992**

# **ITU pravilnik** o radiokomunikacijah

Ureja celotno področje radijskih komunikacij:

- Vrste radiokomunikacijskih storitev
- Razporeditev radijskih frekvenc
- Definicije moči in anten
- Pravila za vzpostavljanje radijskih zvez
- Klicne znake radijskih postaj
- Dokumente za radijske postaje
- …

# Radijska postaja

**En ali več oddajnikov oziroma sprejemnikov s pripadajočimi napravami** na enem mestu, ki so potrebne za opravljanje radiokomunikacijske storitve

- Sestavljajo samo oddajniki oz. samo sprejemniki
- Pripadajoče naprave so del postaje (antene, ...)
- Poznamo kombinacijsko postajo (transceiver)

# Radiokomunikacijska storitev

Storitev, ki vključuje **prenos, oddajo in/ali sprejem radijskih valov v posebne telekomunikacijske namene**

Poznamo jih 10 – tukaj jih je nekaj:

- Radiodifuzna storitev in radiodifuzna satelitska storitev
- Zrakoplovna storitev in zrakoplovna satelitska storitev
- Pomorska storitev in pomorska satelitska storitev
- Kopenska storitev in kopenska satelitska storitev
- **Amaterska storitev in amaterska satelitska storitev**

# Amaterska storitev

Radiokomunikacijska storitev (dejavnost), **s katero se ukvarjajo amaterji** – **ustrezno pooblaščene osebe**, ki se izključno iz osebnih pobud in brez pridobitniških namenov zanimajo za radiotehniko, in katere je namen samoizobraževanje, medsebojno komuniciranje in tehnične raziskave

# Amaterska satelitska storitev

Radiokomunikacijska storitev (dejavnost), ki uporablja **vesoljske postaje na Zemljinih satelitih za iste namene kot amaterska storitev**

# Amaterska radijska postaja

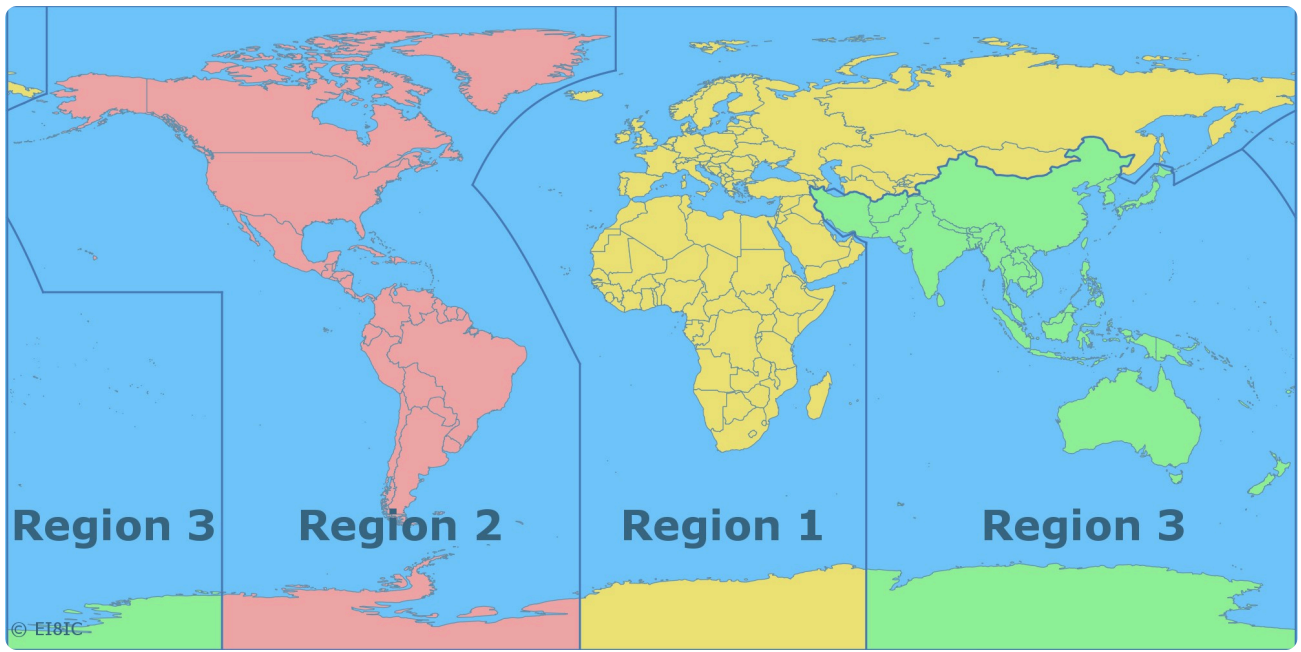
**Radijska postaja v radioamaterski dejavnosti**, namenjena za medsebojno komuniciranje, samoizobraževanje, in tehnično raziskovanje, ki ga opravljajo radioamaterji izključno iz osebnih nagibov, brez materialnih koristi in imajo opravljen izpit.

CB postaje (Citizens Band) ne spadajo v radioamatersko dejavnost – zakone določa država.

# Radioamaterska razdelitev sveta

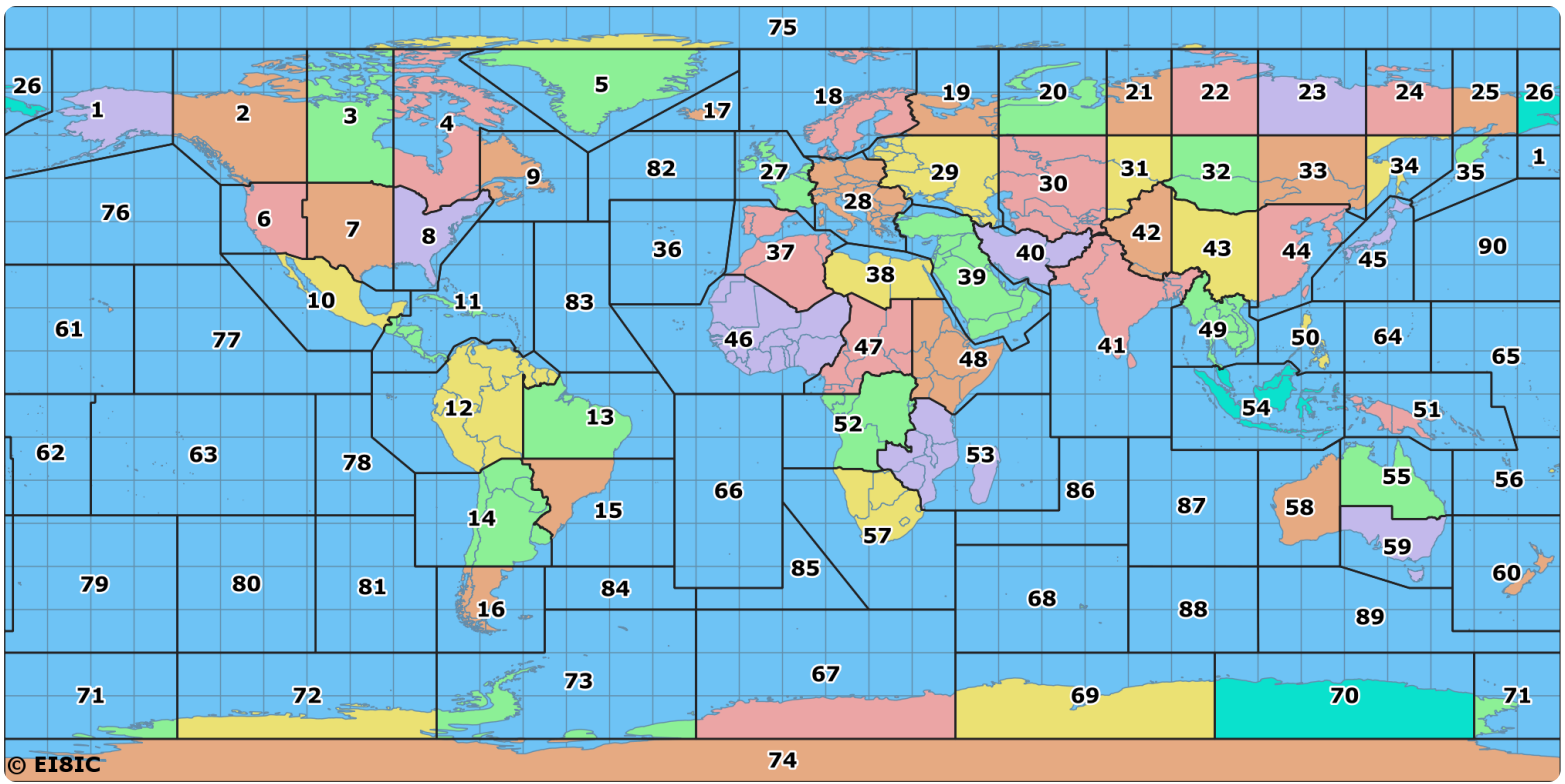
## IARU / ITU Regioni

- Slovenija je v **1.**



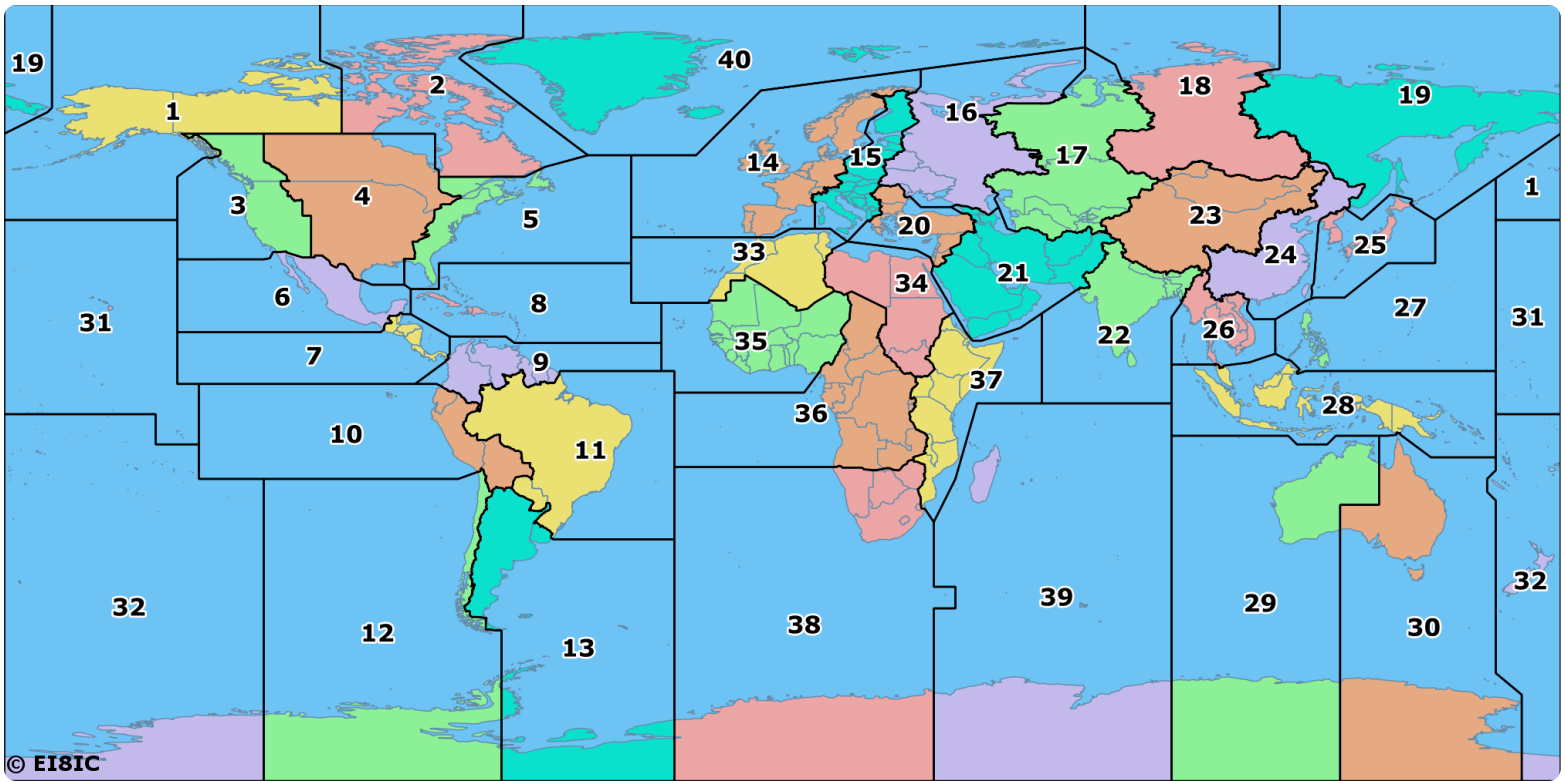
# ITU območja (cone)

- Slovenija je v **28.**



# CQ območja (cone)

- Slovenija je v **15.**

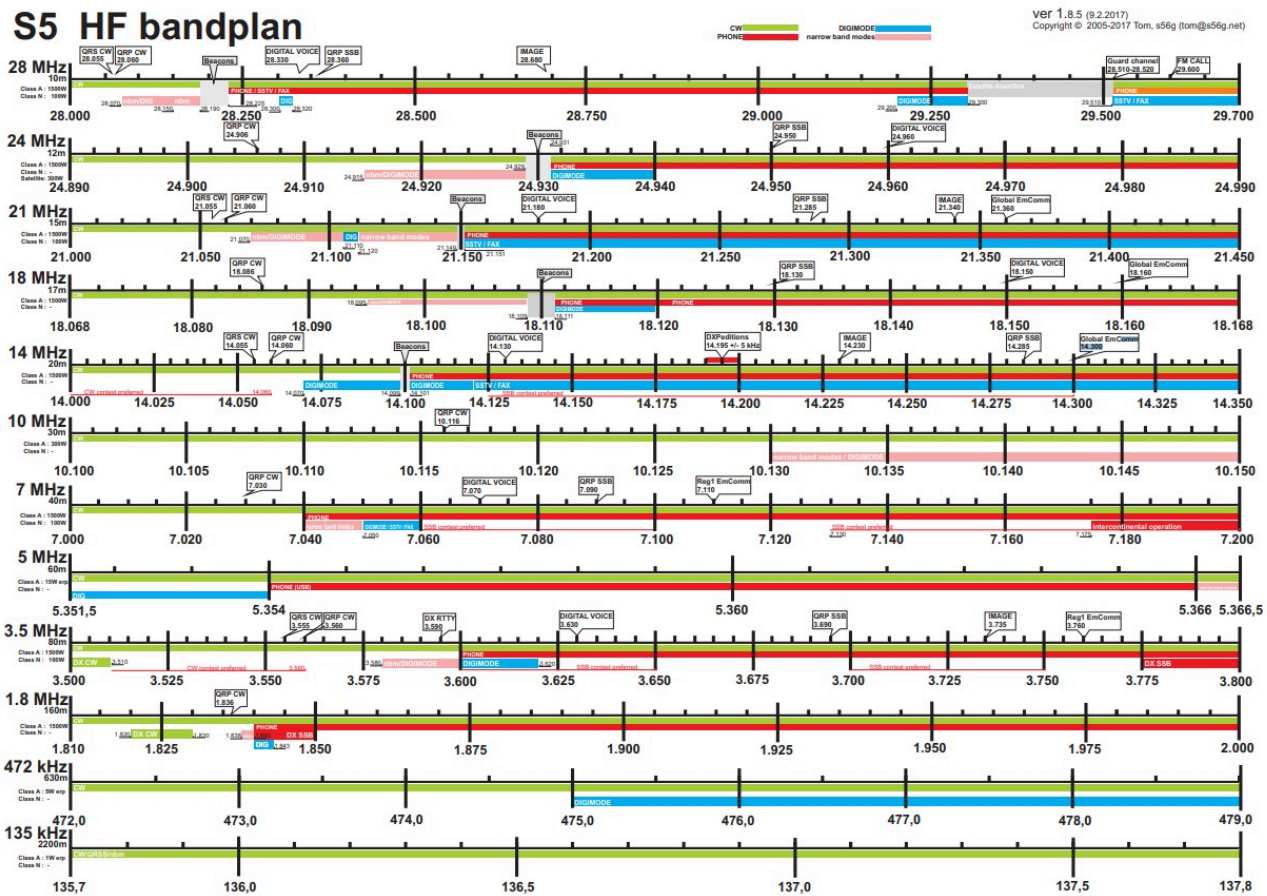


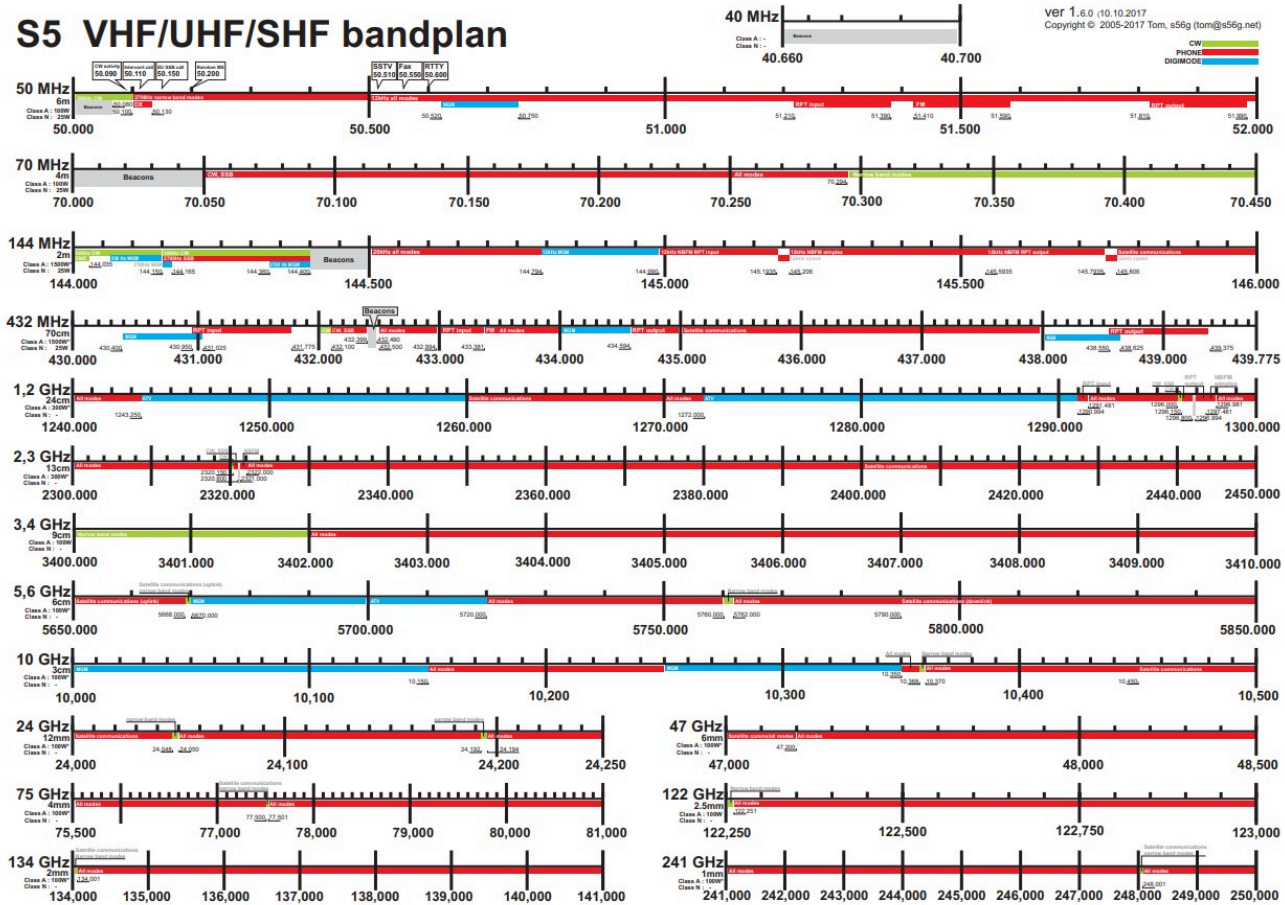
# Mednarodna razdelitev radijskih frekvenc

Razdelitev radijskih frekvenc določa IARU. Vsak region ima svojo razdelitev frekvenc.

- IARU Region 1 Band plans
- Splošni akt - 4. člen (radiofrekvenčni pasovi in največje dovoljene moči)
- S5 Band Plans | S56G

| ... | 160 m | 80 m | 40 m | 30 m | 20 m | 17 m | 15 m | 12 m | 10 m | 6 m | 4 m | 2 m | 70 cm | ... |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.8 MHz | 3.5 MHz | 7 MHz | 10 MHz | 14 MHz | 18 MHz | 21 MHz | 24 MHz | 28 MHz | 50 MHz | 70 MHz | 144 MHz | 430 MHz | |


S5 HF bandplan
ver 1.8.5 (9.2.2017)
Copyright © 2005-2017 Tom, s56g (tom@s56g.net)
CW
PHONE
DIGIMODE
narrow band modes
28 MHz
10m
24 MHz
12m
21 MHz
15m
18 MHz
17m
14 MHz
20m
10 MHz
30m
7 MHz
40m
5 MHz
60m
3.5 MHz
80m
1.8 MHz
160m
472 kHz
630m
135 kHz
2200m
QRS CW 28.055
QRP CW 28.060
Beacons
DIGITAL VOICE 28.330
QRP SSB 28.360
IMAGE 28.680
Guard channel 28.510-28.520
FM CALL 29.600
QRP CW 24.906
QRP SSB 24.950
DIGITAL VOICE 24.960
QRS CW 21.055
QRP CW 21.060
DIGITAL VOICE 21.180
QRP SSB 21.285
IMAGE 21.340
Global EmComm 21.360
QRP CW 18.086
QRP SSB 18.130
DIGITAL VOICE 18.150
Global EmComm 18.160
QRS CW 14.055
QRP CW 14.060
DIGITAL VOICE 14.130
DXPeditions 14.195 +/- 5 kHz
IMAGE 14.230
QRP SSB 14.285
Global EmComm 14.300
QRP CW 10.116
QRP CW 7.030
DIGITAL VOICE 7.070
QRP SSB 7.090
Reg1 EmComm 7.110
PHONE (USB)
QRS CW 3.555
QRP CW 3.560
DX RTTY 3.590
DIGITAL VOICE 3.630
QRP SSB 3.690
IMAGE 3.735
Reg1 EmComm 3.760
QRP CW 1.836
DX CW
DX SSB
CW/QRSS/nbm
28.000
28.250
28.500
28.750
29.000
29.250
29.500
29.700
24.890
24.900
24.910
24.920
24.930
24.940
24.950
24.960
24.970
24.980
24.990
21.000
21.050
21.100
21.150
21.200
21.250
21.300
21.350
21.400
21.450
18.068
18.080
18.090
18.100
18.110
18.120
18.130
18.140
18.150
18.160
18.168
14.000
14.025
14.050
14.075
14.100
14.125
14.150
14.175
14.200
14.225
14.250
14.275
14.300
14.325
14.350
10.100
10.105
10.110
10.115
10.120
10.125
10.130
10.135
10.140
10.145
10.150
7.000
7.020
7.040
7.060
7.080
7.100
7.120
7.140
7.160
7.180
7.200
5.351,5
5.354
5.360
5.366
5.366,5
3.500
3.525
3.550
3.575
3.600
3.625
3.650
3.675
3.700
3.725
3.750
3.775
3.800
1.810
1.825
1.850
1.875
1.900
1.925
1.950
1.975
2.000
472,0
473,0
474,0
475,0
476,0
477,0
478,0
479,0
135,7
136,0
136,5
137,0
137,5
137,8


S5 VHF/UHF/SHF bandplan
ver 1.6.0 (10.10.2017
Copyright © 2005-2017 Tom, s56g (tom@s56g.net)
CW
PHONE
DIGIMODE
40 MHz
40.660
40.700
50 MHz
6m
50.000
50.500
51.000
51.500
52.000
70 MHz
4m
70.000
70.050
70.100
70.150
70.200
70.250
70.300
70.350
70.400
70.450
144 MHz
2m
144.000
144.500
145.000
145.500
146.000
432 MHz
70cm
430.000
431.000
432.000
433.000
434.000
435.000
436.000
437.000
438.000
439.000
439.775
1,2 GHz
24cm
1240.000
1250.000
1260.000
1270.000
1280.000
1290.000
1300.000
2,3 GHz
13cm
2300.000
2320.000
2340.000
2360.000
2380.000
2400.000
2420.000
2440.000
2450.000
3,4 GHz
9cm
3400.000
3401.000
3402.000
3403.000
3404.000
3405.000
3406.000
3407.000
3408.000
3409.000
3410.000
5,6 GHz
6cm
5650.000
5700.000
5750.000
5800.000
5850.000
10 GHz
3cm
10,000
10,100
10,200
10,300
10,400
10,500
24 GHz
12mm
24,000
24,100
24,200
24,250
47 GHz
6mm
47,000
48,000
48,500
75 GHz
4mm
75,500
77,000
78,000
79,000
80,000
81,000
122 GHz
2.5mm
122,250
122,500
122,750
123,000
134 GHz
2mm
134,000
135,000
136,000
137,000
138,000
139,000
140,000
141,000
241 GHz
1mm
241,000
242,000
243,000
244,000
245,000
246,000
247,000
248,000
249,000
250,000

# Predpisi za amaterske radijske komunikacije

# Mednarodni predpisi

Kaj lahko počnemo?

1. **Imeti moramo izpit** (z možnim preizkusom Morzejevih znakov)
2. Smejo se oddajati sporočila tehnične narave
3. **Maksimalne moči določajo državni organi**
4. Svoj **klicni znak** moramo ponavljati v kratkih presledkih (vsaj vsakih 10 minut)
5. Vzpostavljanje zvez s tujimi radioamaterji je dovoljeno
6. **Veljajo vsa splošna določila ITU RR** (razdelitev frekvenc, …)

# Slovenski predpisi

Kaj določa država?

**Delo radioamaterjev v Sloveniji je urejeno z zakoni in drugimi predpisi**

- Zakon o telekomunikacijah (ZTel-1)
- Zakon o elektronskih komunikacijah (ZEKom-2)
- Splošni akt o načrtu uporabe radijskih frekvenc (NURF-5)
- Splošni akt o pogojih za uporabo radijskih frekvenc, namenjenih radioamaterski in radioamaterski satelitski storitvi

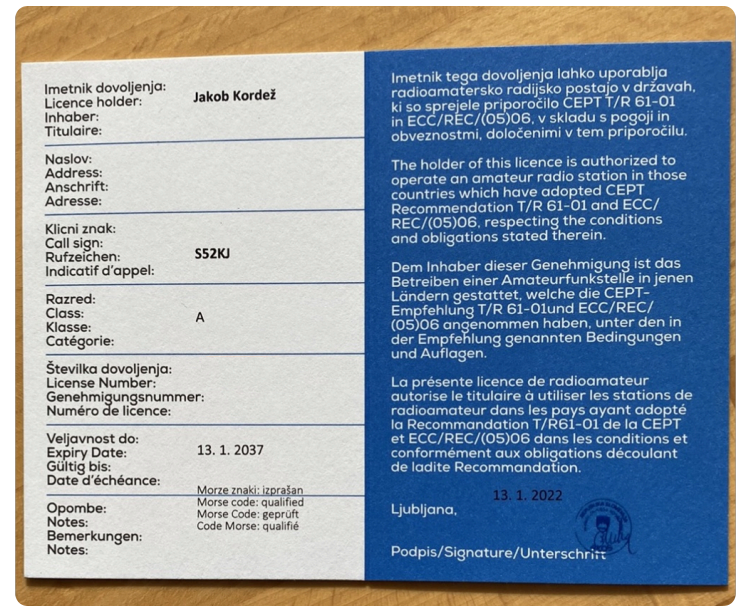
- **Predpisani frekvenčni pasovi** v skladu s opravljenim izpitom (A ali N)
- **Predpisane so vrste oddaj** v skladu s opravljenim izpitom (A ali N)
- **Predpisane so največje moči** oddaje v skladu s opravljenim izpitom (A ali N)
- Vse oddaje radioamaterskih postaj se morajo **identificirati s klicnim znakom**

# CEPT licenca

**CEPT radioamatersko dovoljenje** – dovoljenje, s katerim lahko radioamater upravlja radioamatersko dejavnost v državi, ki ima uveljavljena CEPT priporočila.

**Pri nas ga izda AKOS** (Agencija za komunikacijska omrežja in storitve RS)

Slovenija je postala članica CEPT-a 1993, prvo dovoljenje pa izdala 1998



# Priporočili CEPT T/R 61-01 in T/R 61-02

**CEPT T/R 61-01** – omogoča **začasno uporabo** prenosne oz. mobilne **amaterske radijske postaje v katerikoli državi**, ki je to priporočilo uveljavila. Velja za **največ 3 mesece**.

Primer: **9A**/S59VEG → Slovenska postaja (S5) je na obisku na hrvaški (9A)

**CEPT T/R 61-02** – označuje se tudi kot HAREC, obravnava usklajene izpite za radioamaterje. Namenjen je radioamaterjem, ki želijo ostati v tuji državi več kot 3 mesece.

# Pravila in praksa v amaterskih radijskih komunikacijah

# Vzpostavljanje amaterskih radijskih zvez

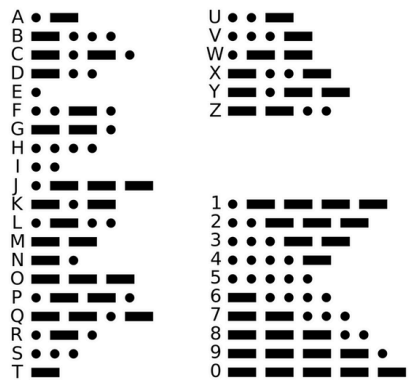
- Načini vzpostavljanja zvez
- Klicni znaki
- Q-kod
- RST sistem
- Kratice
- Vsebina zveze

# Telegrafija

**Načini vzpostavljanja zvez**

Uporaba tipkala

Uporablja se Morzejeva abeceda. Prenaša se znak po znak, uporabljajo se kratice. Hitrosti oddajanja med 25 do 200 znakov na minuto.



# Telefonija (Phone)

**Načini vzpostavljanja zvez**

Uporaba govora

Zveze, vzpostavljene v govornem jeziku, ki ga poznata oba sogovornika. Za slabše povezave uporabljamo tablice črkovanja.

# Ostali načini

**Načini vzpostavljanja zvez**

Razni digitalni načini:

- SSTV – slow scan television – mirujoče slike
- FSTV / ATV – fast scan tv / amateur tv – gibljive slike
- **FT8** / FT4
- RTTY
- PSK31, PSK63, ...
- Packet radio
- ...

# Klicni znaki

S čem se identificiramo?

**Klicni znak** – oznaka, sestavljena iz črk in/ali številk, s katero se radijska postaja identificira. Oblika klicnega znaka je predpisana v ITU RR.

**S5 9VEG**

| | |
|---|---|
| S5 | – **Prefiks** – "Država" |
| 9VEG | – **Sufiks** – Postaja znotraj "države" |

## Prefiksi

| | |
|---|---|
| S5 | Slovenija |
| 9A | Hrvaška |
| I | Italija |
| OE | Avstrija |
| HA | Madžarska |
| F | Francija |
| DA-DR | Nemčija |
| EA | Španija |
| G M … | Anglija |

# Pripone

| | |
|---|---|
| **/M** | **mobilna** (mobile) postaja (v vozilu) |
| **/MM** | **pomorska** mobilna (maritime mobile) postaja (čoln) |
| **/AM** | **zrakoplovna** mobilna (aeronautical mobile) postaja |
| **/P** | **prenosna** (portable) postaja |

Primer: S59VEG/**MM** → Postaja S59VEG oddaja s čolna (MM)

Razpoznavanje klicnih znakov

# Q-kod

- **Dolge 3 znake**
- **Začnejo se s Q**
- Uporabljajo jih tudi druge radiokomunikacijske storitve

Lahko se uporablja v obliki vprašanja in odgovora:

| | |
|---|---|
| QRV? | Ali si pripravljen? |
| QRV | Pripravljen sem. |
| QRL? | Ali imaš zvezo? / Je frekvenca zasedena? |
| QRL | Imam zvezo (ne moti) |
| QRU? | Imaš kaj zame? |
| QRU | Nimam nič zate. |

Kodam dodajamo tudi argumente?

| | |
|---|---|
| QRG 21125 | Tvoja točna frekvenca je 21125 kHz |
| QRB 10 | Razdalja med postajama je 10 km |
| QRW S50XXX 21125 | Obvesti S50XXX, da ga kličem na frekvenci 21125 kHz |

**Q–kod se v telefoniji *načeloma* ne uporablja!**

Vse Q–kode v priročniku na strani 247 - 248

| Q-koda | Vprašanje | Odgovor |
|---|---|---|
| QRK | Kakšna je razumljivost mojega signala? | Razumljivost tvojega signala je … (1-5). |
| **QRM** | Ali te motijo druge postaje? | Motijo me druge postaje. |
| QRN | Te moti statika? | Moti me statika. |
| QRO | Naj povečam oddajno moč? | Povečaj oddajno moč. |
| QRP | Naj zmanjšam oddajno moč? | Zmanjšaj oddajno moč. |
| QRS | Naj oddajam počasneje? | Oddajaj počasneje. |
| QRT | Naj preneham z oddajanjem? | Prenehaj z oddajanjem. |
| **QRZ** | Kdo me kliče? | Kliče te … |
| QRV | Si pripravljen? | Pripravljen sem. |
| **QSB** | Ali moj signal niha? | Tvoj signal niha. |
| **QSL** | Lahko potrdiš sprejem? | Potrjujem sprejem. |
| QSO | Ali lahko komuniciraš z … direktno? | Z … lahko komuniciram direktno. |
| QSY | Ali naj se premaknem z oddajanjem na drugo frekvenco? | Pomakni se z oddajanjem na drugo frekvenco. |
| QRX | Kdaj me boš ponovno poklical? | Ponovno te bom poklical ob … uri na … kHz (MHz). |
| **QTH** | Kje je tvoja lokacija? | Moja lokacija je … |

# RST sistem

Sporočanje kvalitete zveze

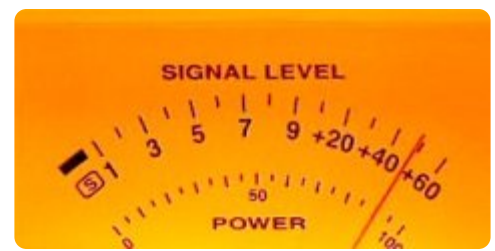
Tri zaporedne številke:

| R | S | T |
|---|---|---|
| Razumljivost<br>Readability | Jakost<br>Strength | Ton<br>Tone |
| 1-5 | 1-9 | 1-9 |

**V telefoniji** se uporabljata **samo RS**.

Sistem se uporablja kot povratna informacija pošiljatelju.
Rečemo mu tudi raport (report).

Na modernih postajah pa je vgrajen tudi S-meter.



Primer:

> RST je **558**
> Razumljivost je odlična (**5**/5)
> Moč signala je srednja (**5**/9)
> Ton je skoraj popoln (**8**/9)

Čitljivost / razumljivost (R)

| | |
|---|---|
| R1 | Nečitljivo / nerazumljivo |
| R2 | Komaj čitljivo |
| R3 | Težko čitljivo |
| R4 | Brez večjih težav |
| R5 | Odlično čitljivo |

Moč / jakost (S)

| | |
|---|---|
| S1 | Komaj zaznano |
| S2 | Zelo šibko |
| S3 | Šibko |
| S4 | Še kar zadovoljivo |
| S5 | Že kar dobro |
| S6 | Dobro |
| S7 | Zmerno močno |
| S8 | Močno |
| S9 | Izredno močno |

Ton (T)

| | |
|---|---|
| T1 | Izredno grob / hreščeč / brneč |
| T2 | Zelo grob |
| T3 | Grob |
| T4 | Precej grob |
| T5 | Precej brneč |
| T6 | Brneč |
| T7 | Komaj brneč |
| T8 | Dober / skoraj čist |
| T9 | Odličen / čist |

# Kratice

Uporabljajo se v **telegrafiji**.
Če je kratica nadčrtana, jo pošljemo kot en znak (brez presledkov med črkami).

| | |
|---|---|
| $\overline{\text{KA}}$ | začetek zveze |
| $\overline{\text{VA}}$ ali $\overline{\text{SK}}$ | konec zveze |
| $\overline{\text{VA}}$ CL | konec zveze in izključi postajo |
| $\overline{\text{AR}}$ ali + | konec sporočila |
| $\overline{\text{AR}}$ K | konec sporočila in pripravljen na sprejem |
| $\overline{\text{AR}}$ $\overline{\text{KN}}$ | konec sporočila in pripravljen na sprejem samo klicane postaje |

Vse kratice so v priročniku na strani 249-256

| | |
|---|---|
| CQ | splošni poziv vsem postajam |
| CFM | potrjujem |
| GD | Good day (dober dan) |
| CS | klicni znak |
| DR | Dear (dragi, draga) |
| DE | od (uporablja pred klicnim znakom postaje, ki kliče) |
| PSE | prosim |
| NW | zdaj (now) |
| DX | Oddaljen; daleč stran |
| TFC | promet (traffic) |
| OM | old man (star prijatelj) |
| TU | hvala |
| R | sprejeto (roger) |

# Primer zveze

CQ CQ CQ DE S59VEG S59VEG CQ K
S59VEG DE S50HQ K
S50HQ S59VEG GD OM UR RST 599 599 QSL? K
S59VEG S50HQ QSL TU FER 599 UR 589 589 K
S50HQ S59VEG TU UR WX? K
...

CQ CQ CQ tukaj S59VEG S59VEG CQ, poslušam
S59VEG tukaj S50HQ
S50HQ S59VEG dober dan stari prijatelj, tvoj raport je 59 59, si sprejel?
S59VEG S50HQ sprejeto, hvala za 59, tvoj raport je 58 58
S50HQ S59VEG hvala, kakšno vreme imate?
...

# Amaterske zveze v telegrafiji

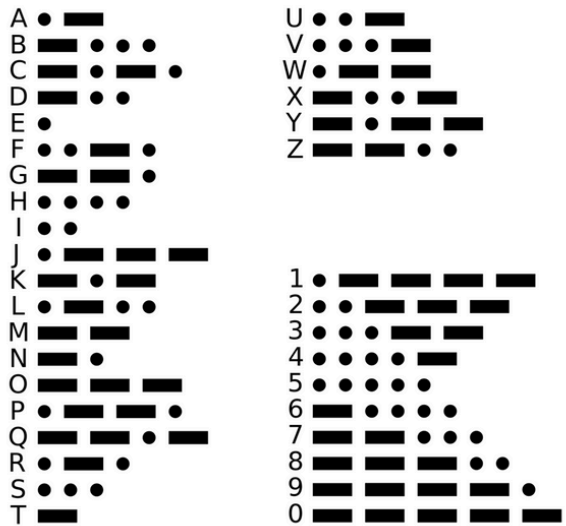
## Morse-kod

Samuel Morse 1791-1872

1835 objavil žični elektromagnetni telegraf in sistem pretvorbe besedila – Morzejevo abecedo

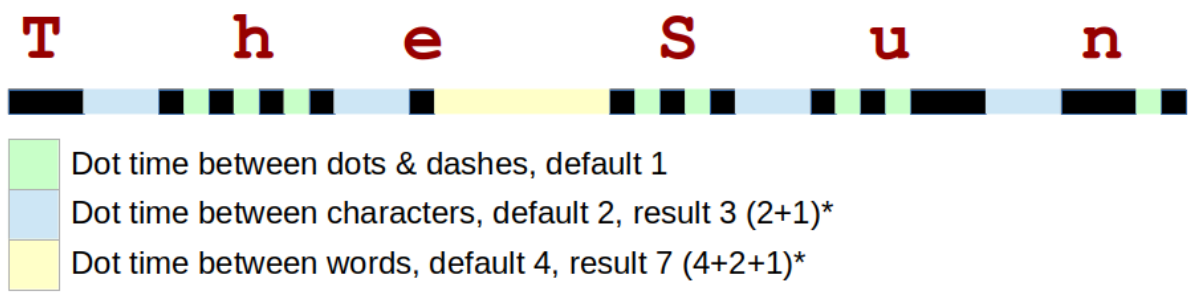
Kasneje sprejet mednarodni morse kod, ki se danes uporablja v telegrafiji

Prva javna zveza leta 1844 (Washington – Baltimore)
Po iznajdbi radia govorimo o **radiotelegrafiji**



## Dolžina posameznih elementov Morse-koda je točno določena (1 enota označena z e):

- Kratek impulz *"dit"* ( • ) - 1e
- Dolg impulz *"dah"* ( ▬ ) - 3e
- Premor med impulzi v znaku - 1e
- Premor med znaki v besedi - 3e
- Premor med besedami - 7e



# Amaterske zveze v telefoniji

Zveze potekajo **v skupnem pogovornem jeziku** (z tujimi radioamaterji največkrat v angleščini)

V zvezah se kratice in Q-kod praviloma ne uporablja, vendar to ne pomeni da se ne bodo.

Komunikacija poteka po istem kopitu kot pri telegrafiji.

Za slabše povezave se uporabljajo tablice črkovanja (mednarodna ali slovenska).

# Mednarodna in slovenska tablica črkovanja

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | Alpha | N | November |
| B | Bravo | O | Oscar |
| C | Charlie | P | Papa |
| D | Delta | Q | Quebec |
| E | Echo | R | Romeo |
| F | Foxtrot | S | Sierra |
| G | Golf | T | Tango |
| H | Hotel | U | Uniform |
| I | India | V | Victor |
| J | Juliett | W | Whiskey |
| K | Kilo | X | X-ray |
| L | Lima | Y | Yankee |
| M | Mike | Z | Zulu |

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | Ankaran | O | Ormož |
| B | Bled | P | Piran |
| C | Celje | R | Ravne |
| Č | Čatež | S | Soča |
| D | Drava | Š | Šmarje |
| E | Evropa | T | Triglav |
| F | Fala | U | Unec |
| G | Gorica | V | Velenje |
| H | Hrastnik | Z | Zalog |
| I | Izola | Ž | Žalec |
| J | Jadran | Q | Queen |
| K | Kamnik | W | Dvojni V |
| L | Ljubljana | X | Iks |
| M | Maribor | Y | Ipsilon |
| N | Nanos | | |

| | |
|---|---|
| / | Stroke, slash, skozi (uporabljajo tudi "portable") |
| , | Decimal |
| . | Stop |

# Vsebina zveze

Kako poteka zveza?

Vsaka radijska zveza je sestavljena iz več relacij.
Relacija je del zveze, ki jo odda eden od operaterjev.

## Relacije

1. Klicanje
2. Vzpostavitev zveze
3. Izmenjava ostalih podatkov
4. Zaključek zveze

# Klicanje

**Vsebina zveze**

**Poziv k zvezi** (s splošnim klicem **CQ**)

Primer klica v telegrafiji/telefoniji:

```
CQ CQ CQ DE S59VEG S59VEG K
CQ CQ CQ this is S59VEG S59VEG over
CQ CQ CQ tukaj S59VEG S59VEG poslušam
```

Primer odgovora na poziv:

```
K1ZZ K1ZZ DE S59VEG S59VEG S59VEG AR K
```

Če smo klicali na frekvenci namenjeni za klicanje, se po vzpostavljeni zvezi navadi premaknemo na drugo frekvenco.

# Klicanje kontinenta/države/DX postaje

Primer klica kontinenta/države/DX postaje:

> CQ CQ **EU EU** DE S59VEG S59VEG K
> CQ CQ **9A 9A** DE S59VEG S59VEG K
> CQ CQ **DX DX** DE S59VEG S59VEG K

# Kaj je DX?

Pomeni oddaljena država

Za Slovenijo:

- HF – vse izven Evrope
- VHF/UHF/SHF – razdalja se niža odvisno od frekvenčnega pasu (pri 144 MHz je 400 in 500km)

# Klicanje na tekmovanjih

*TEST* (− • ••• −) je kratica za contest.

> CQ **TEST** S56V S56V K

Ali še hitreje:

> S56V S56V TEST

V telefoniji:

> S56V S56V contest

Odgovorimo tako, da **enkrat na hitro oddamo svoj klicni znak**.

# Vzpostavitev zveze

**Vsebina zveze**

Ko sprejmemo odziv, začnemo z uvodno relacijo.

## Deli relacije:

1. Tuj klicni znak, DE, svoj klicni znak
2. Zahvala za klic
3. RST ocena
4. Povemo svoje ime, lahko tudi lokacijo (QTH)
5. Zaključimo relacijo

Posamezne dele ločimo z = oziroma -···- ali -·····-

S59XXX DE S59VEG = HLO ES TNX FER CALL = UR RST IS 599 599 = MY NAME IS JANEZ = $\overline{\text{AR}}$ S59XXX DE S59VEG $\overline{\text{KN}}$
S59VEG DE S59XXX = HLO ES UR WELCOME = UR RST IS 599 599 = MY NAME IS FRANCI = $\overline{\text{AR}}$ S59VEG DE S59XXX $\overline{\text{KN}}$

# Izmenjava ostalih podatkov

**Vsebina zveze**

## Deli relacije:

1. Tuj klicni znak, DE, svoj klicni znak
2. Podatki, ki jih želimo izmenjati
3. Zaključimo relacijo

```
S50XXX DE S59VEG = PSE HW? = AR S59XXX DE S59VEG KN
```

# Zaključek zveze

**Vsebina zveze**

## Deli zaključne relacije:

1. Tuj klicni znak, DE, svoj klicni znak
2. Odslovilno besedilo
3. Zaključimo relacijo

```
S50XXX DE S59VEG = DR FRANCI TNX FER NICE QSO ES HPE CU AGN = AR S59XXX DE S59VEG SK
```

# Nekaj nasvetov za dobro delo

- Pred oddajanjem poslušajte frekvenco, oddate QRL? (Je frekvenca v uporabi?) in čakate odgovor
- Oddajajte kratke CQ; če po 3 ali 4 klicih ni odziva, zamenjajte frekvenco
- Držite se pravil in vrstnega reda radijske zveze
- Spoštujte radioamaterski bonton

Preberi: **Etika in operaterski postopki**

# Amaterske digitalne komunikacije

## MGM

**Machine Generated Modes**

Zajema vse sedanje in bodoče vrste digitalnih komunikacij.

Na frekvenčnem pasu je že določen pas namenjen MGM-ih

# RTTY

Teleprinter + radijska postaja = **Radijski teleprinter**

Logične 1 in 0 se prenašajo po ločenih frekvencah

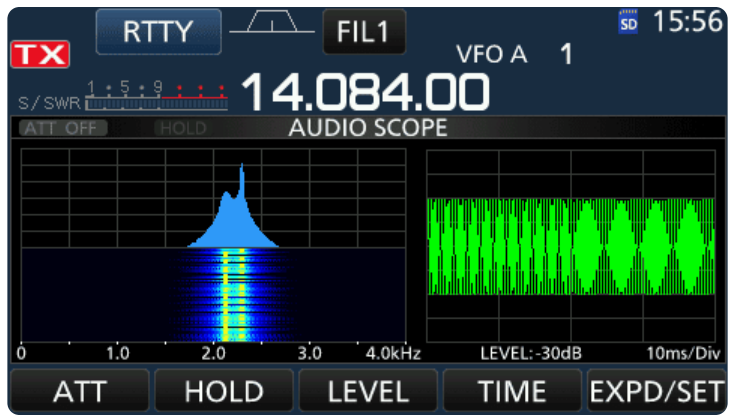
- Frekvenci se razlikujeta za 170, 200, 425 ali 850 Hz

Besedilo kodiramo v zaporedje bitov. Kodni tabeli:

- **BAUDOT** (5 bitni kod → 32 znakov)
- **ASCII** (7 bitni + 1 paritetni → 128 znakov)

Variacije:

- **AMTOR** – RTTY s preverjanjem napak
- **PACTOR** – AMTOR s stiskanjem



# PSK31

Phase Shift Keying, 31 Baud

Namenjen živi tipkovnica-tipkovnica komunikaciji

Uporablja PSK (Phase-Shift Keying) kodiranje in DPS (digitalno procesiranje signala)

Največja hitrost je 31 baudov

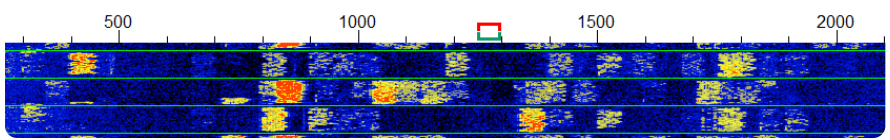
Dolžina znakov je različna (Varicode)

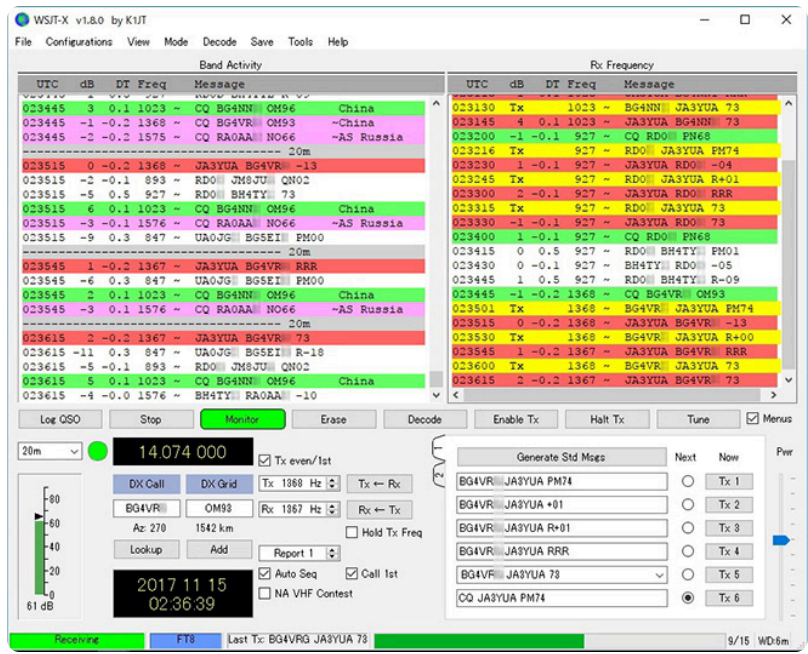
# WSJT-X

Weak-signal radio communication

Program za "šibko-signalne" radioamaterske zveze

- **FT8** / FT4
- MSK144 / FSK441 (odboj od meteorskih sledi)
- JT65 (odboj od Lune)
- WSPR
- ...



# Packet radio

Povezovanje računalnikov med seboj za hitrejšo izmenjavo informacij

**MODEM** – MOdulator DEModulator (pretvorba analognih v digitalne signale)

Radioamatersko omrežje, ki deluje po **protokolu AX.25**

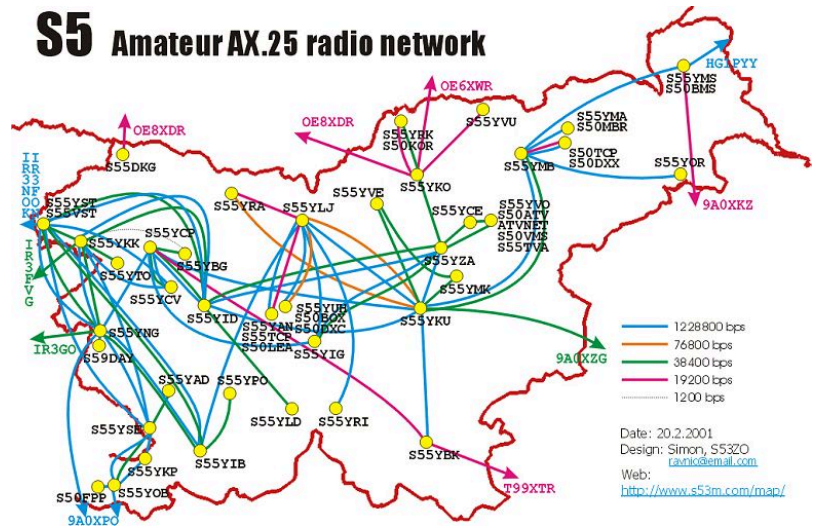
**CSMA** (Carrier-sense Multiple Access) – algoritem za prepoznavo **zaznave trkov**

Omrežje pokriva praktično cel svet, zato je potrebna neka infrastruktura.

**Paketno vozlišče** – računalnik, ki je preko radijskih postaj povezan z drugimi vozlišči, ta pa usmerja podatke med omrežji.

Storitve:

- Dostop do podatkovnih baz (Keplerjeve elemente, …)
- **BBS (Bulletin Board System)**
- Pošiljanje elektronske pošte
- Vzpostavljanje zvez
- Prehod med različnimi omrežji
- …



# APRS

**Automatic Packet Reporting System**
Včasih: Automatic Position Reporting System
Uporablja AX.25 protokol

EU frekvenca: 144,800 / 432,500 MHz

Osnovne funkcije:

- Izris geografske lokacije
- Telemetrija
- Javljanje meteoroloških podatkov
- Izmenjava sporočil med udeleženci v omrežju
- ...

# SSTV

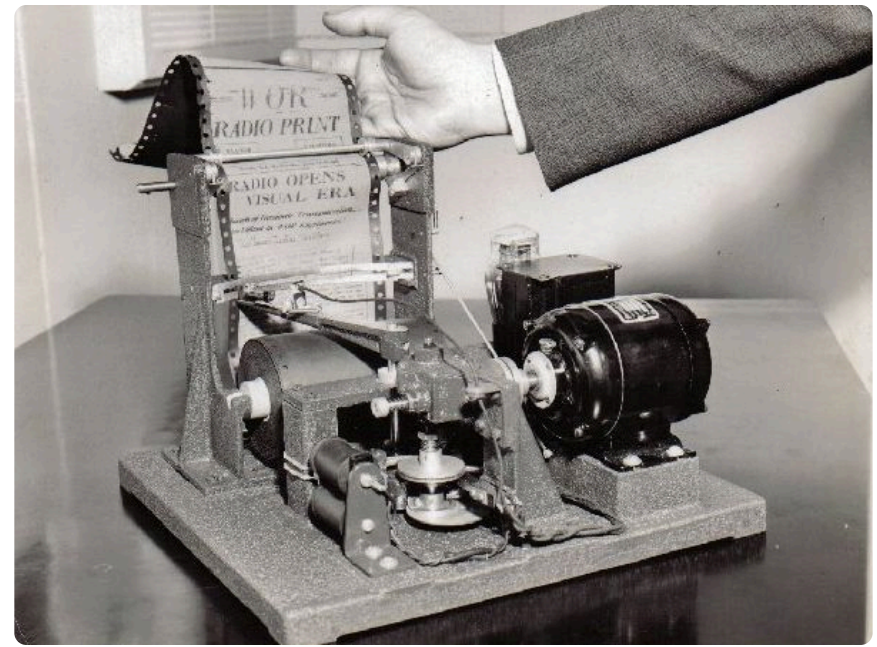
- prenos **mirujočih slik** na daljavo
- barvne ali črno-bele
- SSB ali FM postaja

# FAX

**Faksimile**

Prenos mirujočih **črno-belih ali barvnih** pisanih **sporočil in slik** v višjih ločljivostih

Značilno to, da pri sprejemu nastaja slika običajno direktno na toplotno občutljivem papirju



# FSTV (ATV)

FSTV - Fast Scan Television

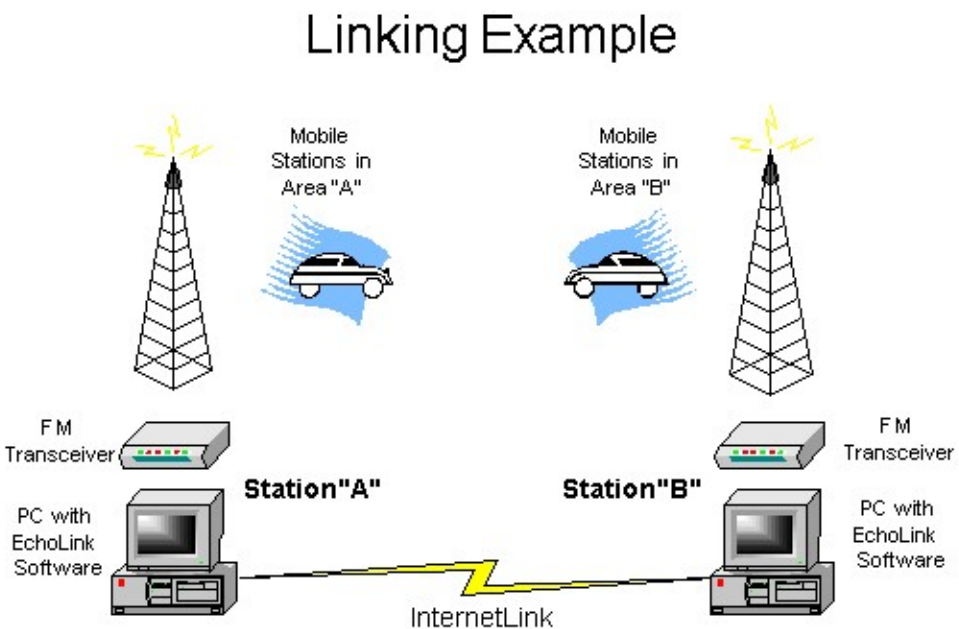
ATV - Amateur Television

Balloon at 80,000 feet WB8ELK
Camera looking thru hole in foam box

# Echolink

Komuniciranje licenciranih radioamaterjev čez internet

Več na echolink.org



# Časovne cone in UTC

**Coordinated Universal Time ali GMT** (Greenwich Mean Time)

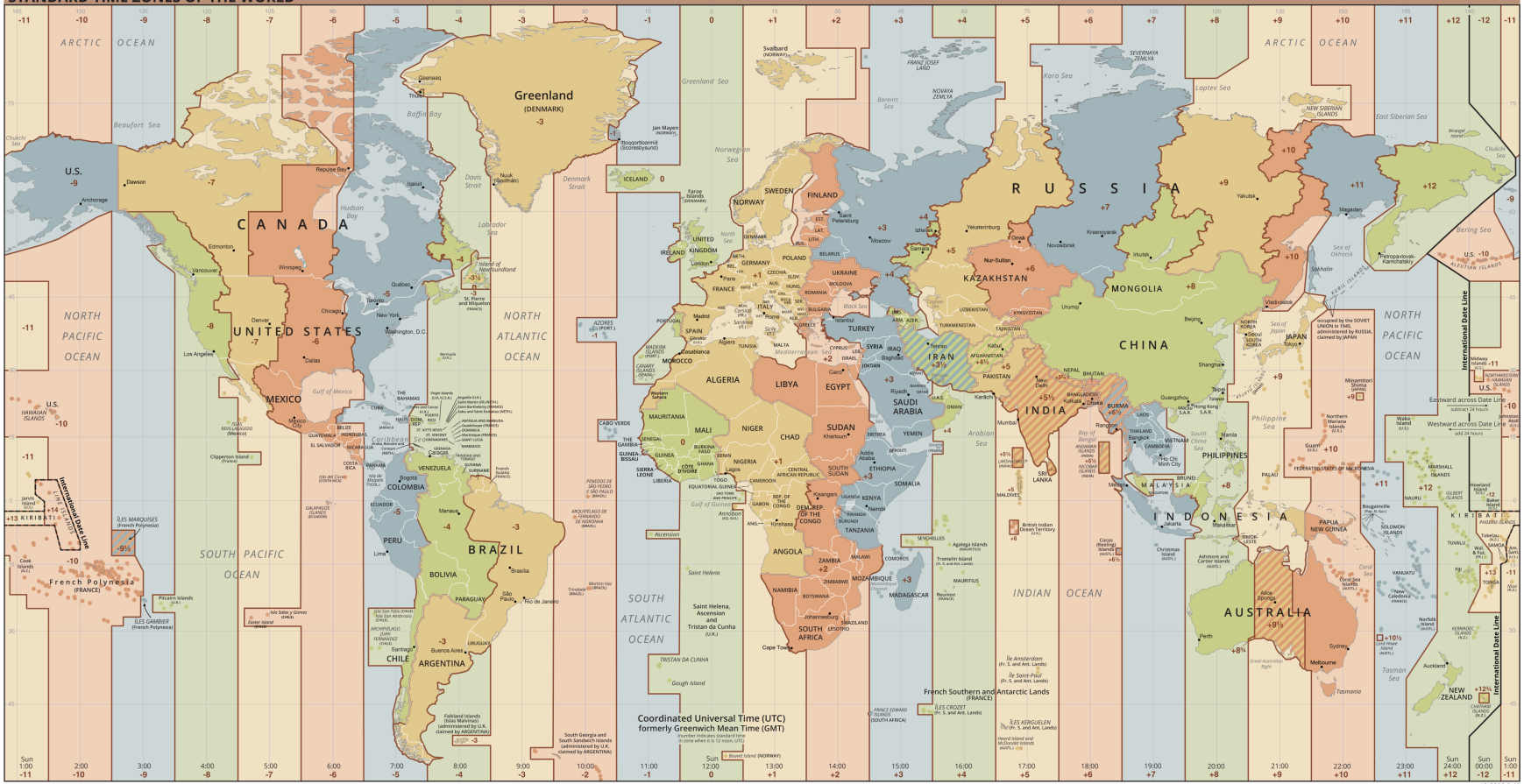
Imamo 24 časovnih pasov, mi se nahajamo v **CET (Central European Time)** ali MEZ

V zimskem času +1h, v poletnem +2h

Pozimi:
MEZ: 15:00 = UTC: 14:00

Poleti:
MEZ: 15:00 = UTC: 13:00

# STANDARD TIME ZONES OF THE WORLD



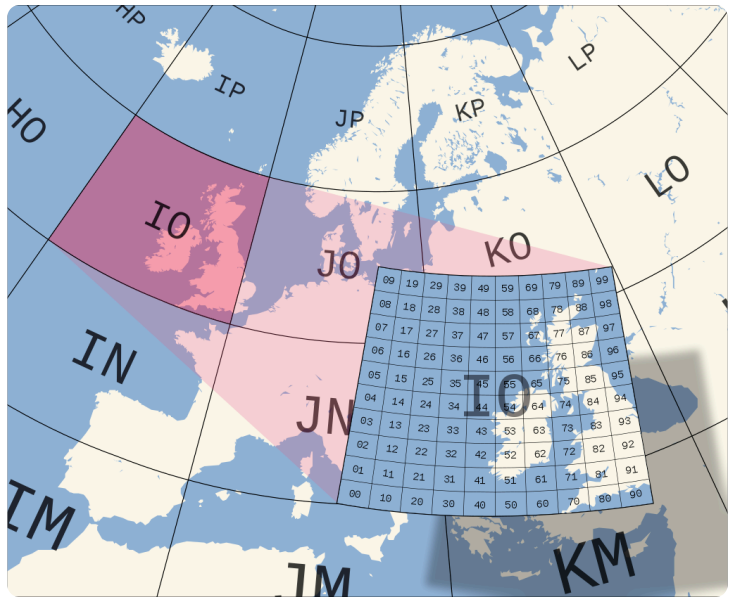
# Univerzalni lokator (UL)

4 ali 6 znakovna lokacija (lahko tudi več)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Velika polja | | Polja | | Mala polja | |
| AA - RR | | 00 - 99 | | AA - XX | |
| 20° D | 10° Š | 2° D | 1° Š | 5' D | 2,5' Š |

Vegova: **JN76GB**

Zemljevid UL lokatorjev



# Dnevnik dela radijske postaje (LOG)

Seznam zvez in podatkov o njih

## Obvezni podatki

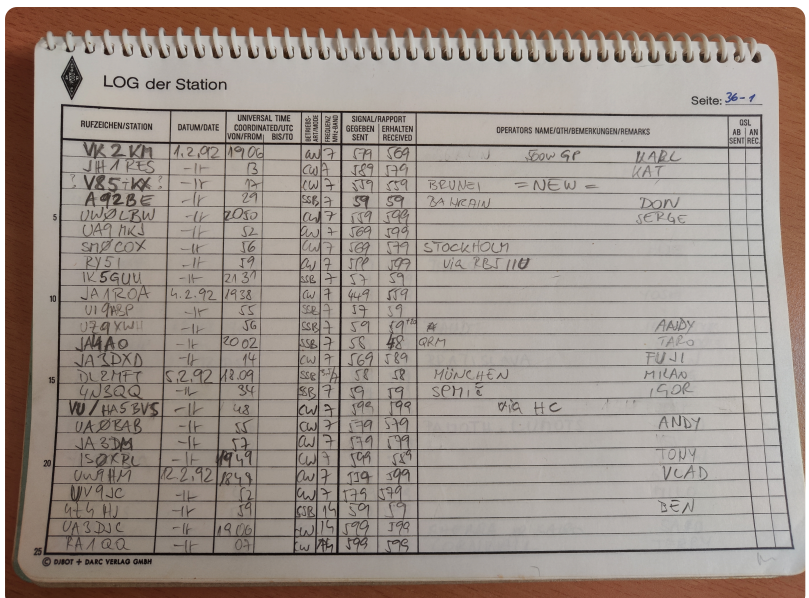
- Dan, mesec, leto
- Čas začetka zveze, pri daljših zvezah tudi konec oddajanja
- Klicni znak postaje
- Naziv frekvenčnega pasu (band)
- Vrsta oddaje (CW, SSB, FM, ...)
- Podpis radioamaterja (za klubske postaje)

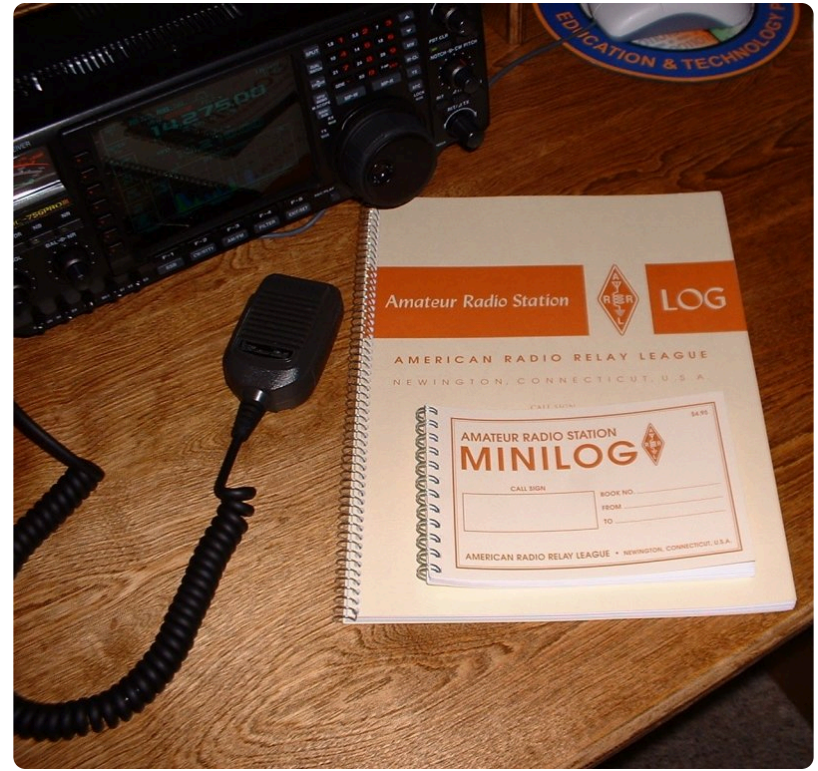
Zapis časa: **4 številke (0000–2359) po univerzalnem času (UTC)**

**Hrani najmanj 3 leta po zadnjem vpisu**

Drugi podatki ki jih vpisujemo:

- Kakovost signala (RST oz. RS)
- Lokacija postaje (UL)
- Izmenjava kartic



# QSL kartica

Potrjevanje zvez

Velikost: **9x14 cm**

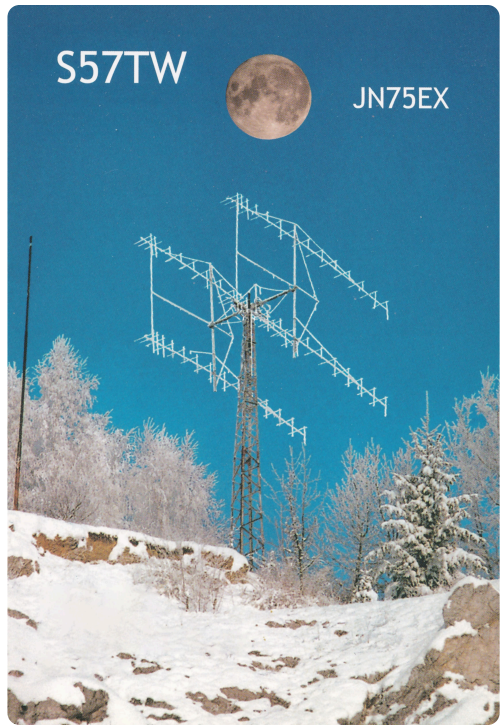
Običajno se pošiljajo preko **QSL biroja** - storitev za pošiljanje QSL kartic

**Pred oddajo**, kartice **sortiramo po državah** (DXCC entitetah)

**Obvezni podatki:**

- Naš klicni znak in naslov
- Klicni znak druge postaje
- Podatki o zvezi (datum, čas, način oddaje, frek. območje, poslan RST)

Danes je popularno digitalno potrjevanje zvez: LoTW, eQSL, ClubLog, QRZ.com, …



Druge informacije, primerne za na QSL kartico:

- Podatki o opremi
- UL lokatorji
- Slike domačega kraja
- Slike opreme
- Slika znamenitosti
- ...

**S52KJ**

**Jakob Kordež**
Polhov Gradec
SI-1355 Polhov Gradec
Slovenia
JN76DB • ITU 28 • CQ 15

QSO with **S56NE**

Via

**QSL:** PSE ☐ TNX ☐

*Confirming 2-way QSO's:*

| DATE | UTC | MHZ | MODE | RST | POWER |
|---|---|---|---|---|---|
| 2022-12-30 | 1319 | 14.310 | SSB | 59 | 100 W |
| 2023-01-07 | 1845 | 3.573 | FT8 | -16 | 20 W |
| | | | | | |

https://jkob.cc/hamradio

73 de .....

German Amateur Radio Station
DF3IS
Germany • CQ Zone 14 • ITU Zone 28 • Loc. JN49KB • DOK A36

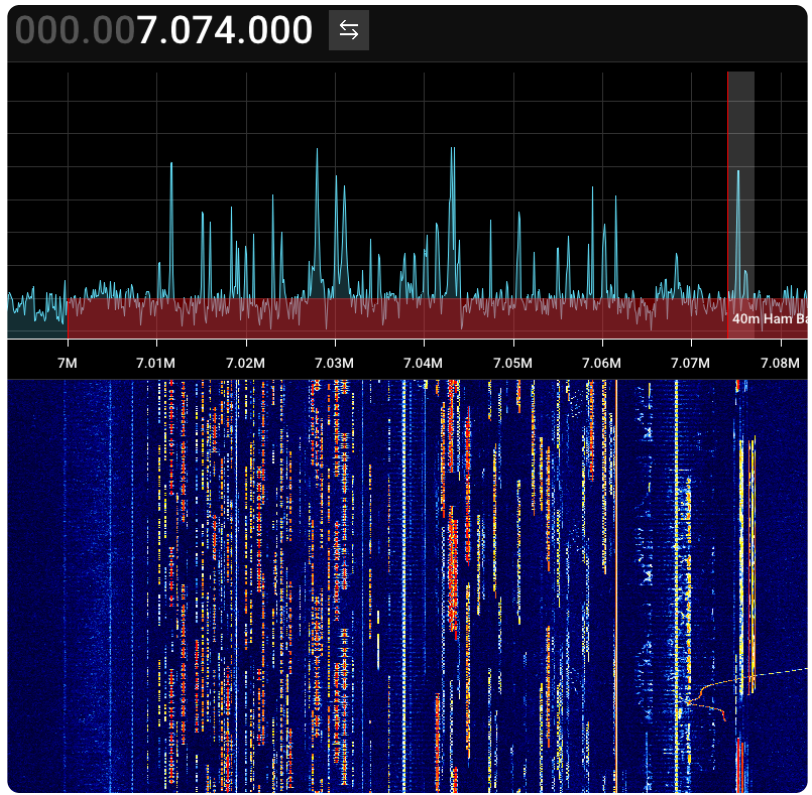
DO1HFS
Watzmann Suedspitze
DL/BG-040
Watzmann Mittelspitze
DL/BG-039
Kleiner Watzmann
DL/BG-067
Gruenstein
DL/CG-076
Hochkalter
DL/BG-030
@FUNKFIEBER
YouTube
FUNKFIEBER
German Castles on the air
GMA
SOTA
POTA

# Radioamaterska tekmovanja

Vsak tekmovanje lahko omeji:

- uporabljene frekvenčne pasove
- način dela (telegrafija, telefonija, digitalno, ...)
- posebna tekmovanja:
  - odboj od Lune
  - odboj od meteorskih sledi

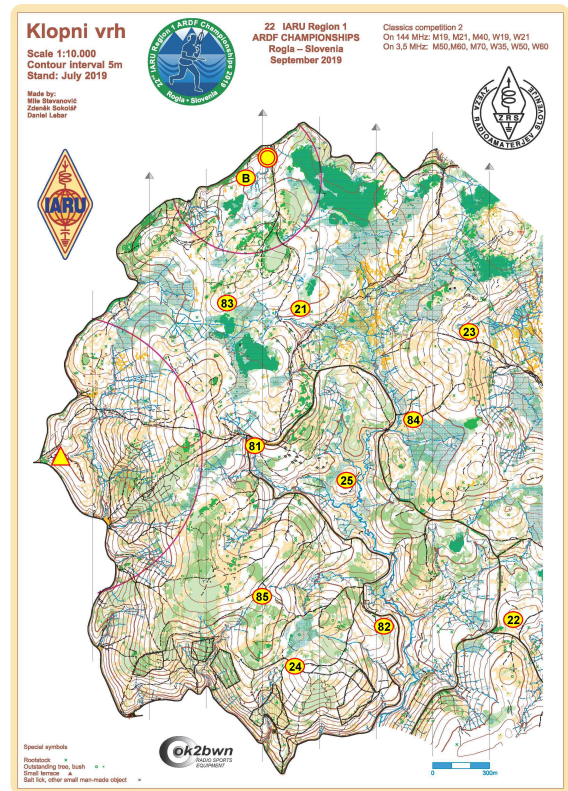
**Po IARU so izključeni 5 MHz, 10 MHz, 18 MHz in 24 MHz** (WARC)



# Amatersko radiogoniometriranje (ARG)

- ARDF (Amateur Radio Direction Finding)
- Lov na lisico

Športna disciplina že od 1924, v SLO 1954
**KV** – 80 m – 3-5 W, **UKV** – 2 m – 0,25-1,5 W

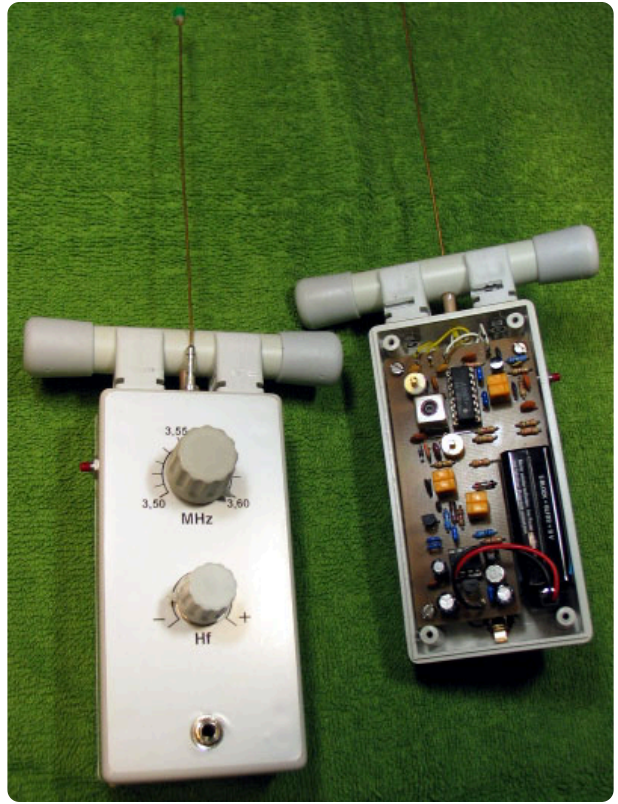


Tekmovanje ima ponavadi med 3 ali 5 lisic in svetilnik

Lisice oddajajo enega izmed naslednjih zaporedij:
MOE, MOI, MOS, MOH, MO5 – enostavni zapis v Morzejevi abecedi

Svetilnik ves čas »sveti« MO.

Lisice lahko iščejo tudi slepi in slabovidni v spremstvu dobrovidnega na enostavnem polju



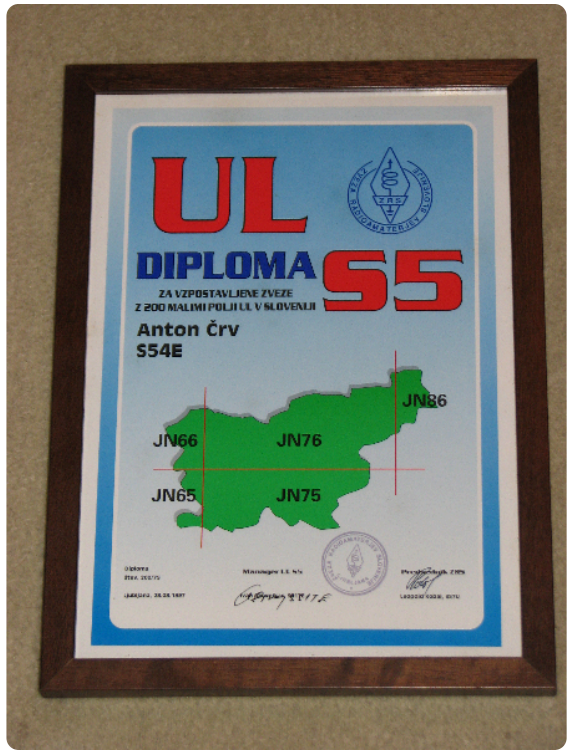
# Radioamaterske diplome

Podeljene za dosežene uspehe na tekmovanjih ali določene dosežke

Izdaja jih IARU, nacionalne radioamaterske organizacije (pri nas ZRS), klubi, skupine radioamaterjev ali posamezniki, ...

Slovenski diplomi:

- Diploma Slovenija
- S5 UL Diploma



**DXCC** – DX Century Club Award (zveze z najmanj 100 državami po DXCC listi)

**WAZ** – Worked all zones (zveze s 40 conami po radioamaterski (CQ) razdelitvi sveta)

**WAC** – Worked All Continents (zveze z vsemi kontinenti)

**WAE** – Worked All Europe (zveze z vsemi evropskimi državami)

**IARU REGION 1 AWARD** – (zveze z radioamaterji, ki so člani prvega regiona IARU)

# Radioamaterska morala in kodeksi

Kako se obnašati na frekvencah?

**HAM spirit** – pravila (radioamaterski bonton) lepega vedenja radioamaterjev

Komuniciranje preko radijskih postaj ne glede na:

- Nacionalnost
- Socialni status
- Raso
- Poklic
- Vero
- Starost
- Politično pripadnost
- Spol

**Če kdo to krši, ga opozoriš.**

# Aktivnosti radioamaterjev ob nesrečah in nevarnostih

Signal za nevarnost:

- **SOS – telegrafija**
- **MAYDAY – telefonija**
- FFFFFF – telegrafija
- QRRR – telegrafija
- PAN PAN (večja nujnost) – telefonija
- BREAK (Vključil bi se v zvezo) – telefonija
- BREAK BREAK (nujno obvestilo) – telefonija
- BREAK BREAK BREAK (potrebujem pomoč) - telefonija

# ARON in kodeks ARON

**Kodeks ARON – kodeks aktivnosti radioamaterjev ob nesrečah in nevarnostih**

Sprejet leta 1992

Radioamaterji sodelujemo z:

- Ministrstvom za obrambo RS
- Upravo RS za zaščito in reševanje
- Civilno zaščito
- Center za obveščanje RS
- Regijskimi centri za obveščanje

**Kadar je v nevarnosti človeško življenje ali druga katastrofa, lahko prenašamo sporočilo tretje osebe po radijski zvezi**

# Kodeks ARON

1. ČLEN

S kodeksom ARON se določajo pravila **vedenja in delovanja radioamaterjev** - članov ZRS **ob nesrečah in nevarnostih**, kot so elementarne nesreče (poplave, požari, viharji, plazovi, potresi), večje ekološke nesreče ali nevarnosti (onesnaževanje ali ogrožanje okolja), prometne ali druge nesreče in nevarnosti večjih razsežnosti. Ta pravila veljajo smiselno tudi za sodelovanje z radioamaterji sosednjih in drugih držav v primerih nesreč in nevarnosti mednarodnih razsežnosti.

2. ČLEN

Namen in cilj delovanja radioamaterjev po tem kodeksu je **nudenje pomoči pri zaščiti in reševanju** človeških in materialnih dobrin. Delovanje radioamaterjev temelji na humanitarnih, patriotskih in prostovoljnih osnovah v skladu s statutom ZRS in normami in principi mednarodne radioamaterske organizacije – IARU

3. ČLEN

V primeru nevarnosti ali nesreče večjih razsežnosti se radioamaterji organizirajo **samoiniciativno ali** pa **na pobudo nosilcev zaščite in reševanja** (Civilna zaščita, gasilci, Rdeči križ in drugi).

# Kodeks ARON

4. ČLEN

Radioamater, ki opazi ali sprejme obvestilo o znamenjih, pojavih ali dogodkih, ki ogrožajo imetje, zdravja ali življenje ljudi, je dolžan na najhitrejši možni način o tem **obvestiti ustrezne pristojne službe** (Center za obveščanje telefon 112, policija telefon 113). Obvestilo mora imeti jedrnato vsebino:

- Kaj se dogaja oziroma kaj se je zgodilo
- Kje se dogaja
- Kdaj se je zgodilo
- Kdo obvešča.

Radioamater **samoiniciativno sproži delovanje po ARON-u, če oceni, da je nesreča ali nevarnost takšnega obsega, da zahteva takojšnje aktiviranje amaterskega radijskega omrežja**. V primeru, da je nadaljnje delovanje in pomoč radioamaterja ali več radioamaterjev še potrebno, se ukrepa po navodilu ustreznih služb.

# Kodeks ARON

5. ČLEN

Radioamaterji – člani ZRS, ki sodelujejo v aktivnostih, katere obravnava kodeks ARON, se lahko organizirajo v ustrezna radioamaterska omrežja. **Radijski promet** v akcijah ARON **poteka po ustaljenem načinu** v skladu z normativi, ki urejajo delo amaterskih radijskih postaj.

6. ČLEN

Za aktiviranje in delovanje po ARON-u se **lahko uporabljajo vsa frekvenčna področja**, ki so dovoljena **za radioamatersko delo**. Radioamater uporabi frekvenco, odvisno od aparature, s katero razpolaga oziroma ocene, kako bo najhitreje prenesel obvestilo.

V primeru nesreč in nevarnosti večjih razsežnosti so priporočene frekvence: FM simpleksni kanal V40 **145.500 MHz**, FM simpleksni kanal U280 **433.500 MHz**, **repetitorji ZRS** in **3700 kHz**.

V nesrečah ali nevarnostih **največjih razsežnosti** se lahko uporabijo tudi **druga frekvenčna področja**. Ustrezna navodila v zvezi s tem izda Zveza radioamaterjev Slovenije na osnovi predhodnega dogovora s pristojnimi državnimi organi.

# Kodeks ARON

7. ČLEN

**Na frekvencah, kjer je sprožena ali deluje reševalna akcija, morajo vsi radioamaterji takoj prekiniti z vzpostavljanjem drugih radioamaterskih zvez**. Dolžnost vsakega radioamaterja, ki sliši klic za nesrečo in nevarnost, je, da se takoj javi in se ravna po navodilih postaje, ki vodi reševalno akcijo.

8. ČLEN

**Akcijo** praviloma **vodi** upravna **postaja, ki je najbližja dogodkom** na ogroženem mestu. Za koordinacijo lahko deluje več upravnih postaj, če to narekujejo velikost in obseg ogroženosti ali drugi tehnični razlogi. V času trajanja akcije poteka usmerjanje in koordiniranje dela vseh sodelujočih postaj preko upravne postaje (ali več postaj).

# Kodeks ARON

9. ČLEN

Obseg in intenzivnost delovanja sta odvisna od potreb na ogroženem območju. Akcija traja od prijave nesreče ali nevarnosti do sanacije razmer oziroma dokler pristojni dejavniki ne ocenijo, da aktivnost radioamaterjev ni več potrebna. Akcija preneha takoj, ali postopoma, glede na razvoj dogodkov, zaradi katerih je bila sprožena.

10. ČLEN

Sodelovanje v reševalnih akcijah in spoštovanje kodeksa ARON je dolžnost vsakega člana ZRS.

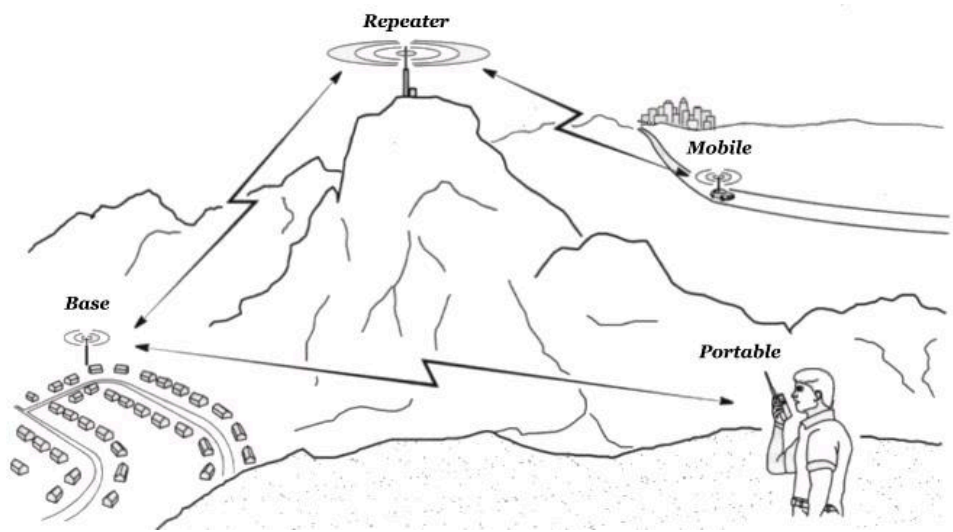
**Oddaja se lahko izven radioamaterskih frekvenčnih pasov, če se odzivamo klicu v sili**.

# Repetitorske komunikacije

Repetitor (repeater) je simpleksna ali dupleksna radijska postaja.

"Vse kar sliši, ponovi"

**Uporabljamo jih, da povečamo domet mobilnih in prenosnih radijskih postaj.**



# Simpleks repetitor

Uporablja samo eno frekvenco.

Sporočilo snema, ko uporabnik konča z oddajo pa ga ponovno predvaja.

Prednosti:

- stroškovno cenejši
- bolj enostaven

Slabost:

- Časovni zamik

# Dupleks repetitor

Uporablja 2 frekvenci, z določenimi zamiki

Kar sprejme na sprejemni frekvenci, odda na oddajni frekvenci.

Sprejemnik in oddajnik morata biti dobro filtrirana.

Repetitorski krmilnik krmili oddajnik glede na sprejemnik.

Oddajnik mora biti dobro hlajen, ker veliko časa oddaja.

# Digitalni repetitorji

- DMR (Digital Mobile Radio)
- D-STAR
- Yaesu system Fusion
- BrandMeister (v SLO)

# Satelitske komunikacije

**1961 prvi satelit OSCAR**
(Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio)

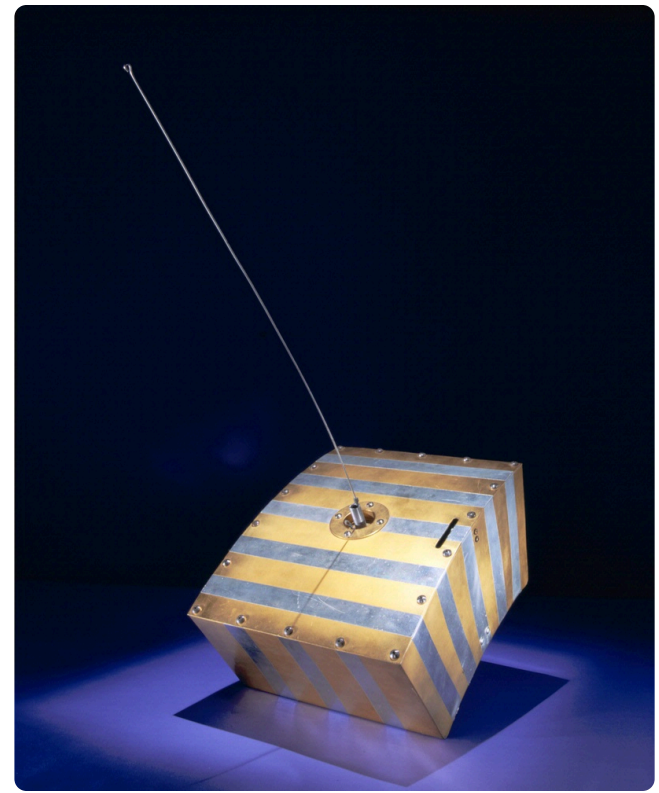
OSCAR III prvi telekomunikacijski

Danes je nekaj 100 HAM satelitov

Zveze so kratke

Frekvenca se spreminja (Dopplerjev pojav)

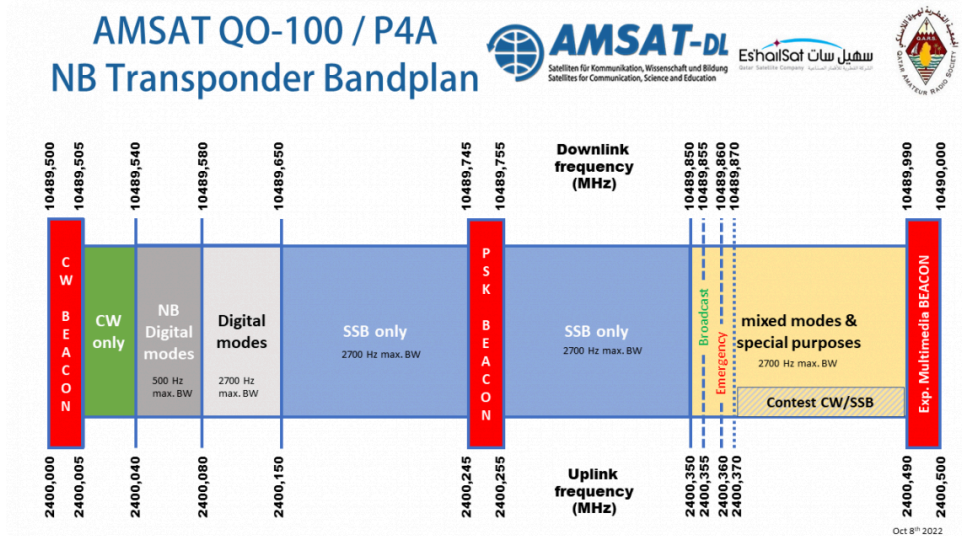
Sledenje satelitom - N2YO

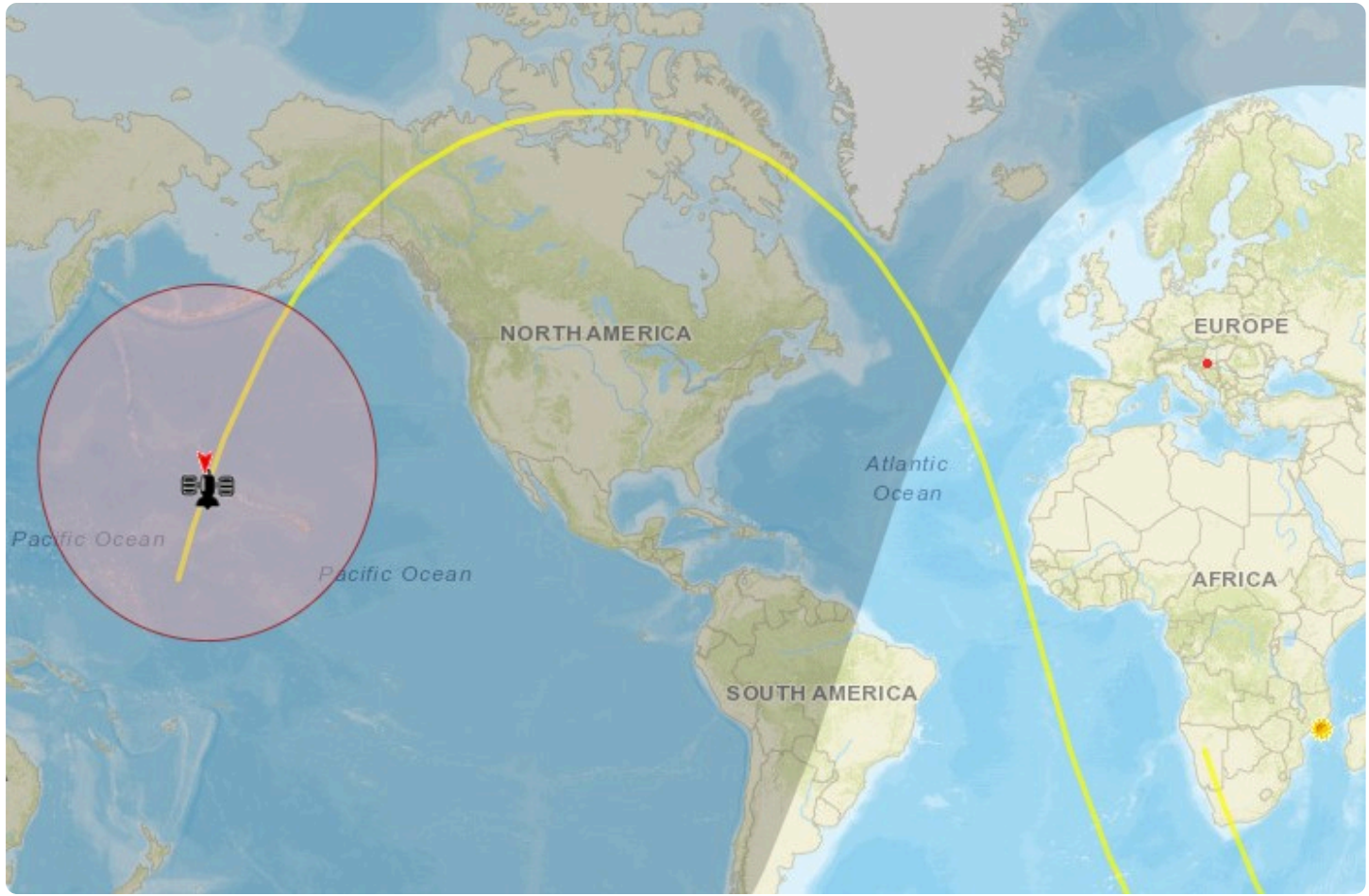


Vsak satelit vsebuje svetilnik (CW beacon)

Uplink: Frekvenca na kateri satelit posluša
Downlink: Frekvenca na kateri oddaja

| Mod | Uplink | Downlink |
|---|---|---|
| A | 2 m | 10 m |
| B | 70 cm | 2m |
| J | 2 m | 70 cm |




NORTH AMERICA
EUROPE
Atlantic
Ocean
Pacific Ocean
Pacific Ocean
AFRICA
SOUTH AMERICA

# Odboj od meteorskih sledi (MS)

**Meteor-scatter**

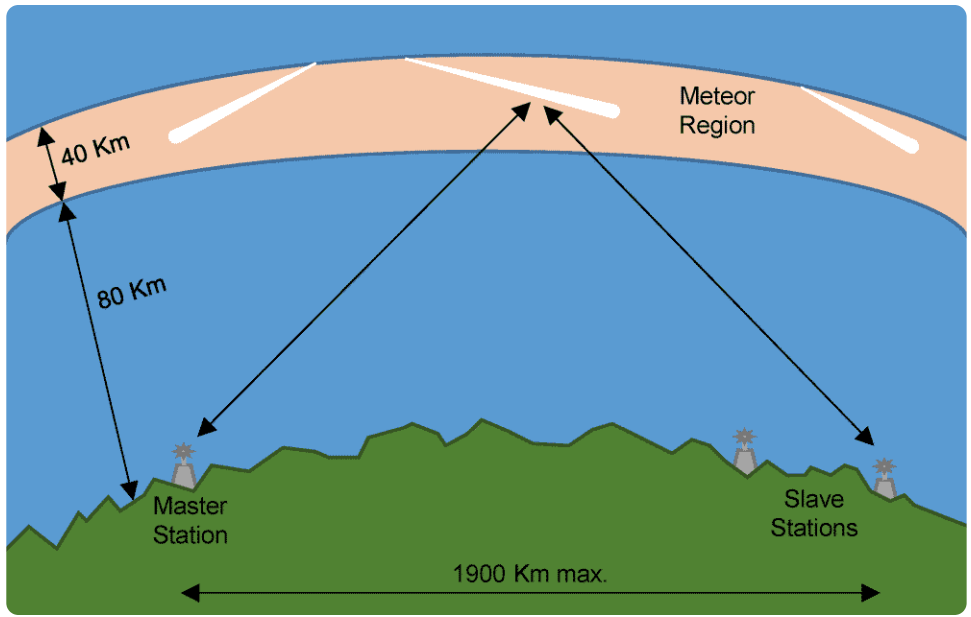
ZELO hitre zveze v telegrafiji (par milisekund, posnamemo in predvajamo počasneje)

- High Speed CW

V primeru boljših in daljših (par sekund) sledi, lahko tudi v foniji

Danes večinoma samo digitalno

- MSK144 in FSK441

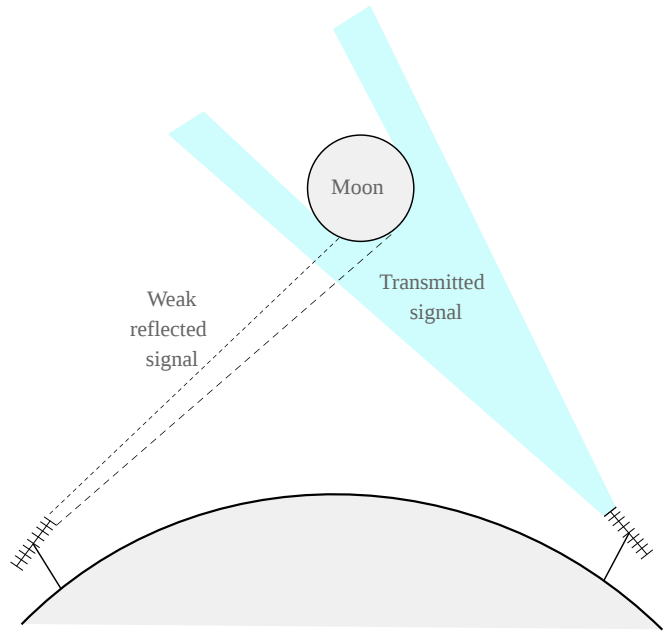


# Odboj od Lune (EME)

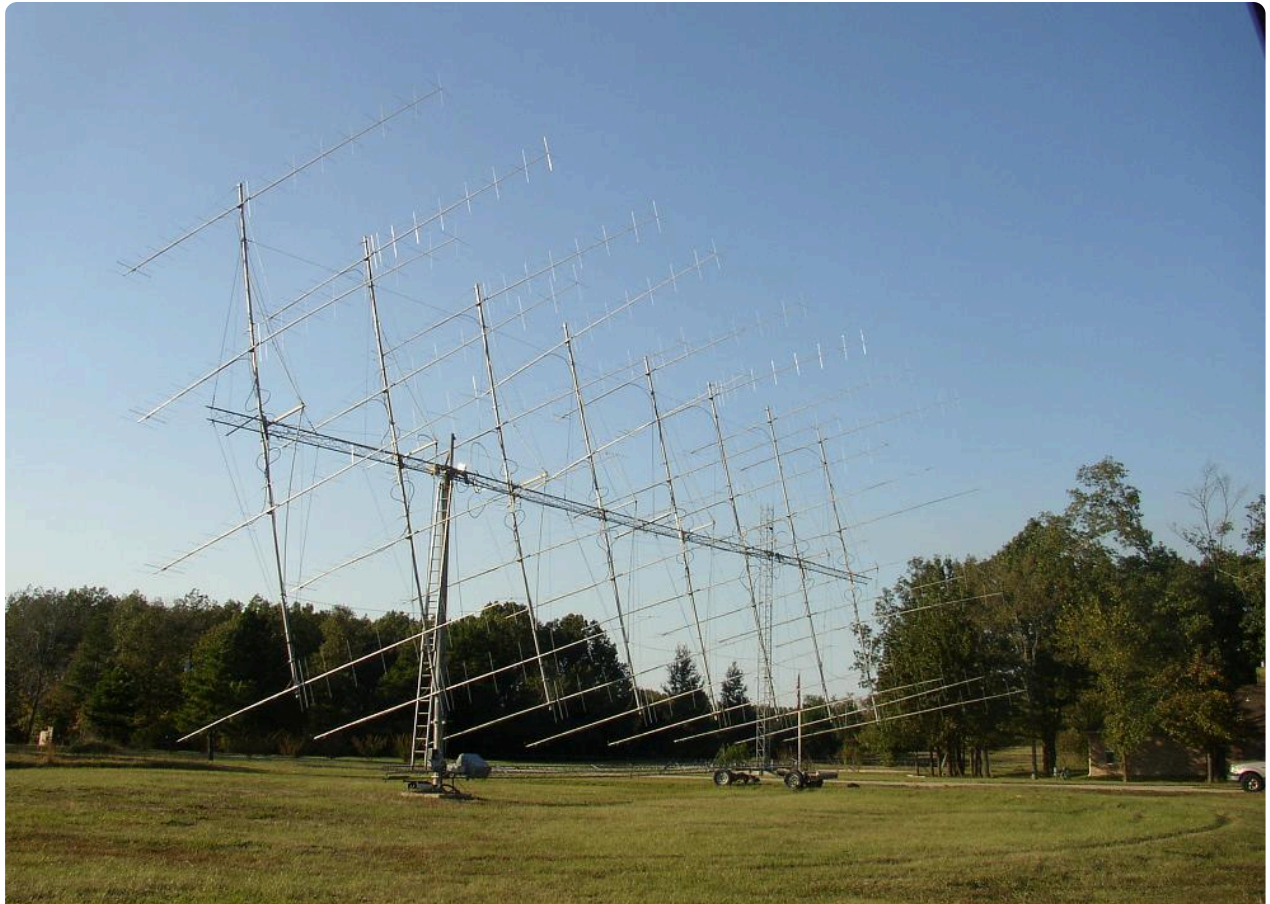
**Earth-Moon-Earth**

- Zelo velike moči (500–1500W)
- Usmerjene antene
- Občutljiv sprejemnik

Čas do Lune in nazaj: 2,5 s
Lahko slišimo svojo oddajo

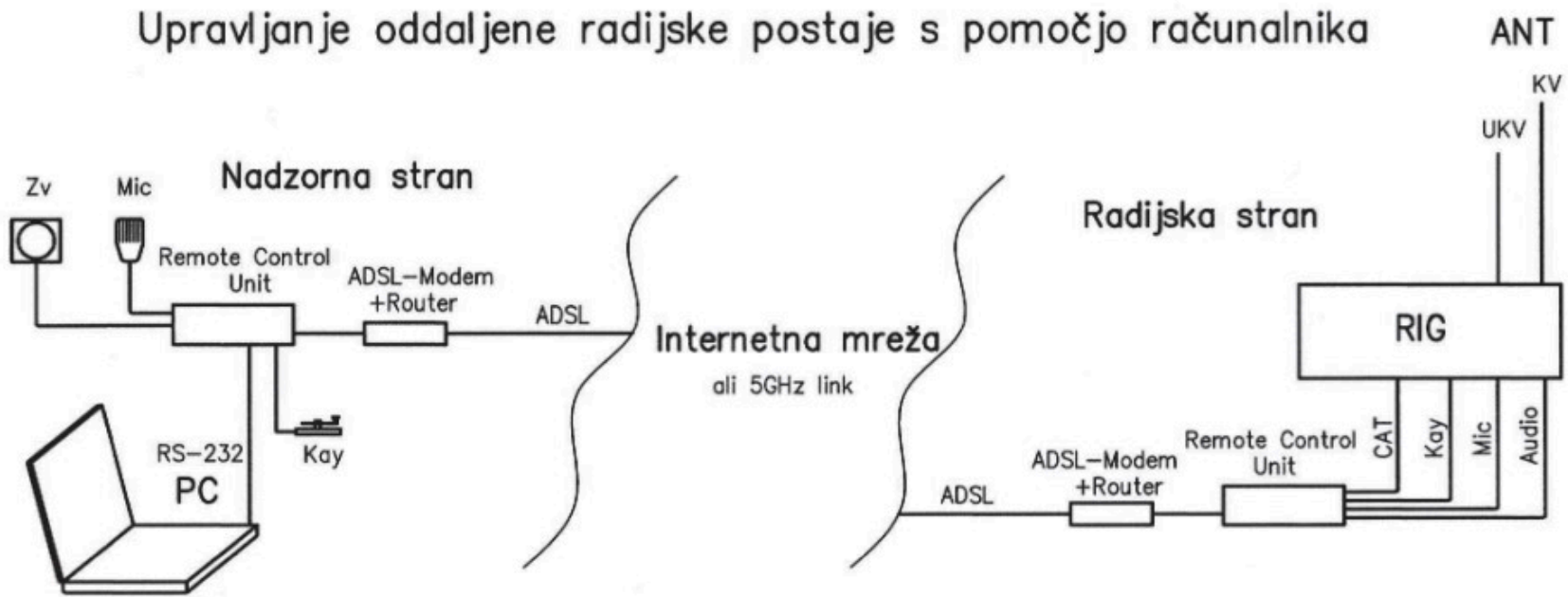


# S57Q, 2m & 70cm EME antene



**W5UN EME Array with 32 2M5WL horizontal antennas, and 32 front mounted ten element vertical antennas**

# Zveze s pomočjo računalnika



# Posebne aktivnosti (aktivacije)

- Summits on the air (SOTA)
- Parks on the air (POTA) – primer
- Islands on the air (IOTA)
- World Wide Flora & Fauna (WWFF)

# Radijski svetilniki

Propagation beacon

Naprava, ki na znani lokaciji oddaja karakteristične signale.

Oddajajo 24 ur na dan.

Namenjeni so za preverjanje delovanja opreme in preverjanje propagacije.

Oddajajo tudi lokator, nadmorsko višino, moč in vrsto antene.

Načini: CW, FSK, RTTY in PSK

# SWL

Sprejemna radijska postaja

**Short Wave Listener** – radioamater, ki **samo sprejema** oziroma posluša.

Ne potrebuješ izpita lahko pa zaprosiš za svoj klicni znak.

```
S5-RS-xxx
```

x je celo število od 0 do 9.

# DX postaje

Oddaljene postaje

- KV - vse izven EU
- VHF - več kot 400 km

DX postaje najpogosteje uporabljajo **SPLIT** način dela.

Poslušajo nad (UP) ali pod (DOWN) svojo oddajno frekvenco.

**DX okno** - Pas frekvenc, namenjen delu z DX postajami.

# DXpedicije

DX ekspedicija

Potovanje radioamaterjev na **oddaljene lokacije** z namenom **aktiviranja** redkih držav.

Split - oddajajo na eni frekvenci, poslušajo na drugi

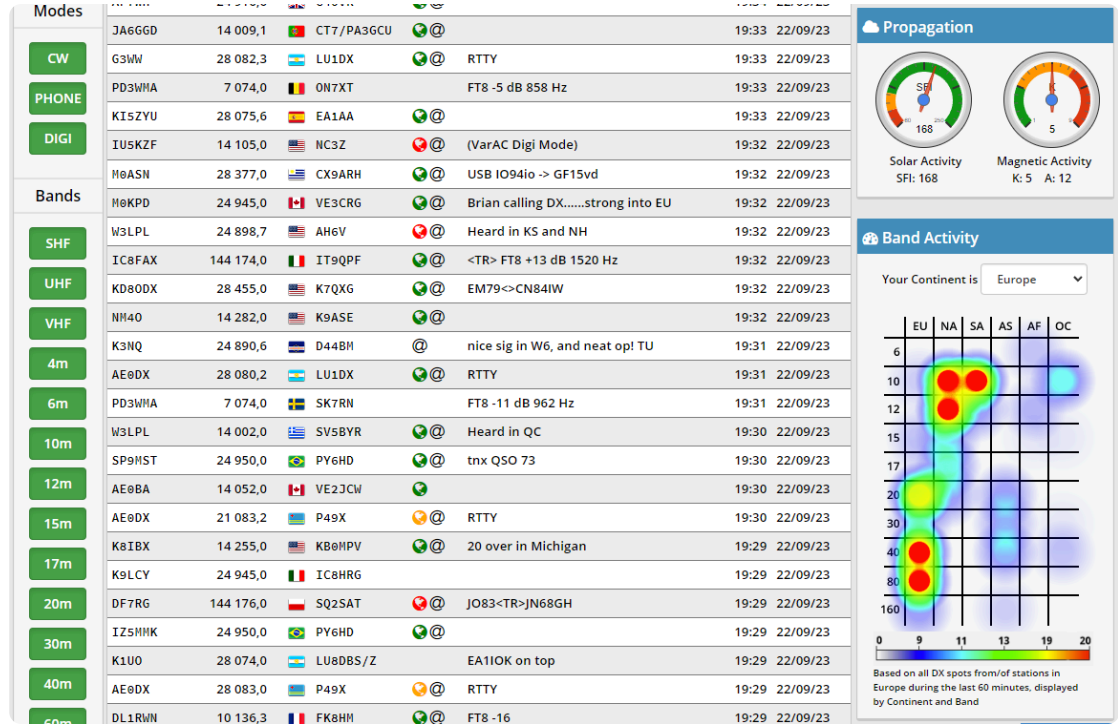
DQRM - namerno motenje zvez

# DX cluster

**Je orodje za objavo podatkov o zvezah z DX postajami**

**Self spotting** – objavljanje podatkov o frekvenci na kateri kličeš, kar ni v skladu s pravili uporabe DX clustra.
Izjeme: SOTA, POTA, WWFF, ...

- DX Summit
- DXHeat



# Pileup

**Množica radioamaterjev na frekvenci** redke **postaje**, ki bi radi hkrati naredili zvezo z njo in **kličejo eden čez drugega**.

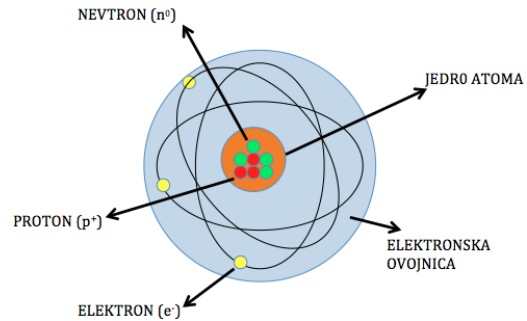
- Pileup avstralske postaje
- Pileup redke postaje 4U1ITU

**Simplex pileup** - množica postaj, ki hkrati kličejo DX postajo na frekvenci, kjer DX postaja hkrati posluša in oddaja.

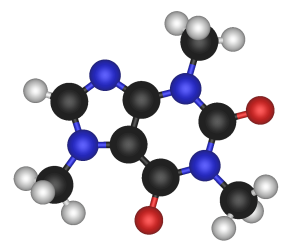
# Elektrotehnika

# Osnovna teorija atomov

- Najmanjši delec snovi je **atom**
  - Atom sestavljajo: **elektroni, nevtroni in protoni**
  - Atomsko **jedro** je sestavljeno iz: **protonov in nevtronov**
- Atomi se med seboj povezujejo v **molekule**

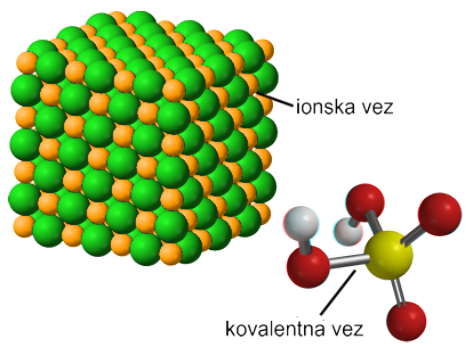


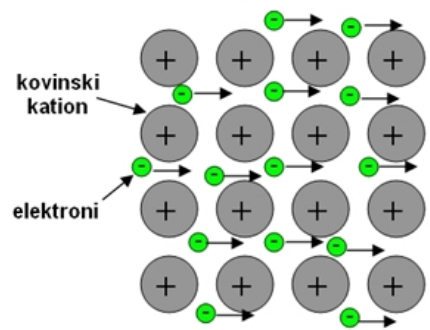

- **Element**: snov, ki jo z kemijskimi reakcijami ne moremo razstaviti na enostavnejše sestavine
- **Spojina**: snov sestavljena iz dveh ali več elementov
  - Najmanjši gradnik spojin je molekula



# Kemijske vezi

- **Ionska ali elektronska vez**: elektropozitiven atom odstopi elektron elektronegativnemu atomu v bližini.
  - Primer: NaCl
- **Kovalentna vez**: dva nevtralna atoma si delita enega ali več elektronov.
  - Primer: polprevodniki, vezava vodika in kisika ->voda
- **Kovinska vez**: med atomi plava oblak prostih elektronov.
  - Primer: s to vezjo so povezani atomi v kovinah.

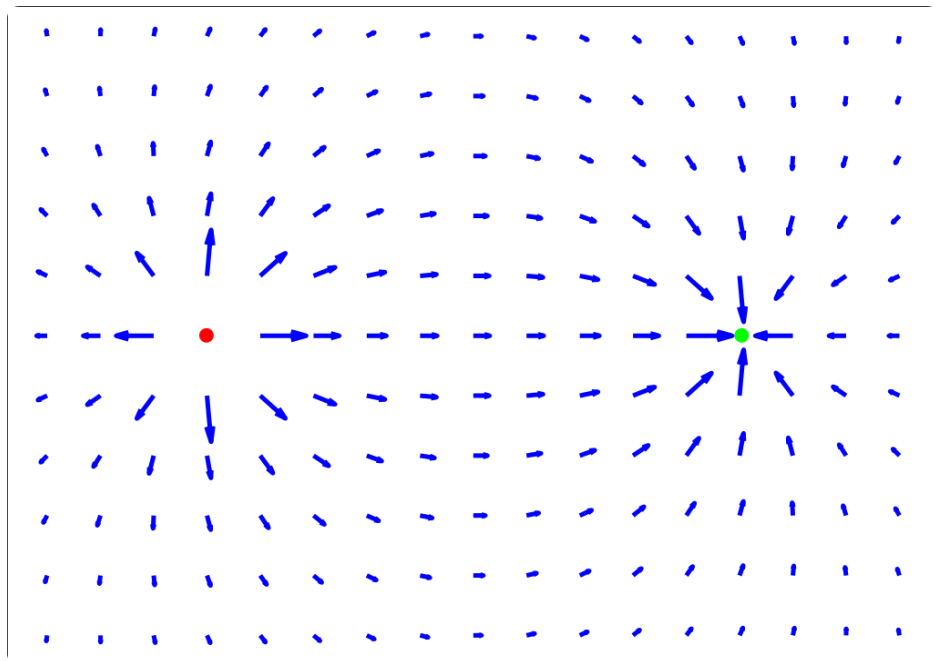


# Električno polje in potencial

Električno polje je prostor, v katerem deluje električna sila na električni naboj

**Jakost električnega polja**: $E\ \left[\frac{V}{m}\right]$



**Količina naboja**: $Q\ [C = As]$ *Coulomb*

- En coulomb je definiran kot količina električnega naboja, ki preteče skozi prečni prerez vodnika v času ene 1s pri toku 1A.

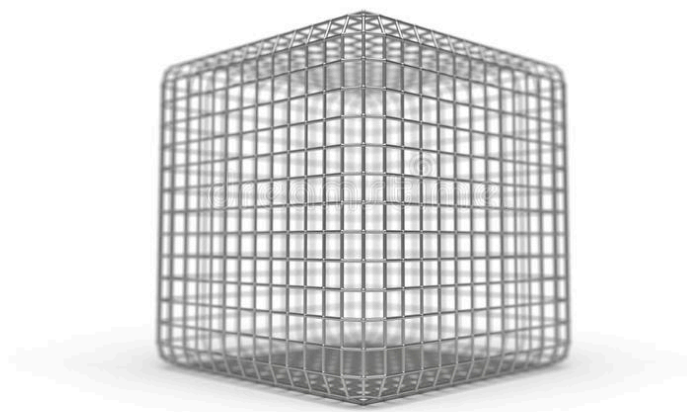
**Električni potencial**: $V_p\ [V]$ *Volt*

- Električni potencial v neki točki električnega polja znaša 1V, če se iz prostora izven polja prenese v dano točko pozitiven naboj 1C in se ob tem opravi delo 1J.

**Coulombov zakon**: $F = k_0 \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$

- kako sila med dvema točkastima električnima nabojema pojema z razdaljo

**Pred električnim poljem se zaščitimo z oklapljanjem s kovinskimi materiali** (Faradayeva kletka).



# Električni tok in napetost

**Električni tok** je **usmerjeno gibanje nosilcev električnega naboja**. Nastane pod vplivom razlike električnih potencialov, ki jim pravimo tudi električna napetost.

Oznaka in enota: $I[A]$ *Amper*

Inštrument za merjenje toka je **ampermeter**

**Električna napetost** je definirana kot **razlika električnih potencialov**.

Oznaka in enota: $U[V]$ *Volt*

Inštrument za merjenje napetosti je **voltmeter**

# Električna moč in delo

**Električna moč**: intenzivnost opravljanja dela električne sile

$P = U \cdot I \, [VA = W]$ *Vat*

**Električno delo**: Delo, ki ga opravi električni naboj

$A = P \cdot t \, [J = Ws]$ *Joul / Vatsekunda*

# Predpone SI

| Okrajšava | Ime | Vrednost | | |
|---|---|---|---|---|
| … | | | | |
| P | peta | $10^{15}$ | 1.000.000.000.000.000 | bilijarda |
| T | tera | $10^{12}$ | 1.000.000.000.000 | bilijon |
| G | giga | $10^{9}$ | 1.000.000.000 | milijarda |
| M | mega | $10^{6}$ | 1.000.000 | milijon |
| k | kilo | $10^{3}$ | 1.000 | tisoč |
| h | hekto | $10^{2}$ | 100 | sto |
| da | deka | $10^{1}$ | 10 | deset |
| d | deci | $10^{-1}$ | 0,1 | desetina |
| c | centi | $10^{-2}$ | 0,01 | stotina |
| m | mili | $10^{-3}$ | 0,001 | tisočina |
| µ | mikro | $10^{-6}$ | 0,000.001 | milijonina |
| n | nano | $10^{-9}$ | 0,000.000.001 | milijardina |
| p | piko | $10^{-12}$ | 0,000.000.000.001 | bilijonina |
| … | | | | |

Primeri:

$$1\ \mathrm{A} = 1000\ \mathrm{mA} = 0,001\ \mathrm{kA}$$

$$1\ \mathrm{V} = 1000\ \mathrm{mV} = 0,001\ \mathrm{kV}$$

$$1\ \Omega = 1000\ \mathrm{m}\Omega = 0,001\ \mathrm{k}\Omega$$

# Prevodniki, neprevodniki in polprevodniki

**Prevodniki**: imajo dosti prostih nosilcev naboja, zato prevajajo električni tok.

- Zlato, srebro, baker, aluminij, ...

**Neprevodniki** (izolatorji): nimajo prostih nosilcev naboja, zato ne prevajajo električnega toka.

- Razne gume, keramika, steklo, les, nekatere plastične mase, razne barve in laki, teflon, bakelit, destilirana voda, polivinil, ...

**Polprevodniki**: silicij in germanij imata po 4 elektrone na zunanji obli atomov.

- Silicij, Germanij, ...

# Električna upornost

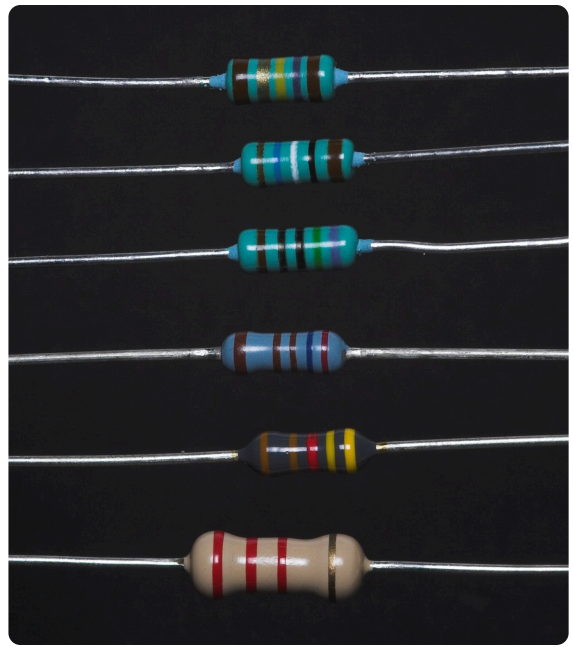
Lastnosti snovi, da se **upira prevajanju električnega toka** imenujemo električna upornost.

Oznaka in enota: $R\ [\Omega]$ *Ohm*

Inštrument za merjenje upornosti je **ohmmeter**

Upor je najbolj osnoven primer porabnika
(električna energija → toplota)

Glede na izvedbo ločimo: žični, slojni, polni ali masni upor

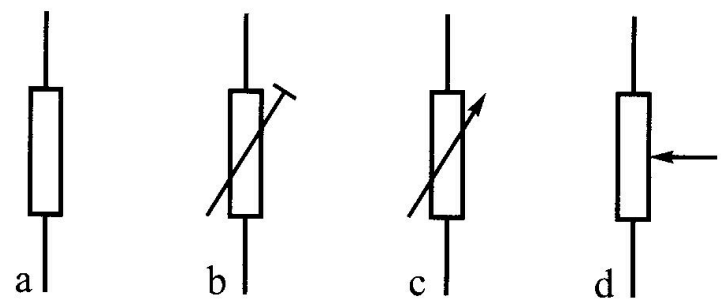


# Vrste uporov

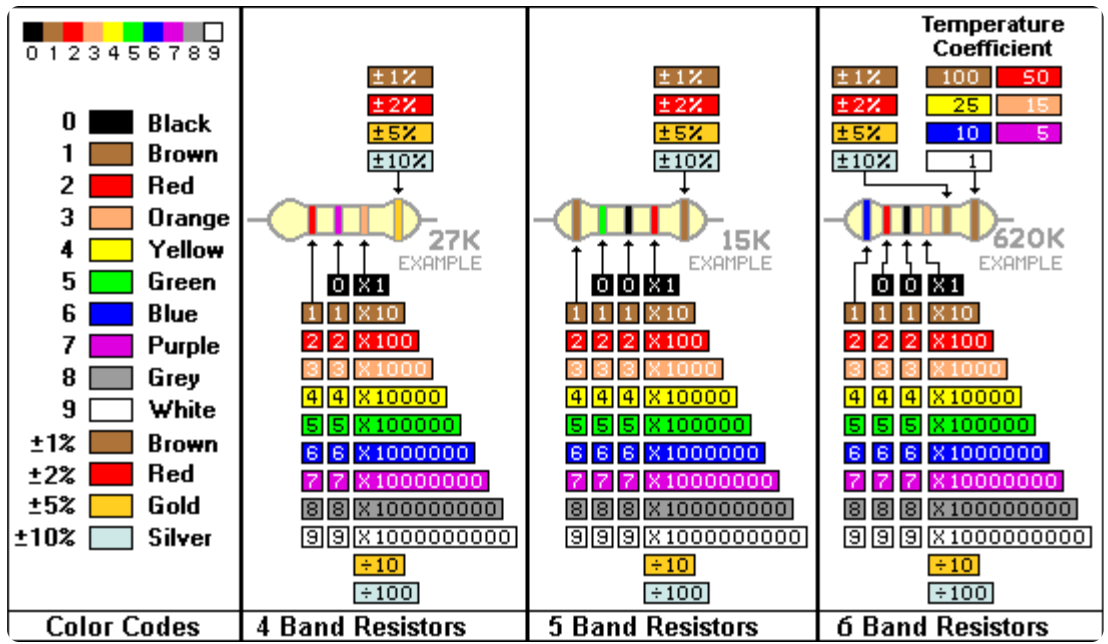
Temperaturno odvisni upori:

- **PTK** (Pozitivni temperaturni koeficient): S **segrevanjem** se **upornost povečuje**
- **NTK** (Negativni temperaturni koeficient): S **segrevanjem** se **upornost zmanjšuje**

Delimo:
a - stalni upor
b - nastavljivi upor
c - spremenljivi upor
d - potenciometer



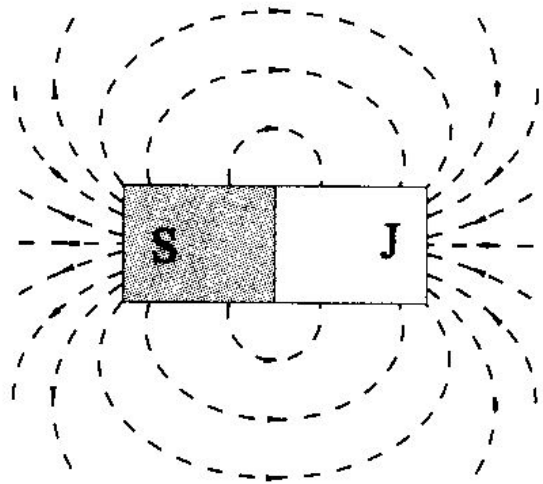
# Označevanje vrednosti uporov



# Magnetno polje trajnega magneta

Potek magnetnega polja okoli magneta **ponazorimo s silnicami**. To so črte, ki kažejo smer polja in potekajo od severnega proti južnemu polu magneta.

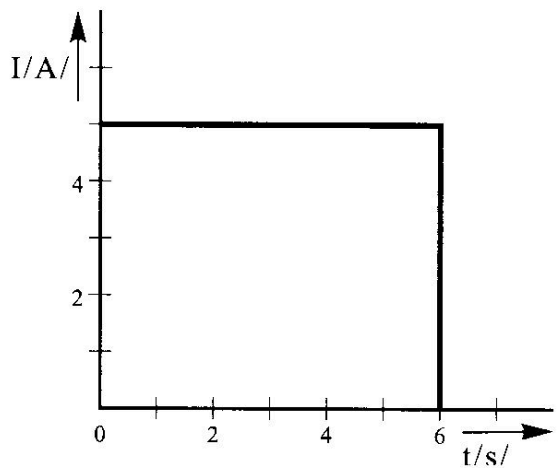
Če magnet prelomimo, dobimo 2 magneta, ki imata vsak svoj severni in južni pol.

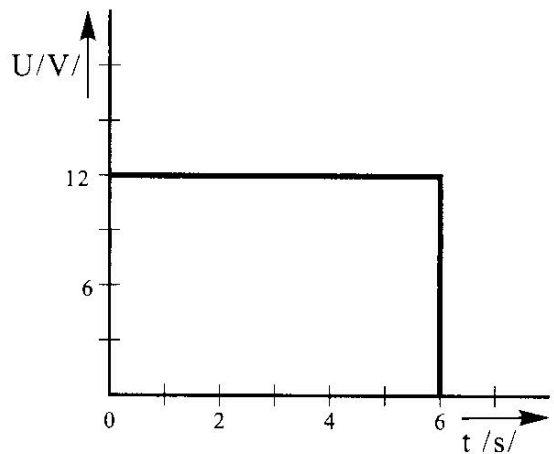


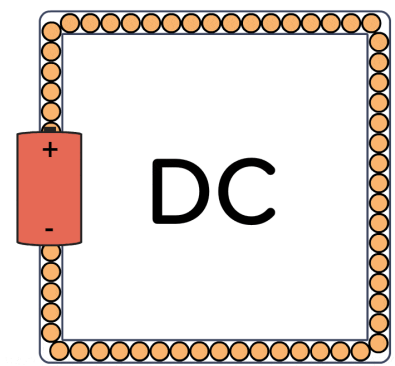
# Enosmerni tok in napetost

Enosmerni tok: nosilci naboja tečejo le v eno smer. **Smer gibanja nosilcev naboja se s časom ne spreminja**

Enosmerna napetost: tista napetost, ki **generira enosmerni tok in se ji s časom predznak ne spreminja**



# Celice in baterije

Najbolj osnoven izvor enosmerne napetosti

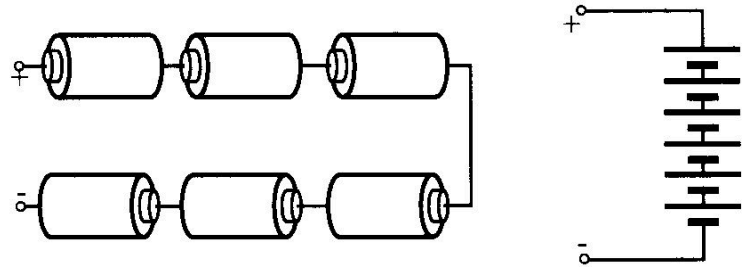
# Vrste baterij

| | **Svinčene celice** | **Ni-Cd** | **Ni-Mh** | **Li-ion** | **Li-ion polimer** | **Polnilne alkalne** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nominalna napetost celice | 2v | 1,2v | 1,2V | 3,6V | 3,6V | 1,5V |
| Število ciklov polnjenja | 500-800 | 1500 | 500-1000 | 1200 | >1000 | 50 |
| Lastno praznjenje (%/mesec) | 3-20 | 10 | 30 | 5-10 | 5 | zelo nizka |
| Temp. področje uporabe | -20 do 60 | -40 do 60 | -20 do 60 | -20 do 60 | 0 do 60 | 0 do 65 |
| Energija/teža (Wh/kg) | 30-50 | 45-80 | 60-120 | 110-160 | 100-200 | 80 |
| Obremenitev: max/priporočena | 5C/0,2C | 20C/1C | 5C/0,5C | >2C/>1C | >2C/>1C | 0,5C/<0,2 |

# Zaporedna vezava celic

**Skupna napetost enaka vsoti napetosti posameznih baterijskih celic.**

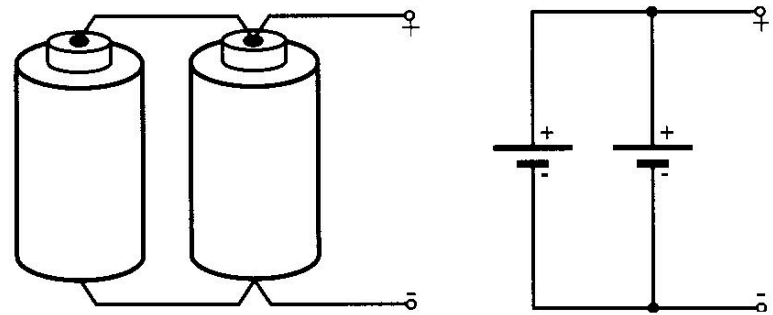
Dopustni tok enak dopustnemu toku ene celice.



# Vzporedna vezava celic

Skupna napetost enaka napetosti ene celice

**Dopustni tok enak vsoti dopustnih tokov posameznih celic.**



- **Kapaciteta**: koliko časa je celica sposobna dajati določen tok:

$$Q = I \cdot t \, [Ah]$$

Primer: Akumulator imam kapaciteto 10 Ah. Koliko časa ga bomo lahko uporabljali, če porabnik troši 500 mA?
$t = \frac{Q}{I} = \frac{10Ah}{0.5A} = 20h$

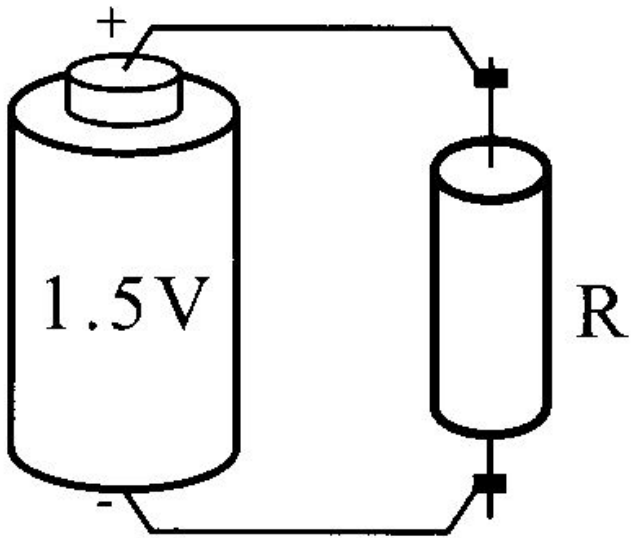
- **Notranja upornost** ($R_g$)

- **Kratkostični tok** ($I_k$): **tok, ki steče če pola celice kratko spojimo z vodnikom.**

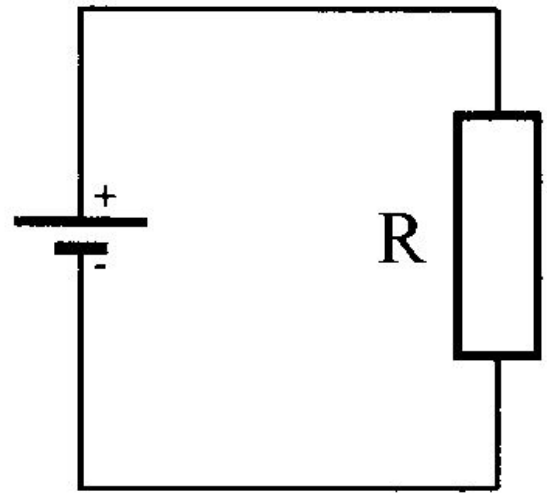
$$I_k = \frac{U_c}{R_g}$$

- **Nazivni tok** ($I_n$): "priporočen" / normalni tok uporabe

# Električne sheme




Električni krog (baterija in upor)




Shema električnega kroga leve slike

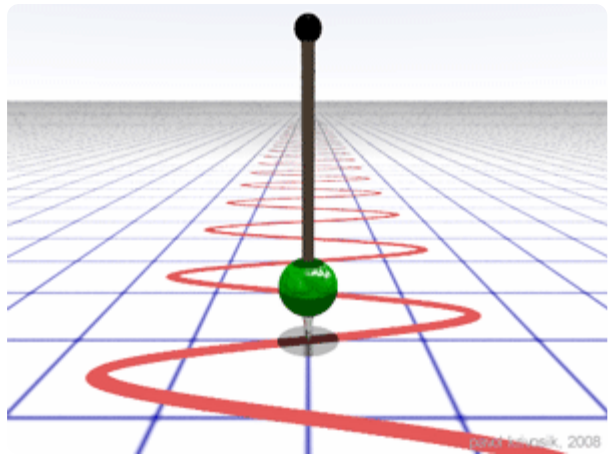
# Frekvenca

Število ponavljajočih se dogodkov v časovni enoti

**Frekvenca**: $f$ $[\mathrm{Hz}]$ *Hertz*

$$f = \frac{1}{T} = \frac{N}{t}$$

$f$ – frekvenca (Hz)
$T$ – perioda (s)
$t$ – čas opazovanja (s)
$N$ – število nihajev v času opazovanja



f = 0.5 Hz
T = 2.0 s

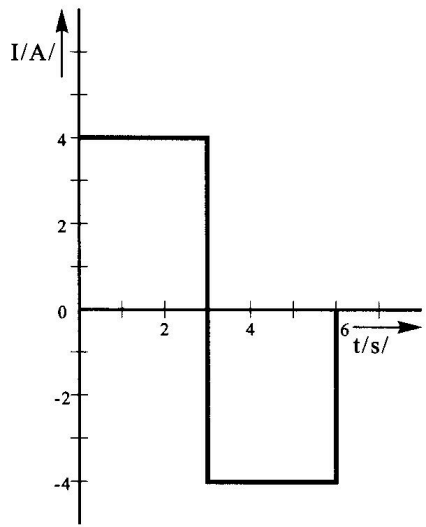
f = 1.0 Hz
T = 1.0 s

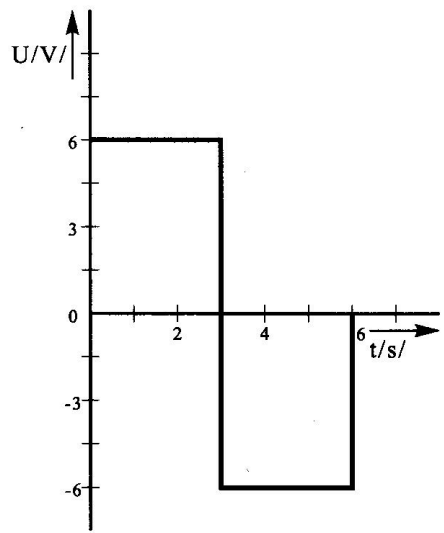
f = 2.0 Hz
T = 0.5 s

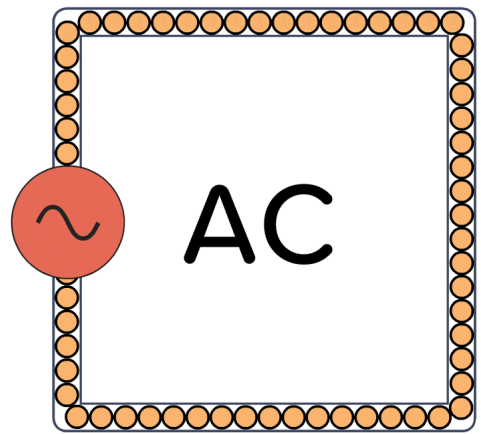
# Izmenični tok in napetost

Izmenični tok: **smer gibanja nosilcev naboja se s časom spreminja.**

Izmenična napetost: napetost, ki se s časom spreminja

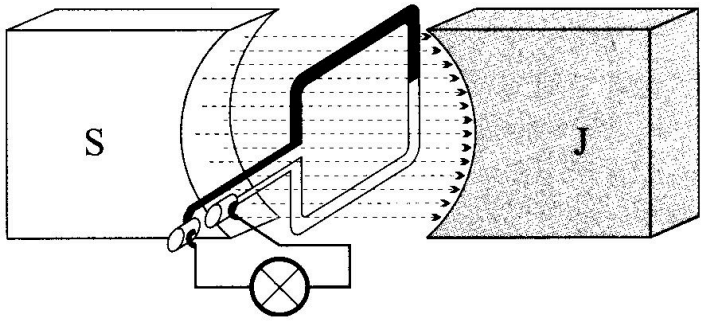


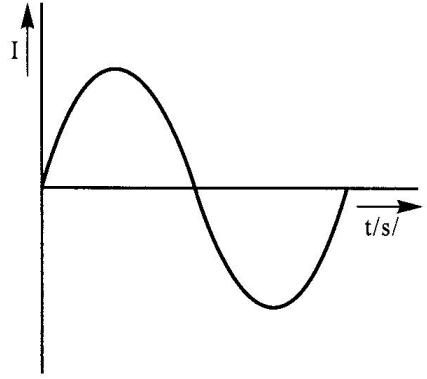



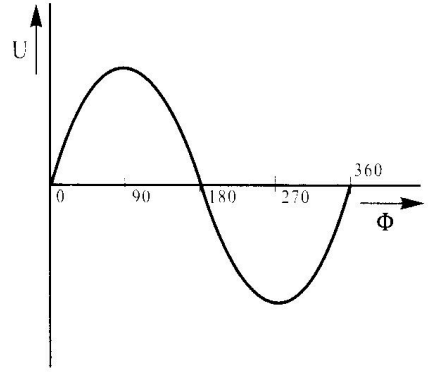



# Generator izmenične napetosti

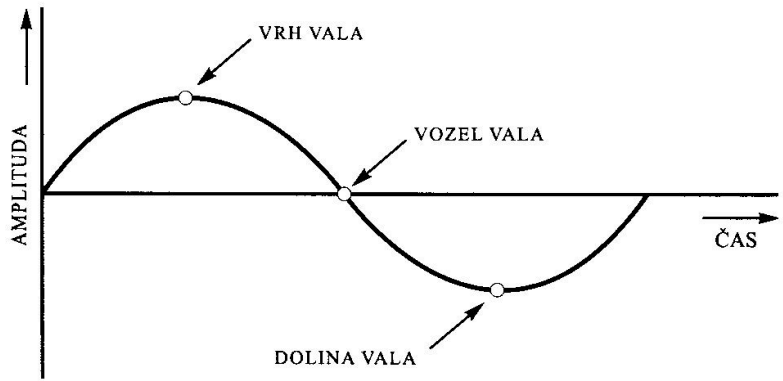
$$U = U_{max} \cdot \sin(\alpha)$$

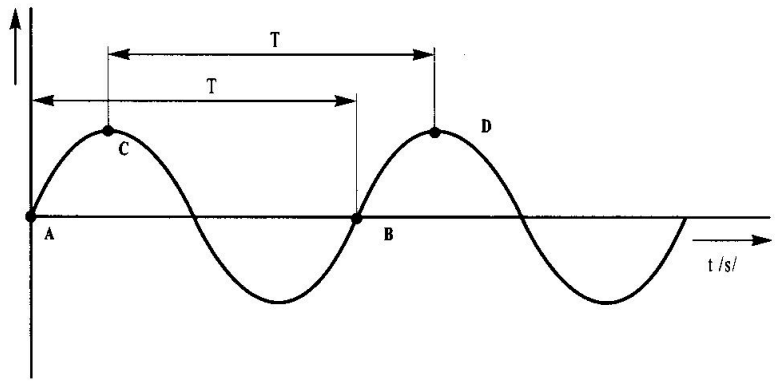


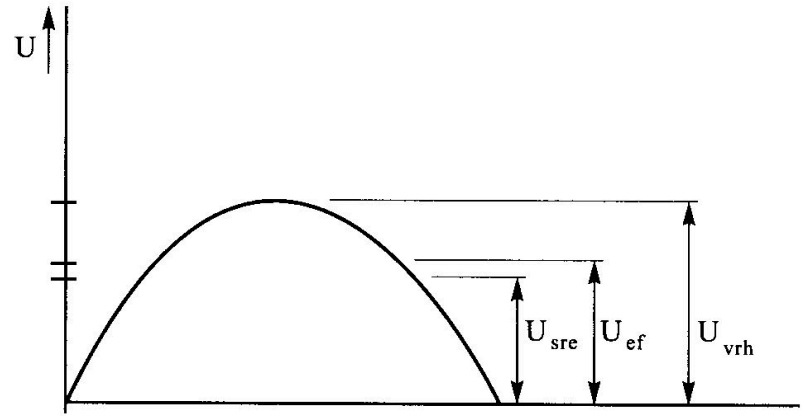
# Sinusna oblika signala



**Efektivna** vrednost **izmenične napetosti** ($U_{\mathrm{ef}}$) je enaka velikosti enosmerne napetosti, ki povzroči **enak učinek** (efekt) **kot enosmerna napetost** (svetlobni, toplotni, ...)

$U_{\mathrm{vrh}}$ – vrhnja (temenska) vrednost napetosti
$U_{\mathrm{ef}}$ – efektivna (RMS – Root Mean Square) napetost
$U_{\mathrm{sre}}$ – srednja vrednost napetosti




Za sinus velja:

$$U_{\mathrm{vrh}} = \sqrt{2} \cdot U_{\mathrm{ef}}$$

$$U_{\mathrm{sre}} = \frac{2}{\pi} \cdot U_{\mathrm{vrh}}$$

$$U_{\mathrm{vrh}} = 1.57 \cdot U_{\mathrm{sre}}$$

**Valovna dolžina** ($\lambda$ – lambda): razdalja, ki jo val prepotuje v času enega nihaja

**Hitrost** širjenja:

$v = f \cdot \lambda$

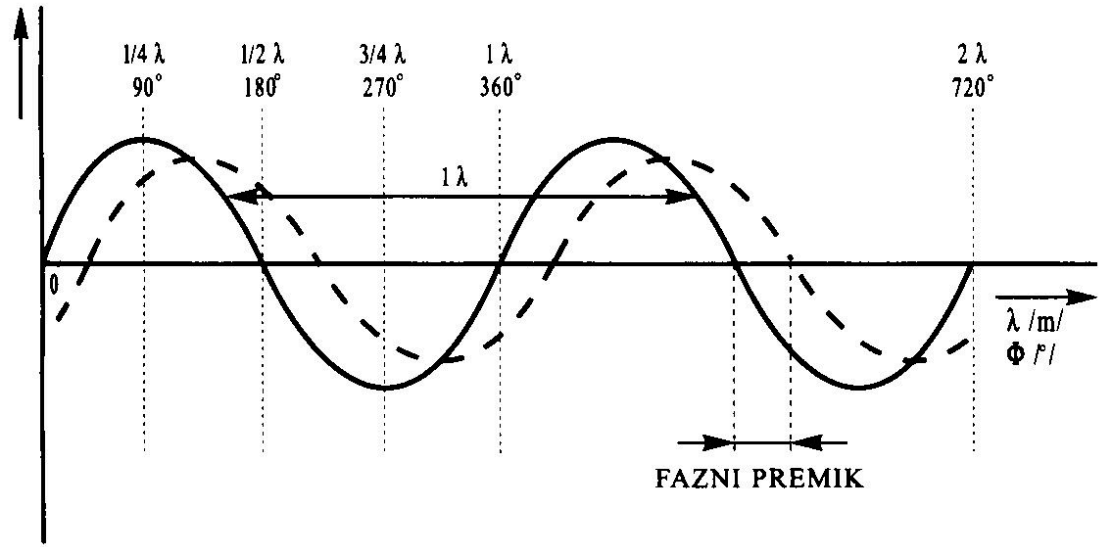
$v$ – hitrost $\left[\frac{m}{s}\right]$

$f$ – frekvenca $[\mathrm{Hz}]$

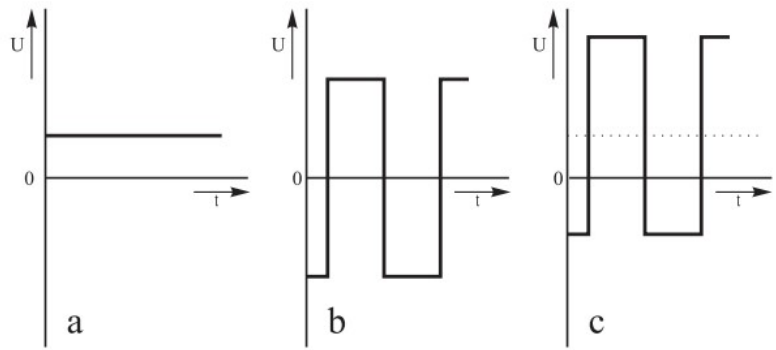
$\lambda$ – valovna dolžina $[m]$

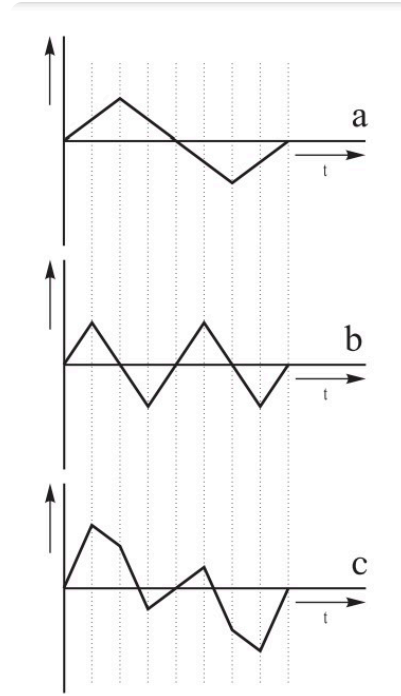
**Faza** valovanja:

merimo v stopinjah (°).



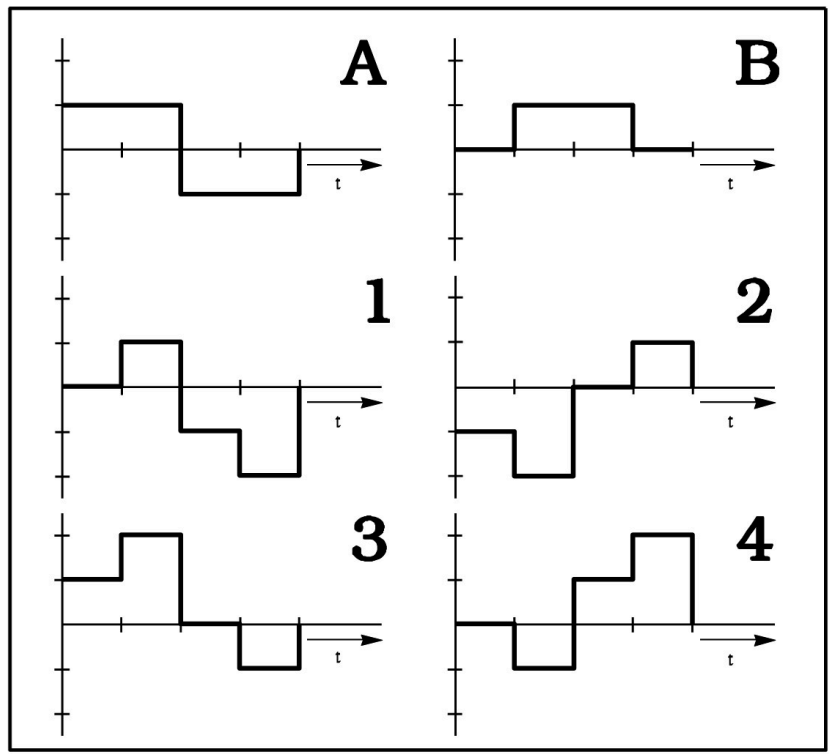
# Sestavljeni signali



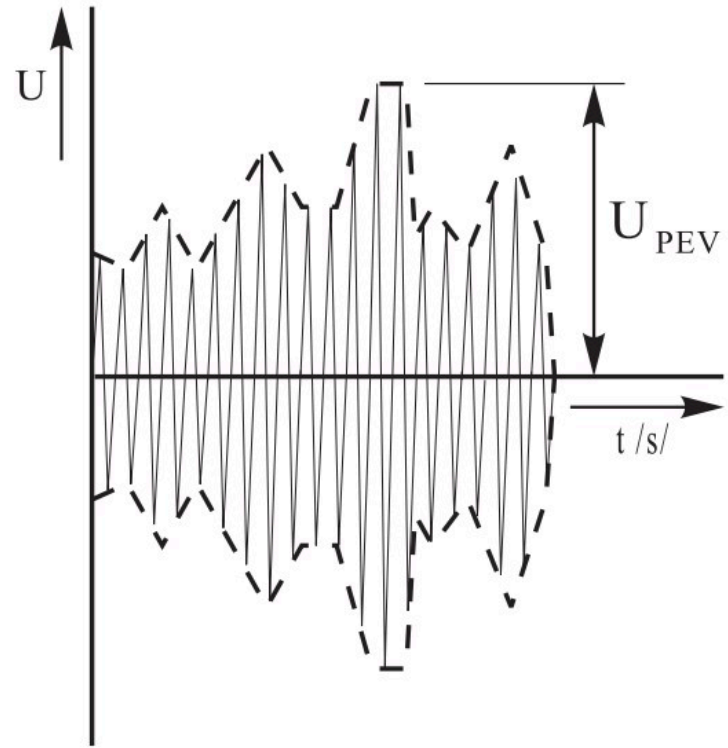



# Primer

Kateri od navedenih signalov je enak vsoti signala A in B?



**Peak envelope voltage** (PEV): vrhnja napetost ovojnice



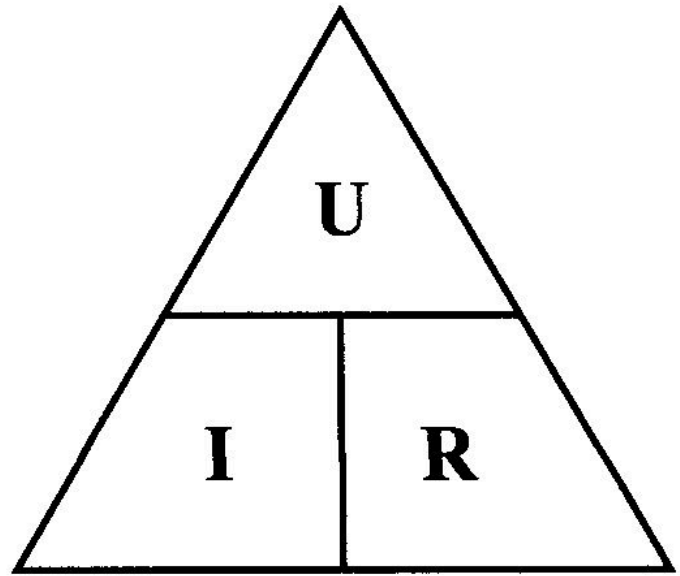
# Ohmov zakon

Nemški znanstvenik Georg Simon Ohm ugotovi, da je **napetost v vezju enaka produktu toka in upornosti**.

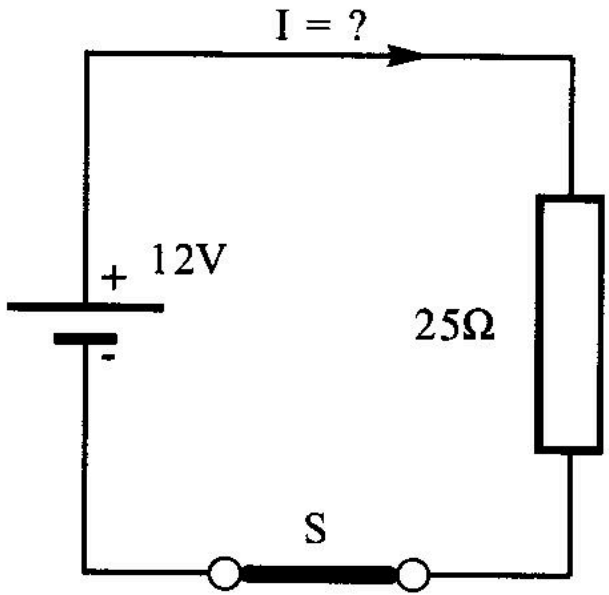
$$U = R \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \frac{U}{I}$$



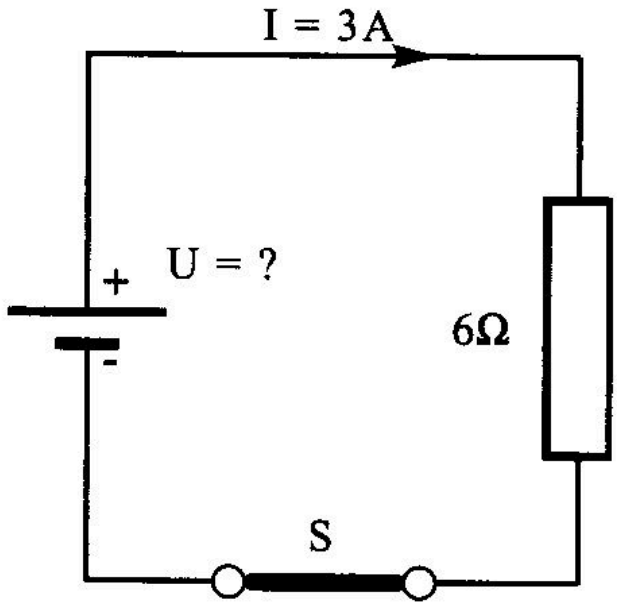
# Primer 1




$$U = R \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12\ V}{25\ \Omega} = 0.48\ A$$

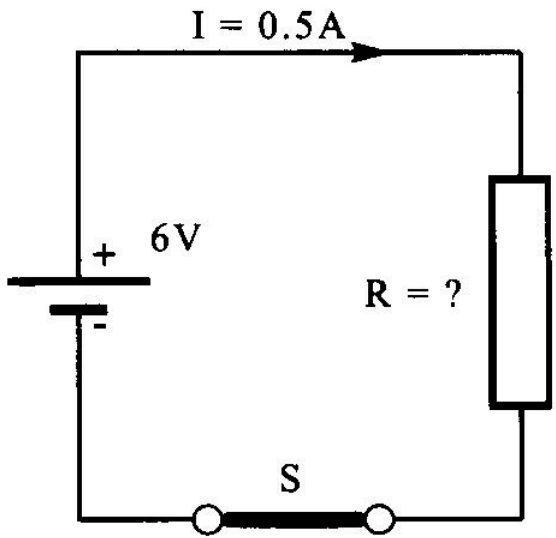
# Primer 2




$$U = R \cdot I$$

$$U = R \cdot I = 6\ \Omega \cdot 3\ A = 18\ V$$

# Primer 3




$$U = R \cdot I$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{6\ V}{0.5\ \Omega} = 12\ \Omega$$

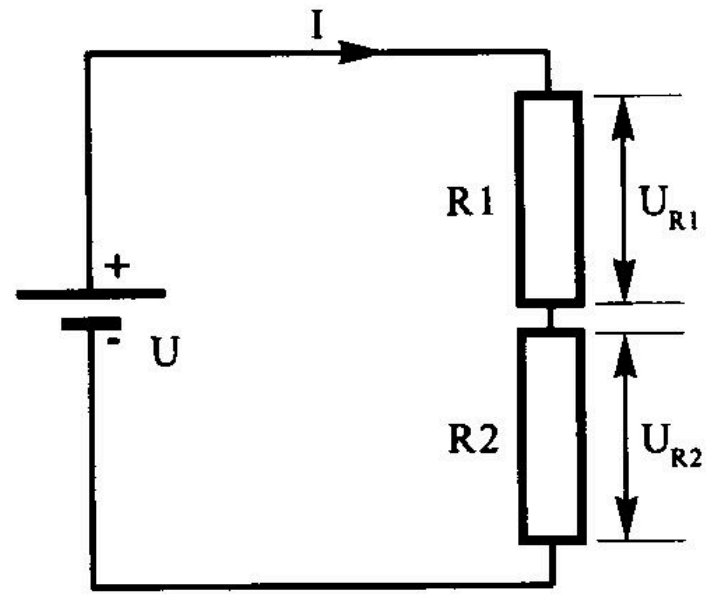
# Vezava uporov

## Zaporedna vezava uporov

$R_{\text{skupna}} = R_1 + R_2 + ...$

$U_{\text{skupna}} = U_{R1} + U_{R2} + ...$

$I_{\text{skupna}} = I_1 = I_2 = ...$



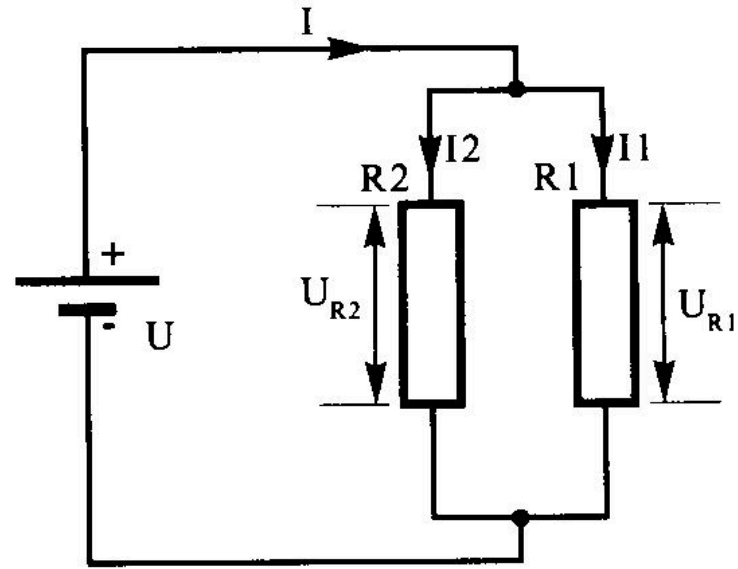
# Vzporedna vezava uporov

$$\frac{1}{R_{\text{skupna}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots$$

$$R_{\text{skupna}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots}$$

$U_{\text{skupna}} = U_{R1} = U_{R2} = \ldots$

$I_{\text{skupna}} = I_1 + I_2 + \ldots$

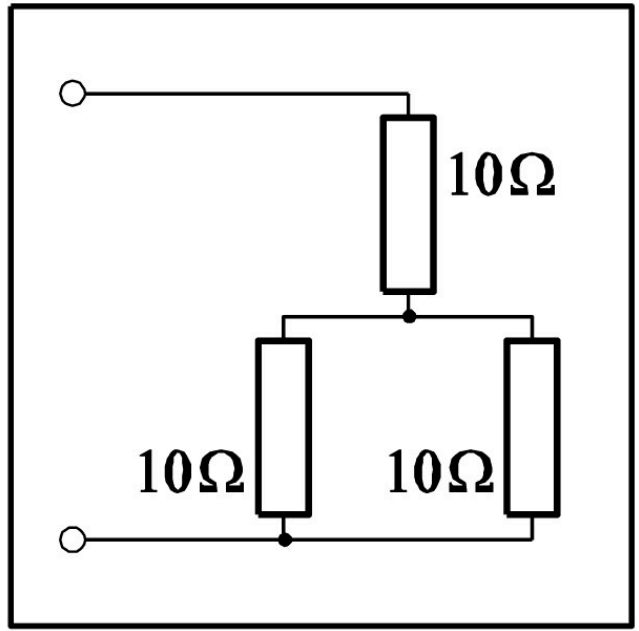


# Primer

$\frac{1}{R_{\text{vzp}}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5}$

$R_{\text{vzp}} = 5\ \Omega$

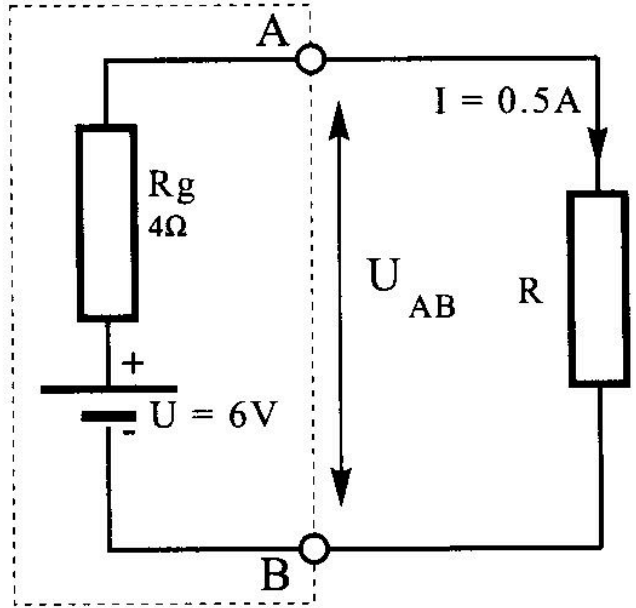
$R_{\text{skupna}} = 5\ \Omega + 10\ \Omega = 15\ \Omega$



# Realni napetostni vir

$R_g$ – upornost generatorja

$U_{AB} = U - R_g \cdot I = 6\ V - (4\ \Omega \cdot 0.5\ A) = 4V$

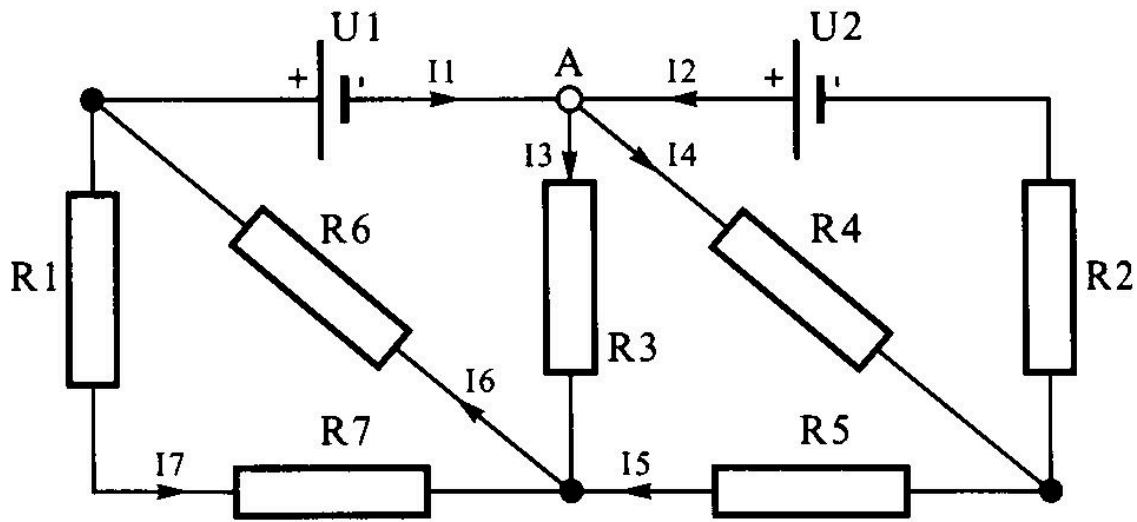


# Kirchhoffovi zakoni

Razlaga

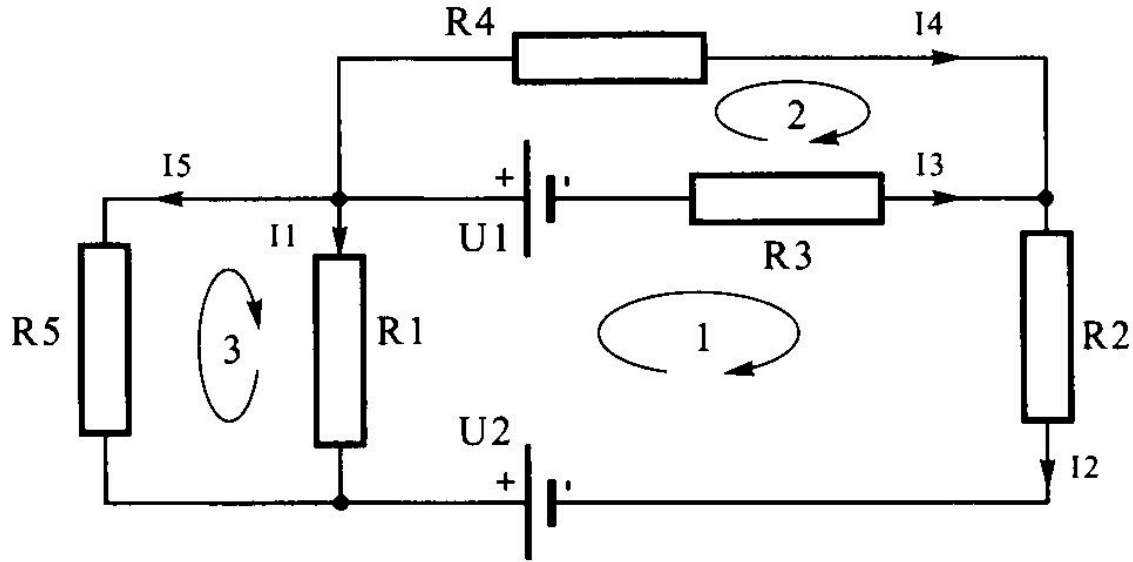
- **Prvi Kirchhoffov zakon** (vsota vseh tokov v vozlišču je enaka nič):

$$\sum I = 0$$



- **Drugi Kirchhoffov zakon** (vsota napetosti napetostnih virov v zaprti zanki vezja je enaka vsoti padcev napetosti na vseh delih vezja):

$$\sum U = \sum I \cdot R$$

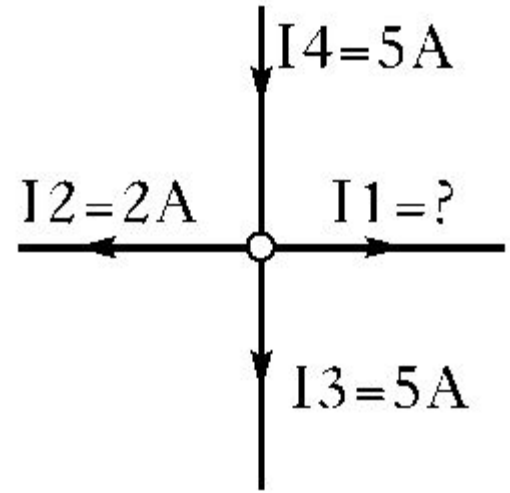


# Primer (I. Kirchhoffov zakon):

$\sum I = 0$

$I_4 = I_1 + I_2 + I_3$

$I_1 = I_4 - I_3 - I_2 = 5A - 5A - 2A = -2A$

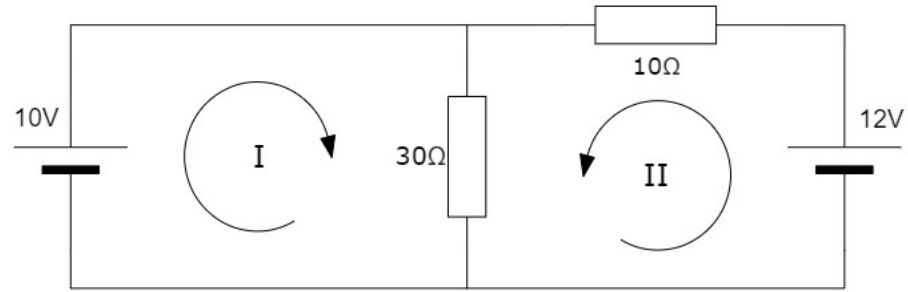


# Primer (II. Kirchhoffov zakon):

Zanka 1:
$10\ V = I_2 \cdot 30\ \Omega$

Zanka 2:
$12\ V = I_2 \cdot 30\ \Omega + I_1 \cdot 10\ \Omega$

Zanka 3:
$(12\ V - 10\ V) = I_1 \cdot 10\ \Omega$



# Električna moč

Enosmerne napetosti in tokovi:

$$P = U \cdot I$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$P = I^2 \cdot R$$

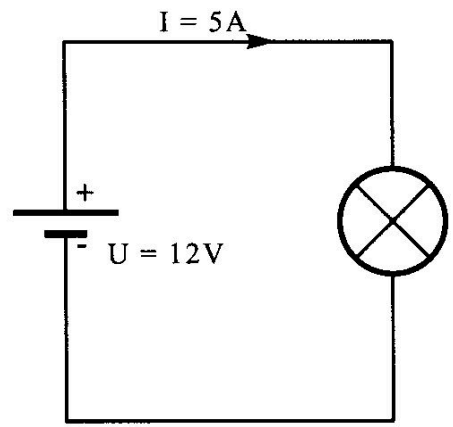
Izmenične napetosti in tokovi:
(Ohmska bremena)

$$P_{\text{sre}} = U_{\text{ef}} \cdot I_{\text{ef}}$$

$$P_{\text{sre}} = \frac{U_{\text{ef}}^2}{R}$$

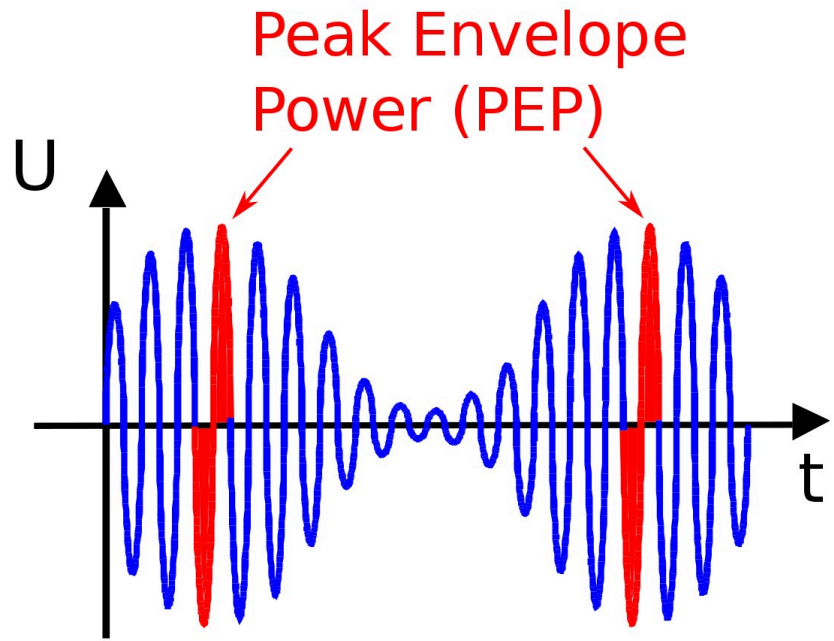
$$P_{\text{sre}} = I_{\text{ef}}^2 \cdot R$$

$$P_{\text{ef}} \neq P_{\text{sre}}$$



**Peak Envelope Power** (PEP): vrhnja (temenska) moč ovojnice, kar pomeni največjo vršno vrednost moči preko določene periode.

$$P_{\mathrm{PEP}} = \frac{U_{\mathrm{PEV}}^2}{2 \cdot R}$$



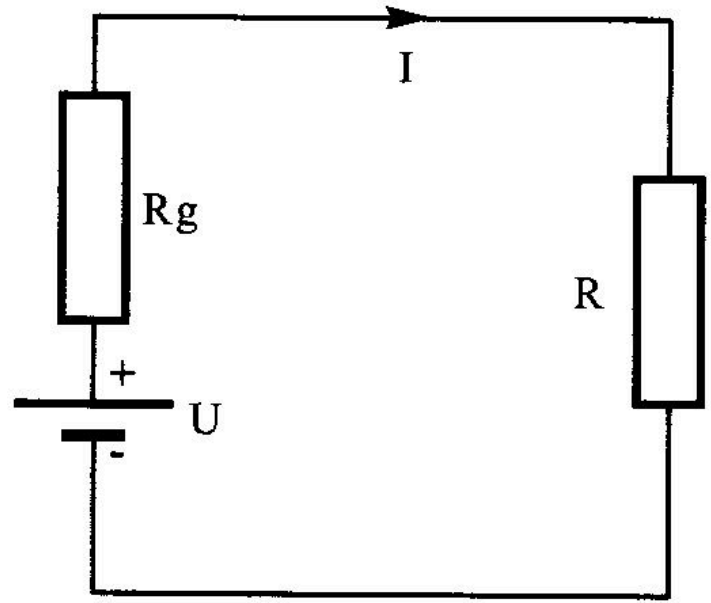
# Prenos moči

$$P = I^2 \cdot R \qquad I = \frac{U}{R + R_g}$$

$$P = \frac{U^2 \cdot R}{(R + R_g)^2}$$

**Maksimalni prenos moči** na breme R:
*"breme prilagodimo generatorju"*

$$R = R_g \rightarrow P_{max} = \frac{U^2 \cdot R}{4 \cdot R^2} = \frac{U^2}{4 \cdot R}$$



# Električna energija in izkoristek sistema

**Električna energija**: $W = P \cdot t \ [\mathrm{Ws}]$ *Vatsekunda*

$1\ \mathrm{kWh} = 1000\ \mathrm{W} \cdot 3600\ \mathrm{s} = 3600000\ \mathrm{Ws}$

## **Izkoristek** sistema

η *(Eta)* – izkoristek sistema (brez enot)

$$\eta = \frac{P_i}{P_v} \quad 0 \leq \eta \leq 1$$

$$\eta = \frac{P_i}{P_v} \cdot 100 \quad 0\% \leq \eta \leq 100\%$$

$P_i$ – izhodna moč (W)

$P_v$ – vhodna moč (W)

# Logaritem

Logaritem je **inverzna funkcija eksponente funkcije**

$$a^y = x \quad \Leftrightarrow \quad \log_a x = y$$

Prebere se: *logaritem števila $x$ z osnovo $a$*

Desetiški logaritem: $\log_{10} x = \log x$

Naravni logaritem: $\log_e x = \ln x$

$$\log_a x = \frac{\log_y x}{\log_y a}$$

$$\log_a x + \log_a y = \log_a (xy)$$

$$\log_a x - \log_a y = \log_a \left(\frac{x}{y}\right)$$

$$r \cdot \log_a x = \log_a x^r$$

# Decibel

Decibel je relativna enota, s katero določamo **ojačenje ali slabljenje sistema**.

$$G(dB) = 10 \cdot \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

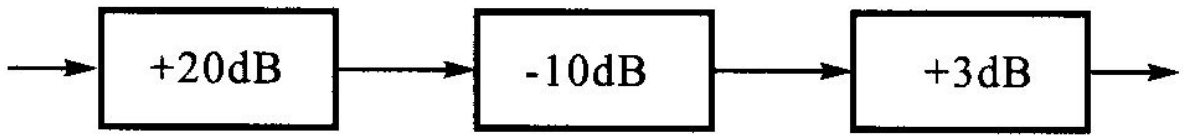
$$G(dB) = 20 \cdot \log\left(\frac{U_2}{U_1}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$$

| Ojačenje G(dB) | Razmerje moči ($P_2$ / $P_1$) | Razmerje toka ali napetosti ($I_2$ / $I_1$),($U_2$ / $U_1$) |
|---|---|---|
| + 20 | 100 | 10 |
| + 10 | 10 | 3,16 |
| + 6 | 4 | 2,00 |
| + 3 | 2 | 1,141 |
| 0 | 1 | 1,00 |
| - 3 | 0,50 | 0,71 |
| - 6 | 0,25 | 0,50 |
| - 10 | 0,10 | 0,32 |
| - 20 | 0,01 | 0,10 |

*1 S enota (na S metru) = 6 dB*

# Primer

Izračunaj skupno ojačenje sistema:




$$G(dB) = +20\ dB - 10\ dB + 3\ dB = +13\ dB$$

$$G = 100 \cdot 0.1 \cdot 2 = 20$$

Dobimo ojačenje +13 dB oz. 20 kratno ojačenje

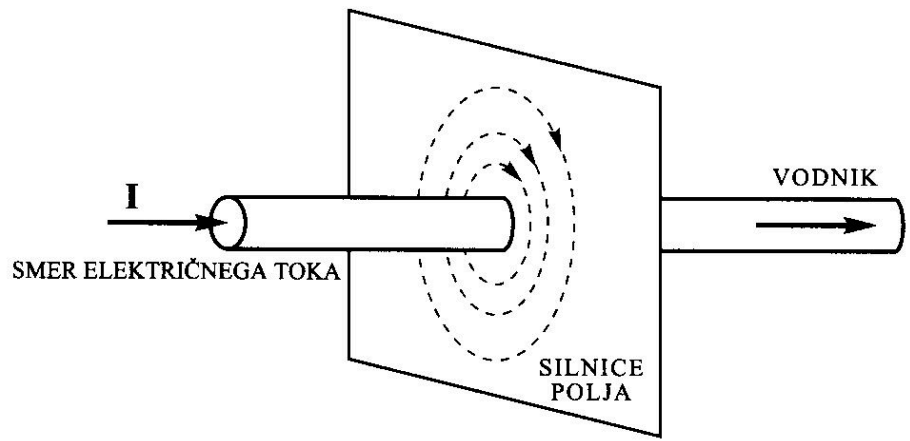
# Induktivnost

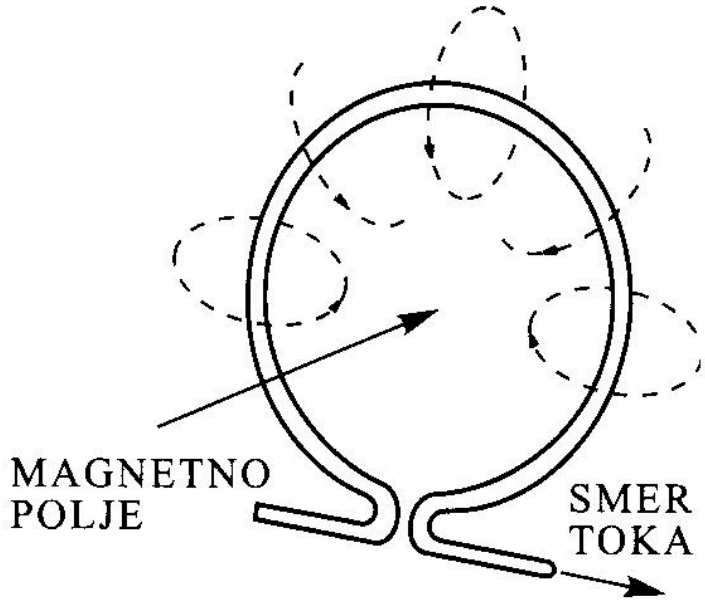
Razmerje med magnetnim pretokom skozi sklenjeno zanko in električnim tokom, ki je vzrok tega magnetnega pretoka

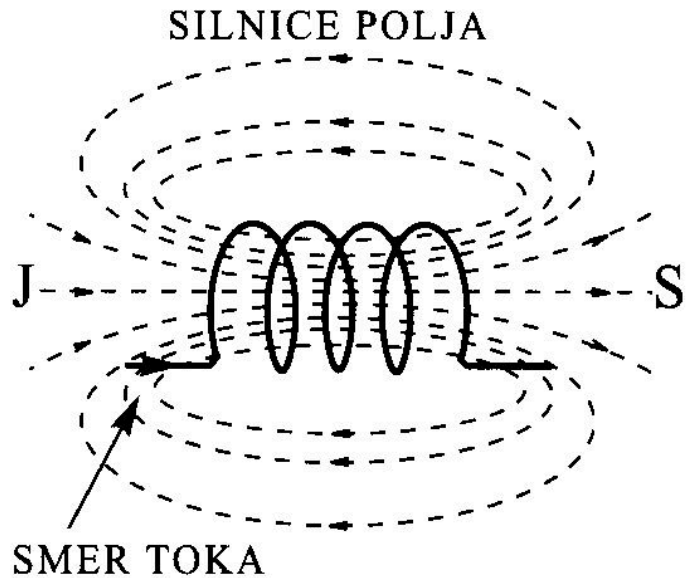
- Induktivnost tuljave je 1 H, če se skozi njo spremeni tok za 1 A v času 1 s in pri tem povzroči, da se inducira povratna napetost 1 V.

**Induktivnost**: $L\,[H]$ *Henry*

Pravilo desnega vijaka (smer silnic)

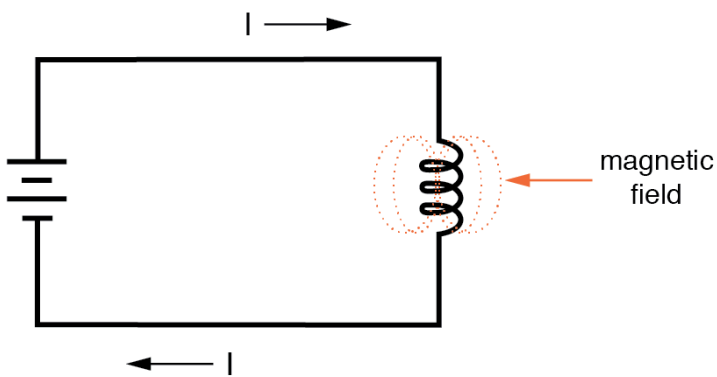


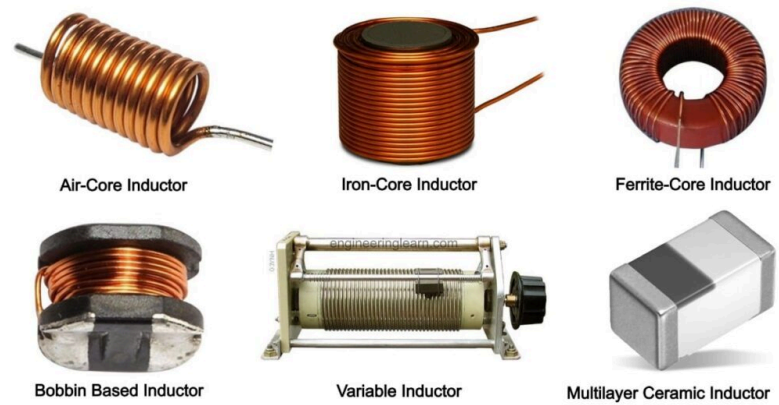

MAGNETNO
POLJE
SMER
TOKA


SILNICE POLJA
J
S
SMER TOKA

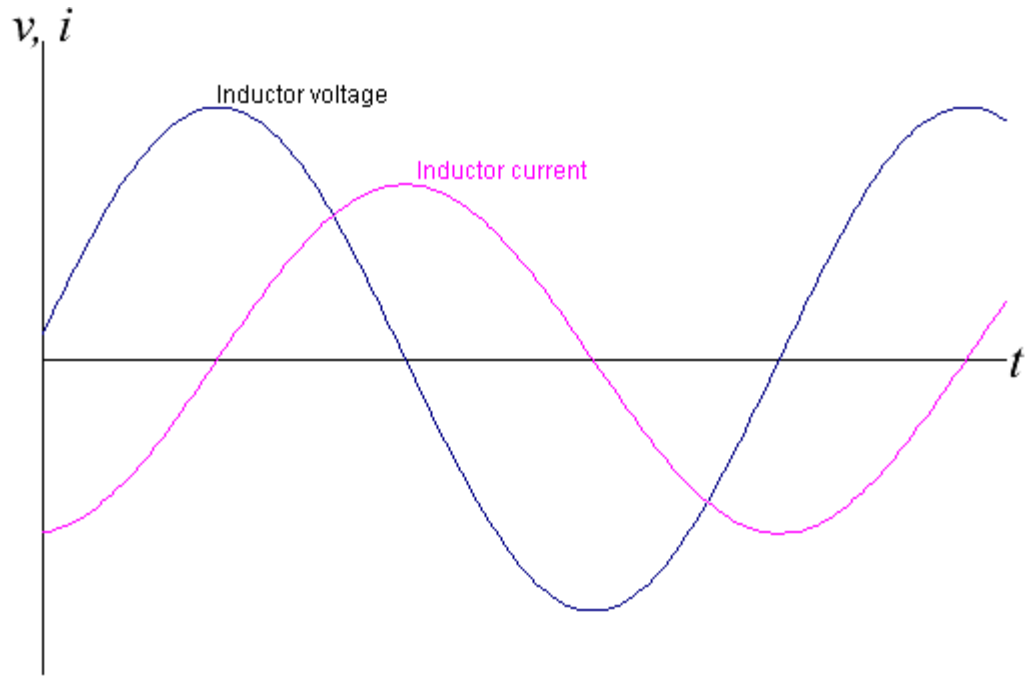
# Tuljave

Animacija tuljave



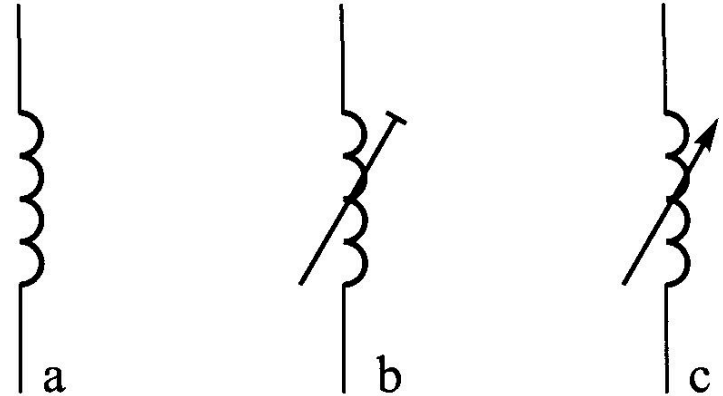
Pri idealni tuljavi vedno **tok zaostaja za napetostjo za 90°**

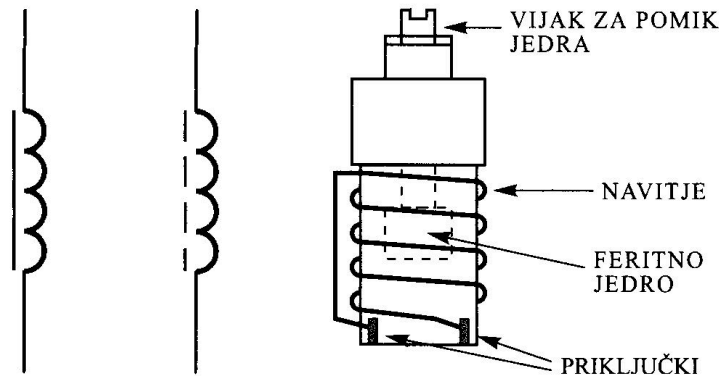


# Vrste tuljav

Delimo:
a. stalna tuljava
b. nastavljiva tuljava
c. spremenljiva tuljava

Glede na jedro delimo:
a. tuljava z železnim jedrom
b. tuljava z feritnim jedrom



# Jedro tuljave

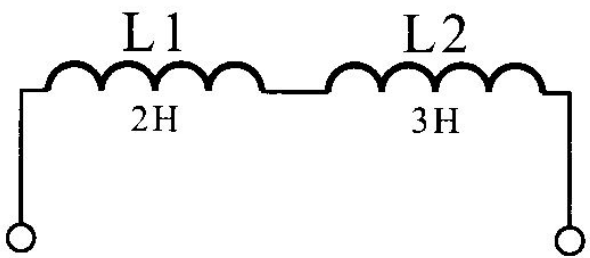
**Permeabilnost**: lastnost feromagnetnih materialov jedra, da **poveča induktivnost tuljave**

**Vrtinčni tokovi**: inducirana napetost žene po železnem jedru tok in ga segreva

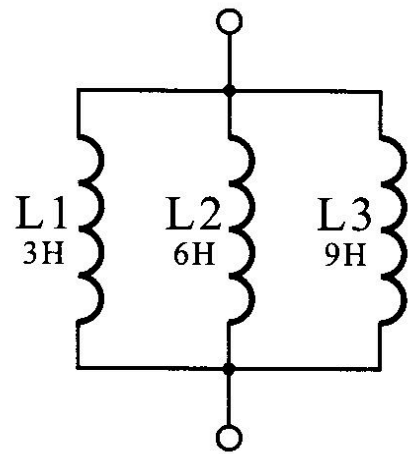
**Histerezne izgube**: del elektromagnetne energije, ki se porablja za "magnetno vztrajnost"

# Vezava tuljav

$$L_{\text{skupna}} = L_1 + L_1 + \ldots$$




$$\frac{1}{L_{\text{skupna}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \ldots$$

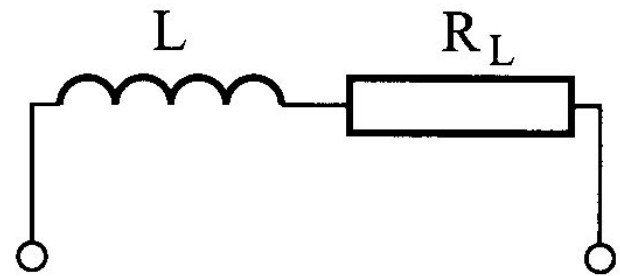


# Realna tuljava

Nobody’s perfect

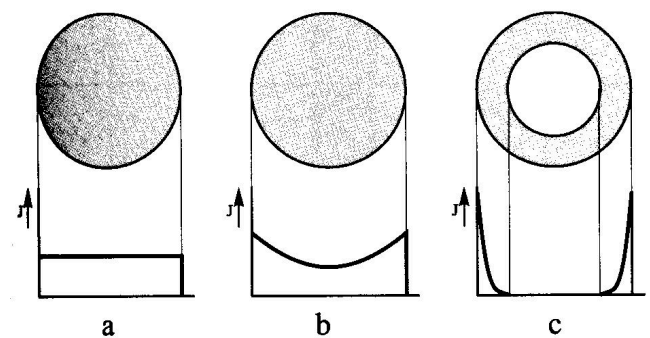
**Induktivna reaktanca** ali induktivna upornost:
$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$

Kvaliteta tuljave: $Q = \frac{X_L}{R_L}$




**Skin efekt** (kožni pojav): s frekvenco se povečuje upornost žice.

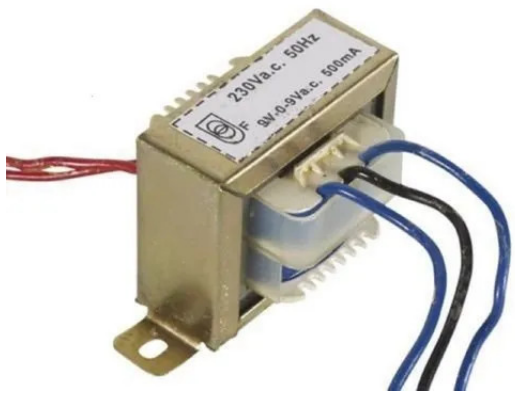
Pri višjih frekvencah tok raje teče po površini žice, kot po njej.

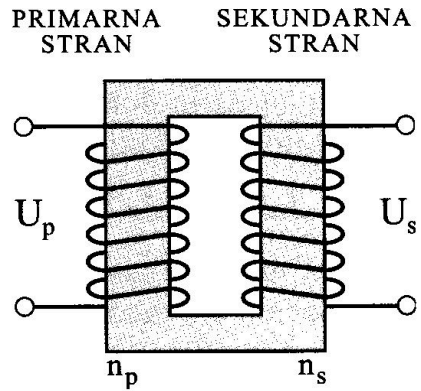


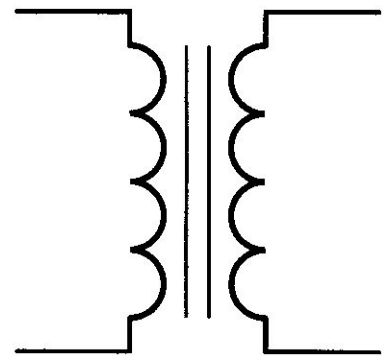
# Transformator

**Medsebojna induktivnost**: magnetno polje ene tuljave povzroči inducirano napetost v drugi tuljavi

**Sklopni faktor** dveh tuljav je število, ki pove, kolikšen del magnetnega pretoka ene tuljave se sklene tudi skozi ovoje druge tuljave.
Teoretično možne vrednosti sklopnih faktorjev so med 0 in 1.



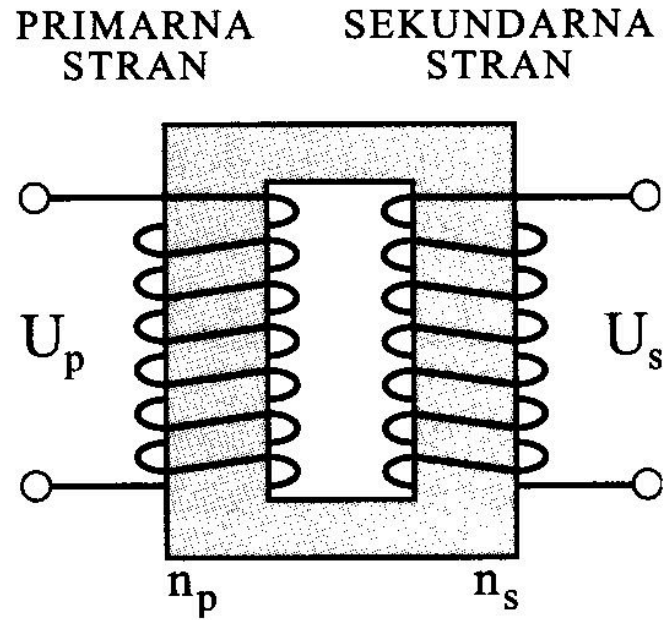



**Izkoristek** transformatorja:

$$P_s = \eta \cdot P_p$$

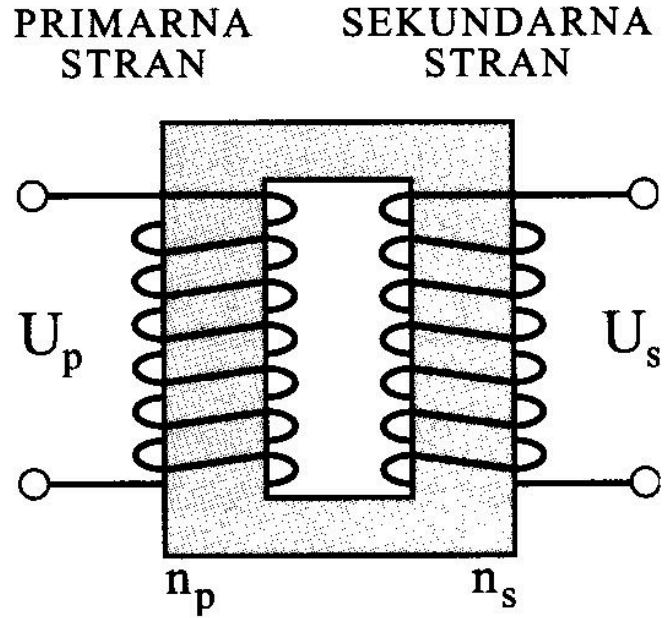
$P_p$ – moč na primarju (W)
$P_s$ – moč na sekundarju (W)
$\eta$ – izkoristek transformatorja



**Razmerja napetosti, toka in števila navojev**:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{n_p}{n_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$U_p$ – napetost primarja (V)
$U_s$ – napetost sekundarja (V)
$I_p$ – tok primarja (A)
$I_s$ – tok sekundarja (A)
$n_p$ – število ovojev primarja
$n_s$ – število ovojev sekundarja



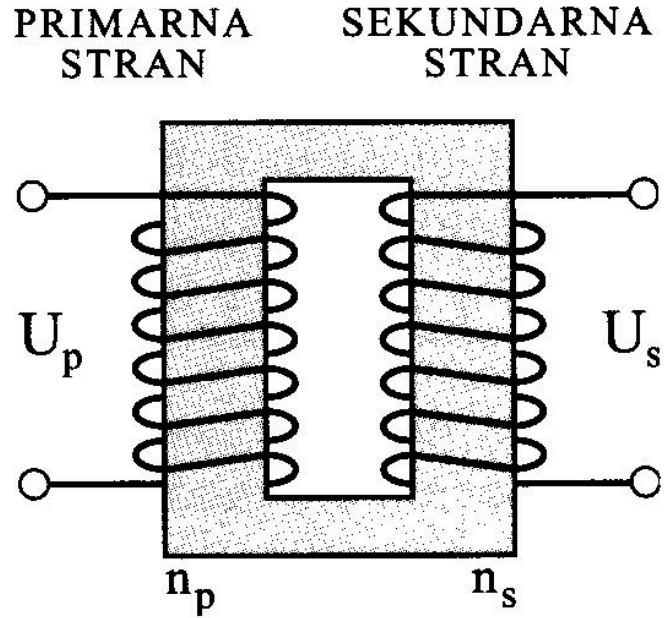
# Primer

Izračunaj napetost in tok na sekundarju transformatorja, če je na primarju napetost 220 V in tok 2 A. Število ovojev na primarju je 1000, na sekundarju pa 100.

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{n_p}{n_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{1000}{100}$$

$$U_s = \frac{U_p}{10} = \frac{220\ V}{10} = 22\ V$$

$$I_s = I_p \cdot 10 = 2\ A \cdot 10 = 20\ A$$

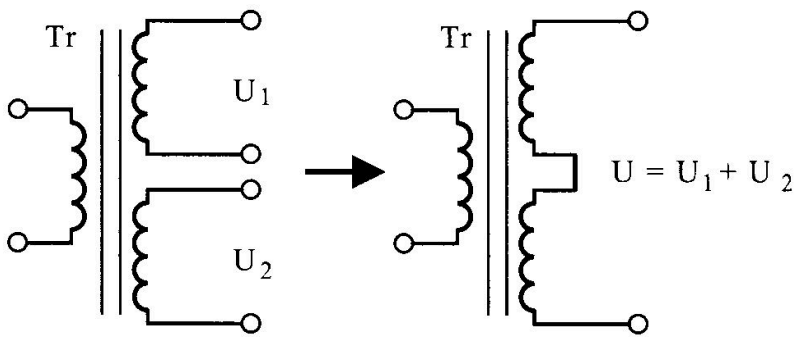


# Uporaba transformatorjev

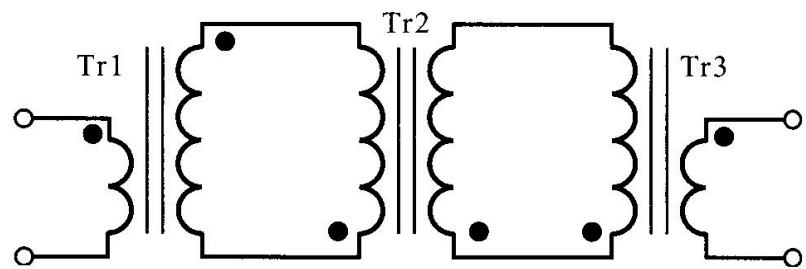
- izoliranje enega dela vezja od drugega (galvanska ločitev)
- dviganje ali nižanje napetosti (napajalniki)
- **impedančna transformacija oz. prilagoditev**

# Vezave transformatorjev

Zaporedna vezava navitij



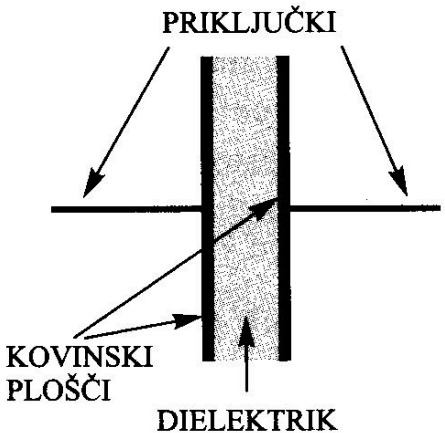

Kaskadna vezava

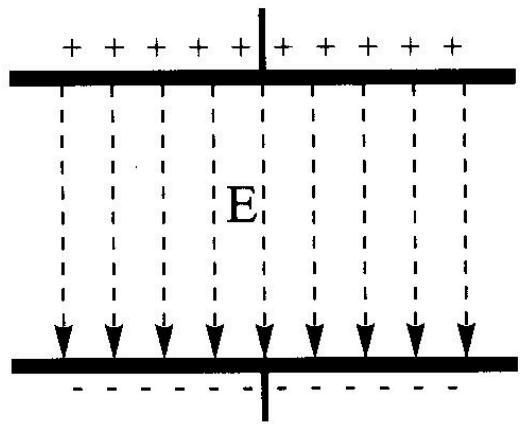


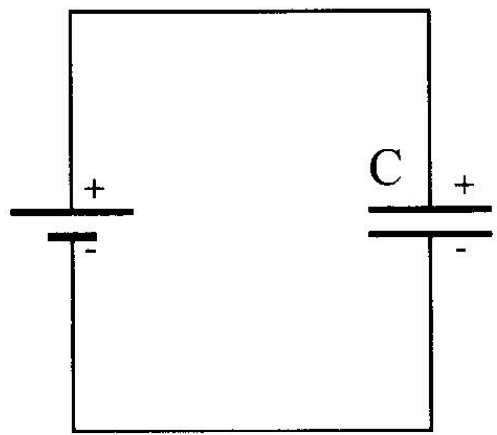
# Kapacitivnost

Zmožnost **shranjevanja električne energije** v obliki **električnega naboja**, ki ustvari **električno polje**

**Kapacitivnost**: $C\ [F]$ *Farad*



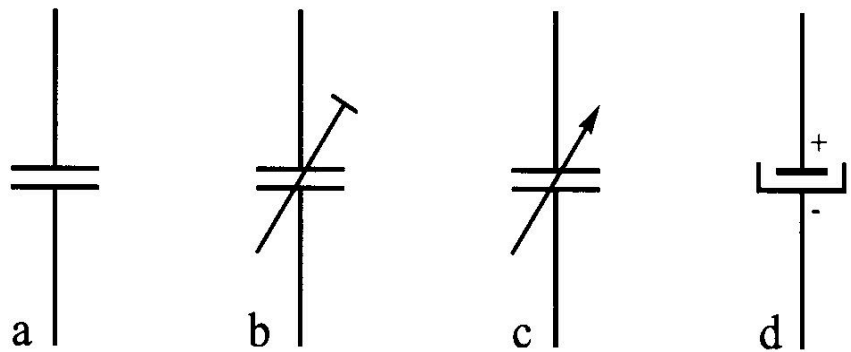



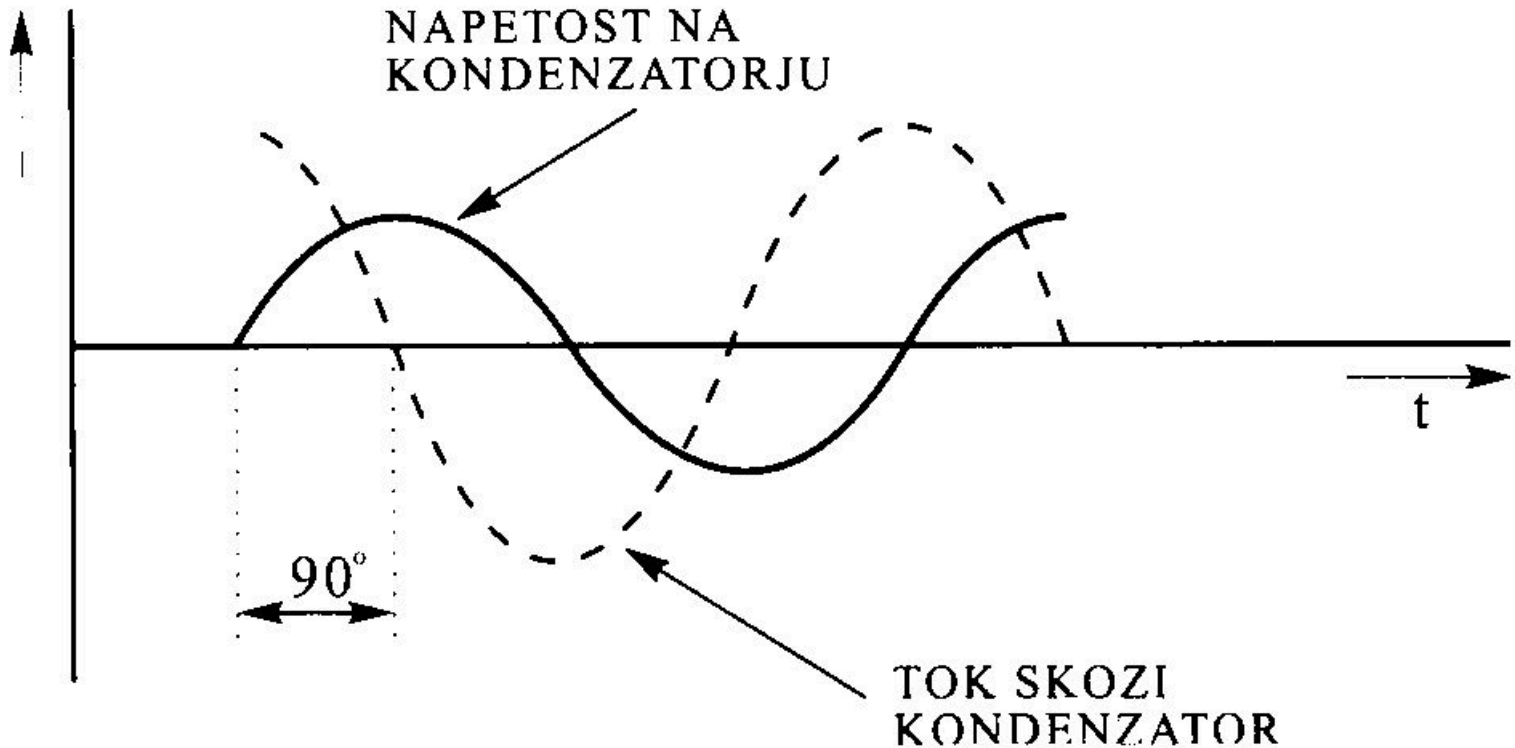
# Kondenzatorji

Razlaga kondenzatorja

a. stalni kondenzator
b. nastavljivi kondenzator
c. spremenljivi kondenzator
d. elektrolitski kondenzator



Pri idealnem kondenzatorju **tok fazno prehiteva napetost za 90°**



# Realni kondenzatorji

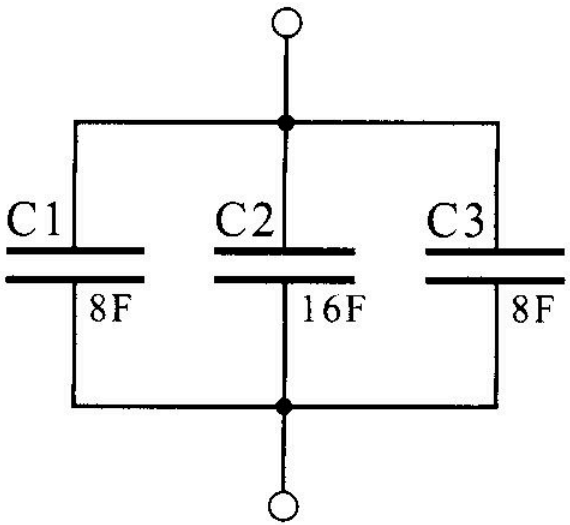
Nobody’s perfect

**Izgubni** (prečni) **tok** kondenzatorja: tok, ki teče skozi kondenzator zaradi neidealnega dielektrika.

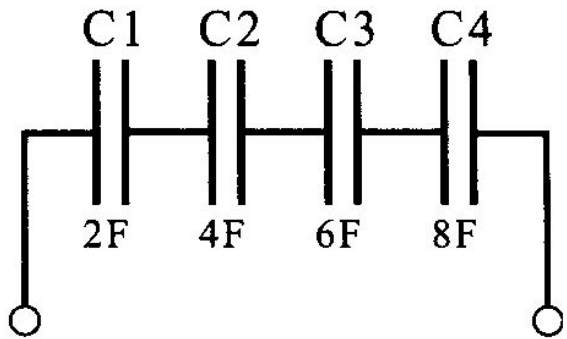
**Temperaturna odvisnost** kondenzatorja: vzrok je sprememba dielektrika, saj se mu spreminja dielektrična konstanta.

# Vezave kondenzatorjev

$$C_{\text{skupna}} = C_1 + C_2 + \ldots$$




$$\frac{1}{C_{\text{skupna}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots$$



# Reaktanca

Upiranje izmeničnemu toku

V praktičnih vezjih se pojavijo kombinacije obeh:

Induktivna reaktanca: $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$

Kapacitivna reaktanca: $X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$

Zato raje govorimo o **reaktanci**, ki ima lahko **induktivni** ali **kapacitivni značaj**

**Reaktanca**: $X\ [\Omega]$ *ohm*

Vrednost reaktance se **spreminja glede na frekvenco**

**Reaktančna bremena ne trošijo električne energije** (jalova moč)

Velja ohmov zakon: $U = X \cdot I$

# Impedanca

Vsota upornosti in reaktance

Vsa praktična vezja vsebujejo reaktančne in ohmske upornosti

**Impedanca**: $Z = R + iX\ [\Omega]$ *ohm*

$Z = R + jX_L$
→ impedanca upornosti R in reaktance induktivnega značaja

$Z = R - jX_C$
→ impedanca upornosti R in reaktance kapacitivnega značaja

Velja ohmov zakon: $U = Z \cdot I$ (bolj kompleksno zaradi imaginarne komponente)

# Resonanca

Obstaja frekvenca kjer se **vrednost kapacitivne reaktance izenači induktivni reaktanci** → se izničita

$$X_C = X_L$$

$$\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Te frekvenci pravimo **resonančna frekvenca**, pojavu pa **resonanca**

Impedanca pri resonančni frekvenci: $Z = R \pm j0 = R$

# Filtri

Izločanje določenih frekvenc

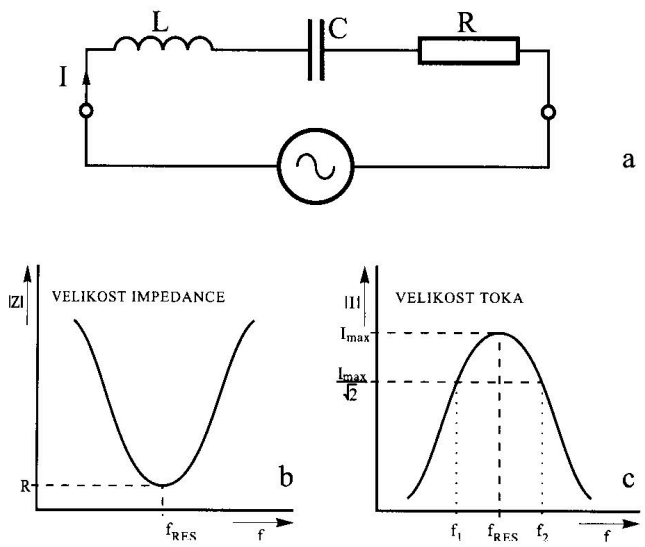
Vezja, ki prepuščajo izmenične tokove določenih frekvenc, medtem ko tokove drugih frekvenc zelo oslabijo ali pa jih sploh ne prepuščajo

Sestavljeni iz pasivnih elementov (kondenzatorjev, tuljav in uporov)

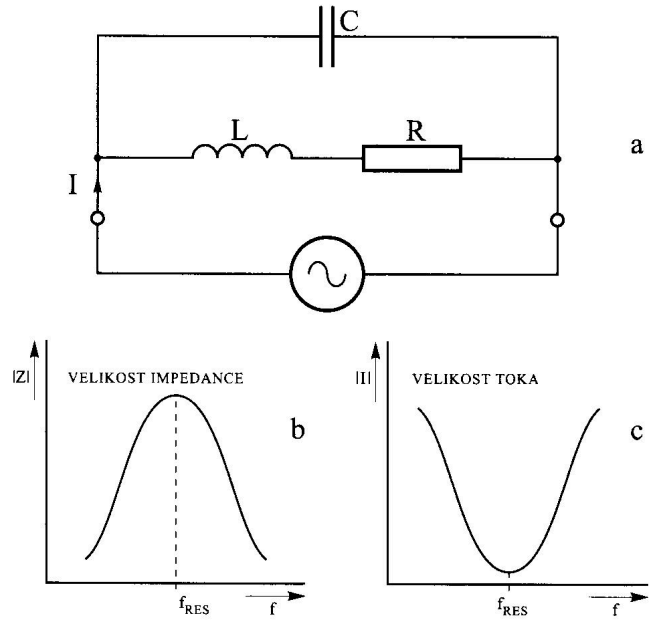
**Tuljava dobro prepušča nizke frekvence, kondenzator pa visoke**

# Zaporedni in vzporedni nihajni krog

Zaporedni nihanji krog
v resonanci prepušča tok




Vzporedni nihanji krog
v resonanci ne prepušča toka



# Zaporedni nihajni krog

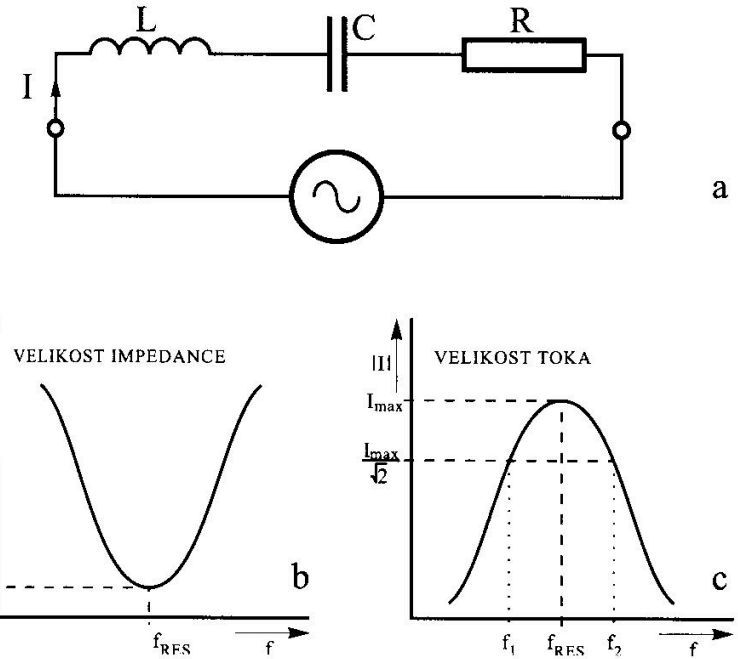
**Resonančna frekvenca**: $f_{RES} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

**Kvaliteta** nihajnega kroga: $Q = \frac{X_L}{R}$ ali $Q = \frac{X_C}{R}$

**Pasovna širina** (bandwidth): $B = f_2 - f_1$
$f_1$ in $f_2$ odčitamo kjer je vrednost toka $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.71$ oz. $-3dB$

$$Q = \frac{f_{RES}}{B}$$

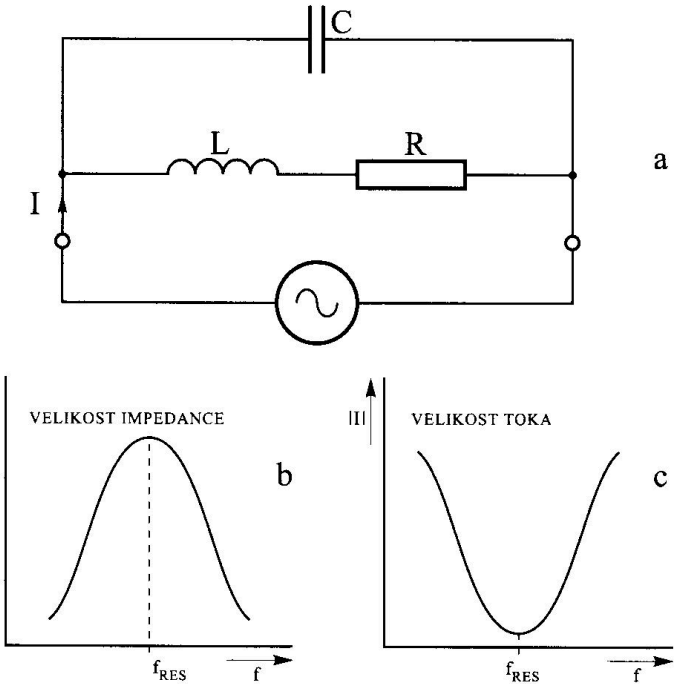
**Napetost na tuljavi in kondenzatorju** v zaporednem nihajnem krogu sta pri resonančni frekvenci **Q-krat večji od napetosti izvora** ampak fazno **zamaknjeni za 180°**



# Vzporedni nihajni krog

Enačbe za resonančno frekvenco, kvaliteto in pasovno širino so enake kot pri zaporednem nihajnem krogu

**Velikost toka skozi vezje** je pri resonančni frekvenci majhna, v **tuljavi in kondenzatorju** pa je lahko **tok Q-krat večji**



# Vrste filtrov

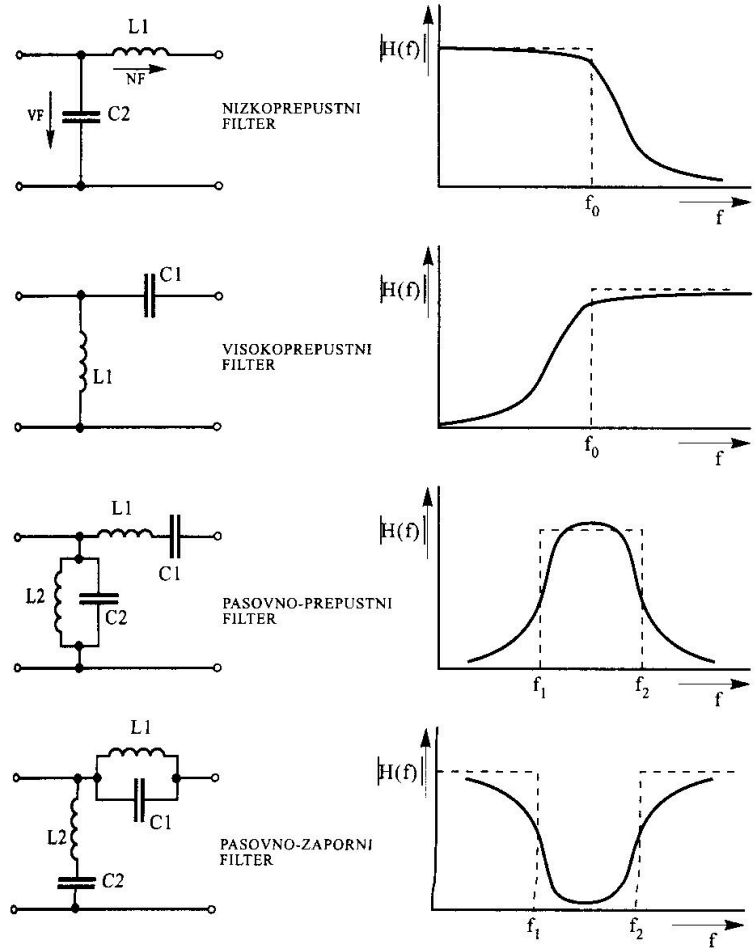
Filtre delimo po različnih merilih, npr. frekvenčni pas:

- **Nizko-prepustni** filter
- **Visoko-prepustni** filter
- **Pasovno-prepustni** filter
- **Pasovno-zaporni** filter

**Amplitudni frekvenčni odziv**: pove katere frekvence filter prepušča in katere slabi

**Prenosna funkcija**: pove vpliv filtra na amplitudo in fazo vhodnega signala

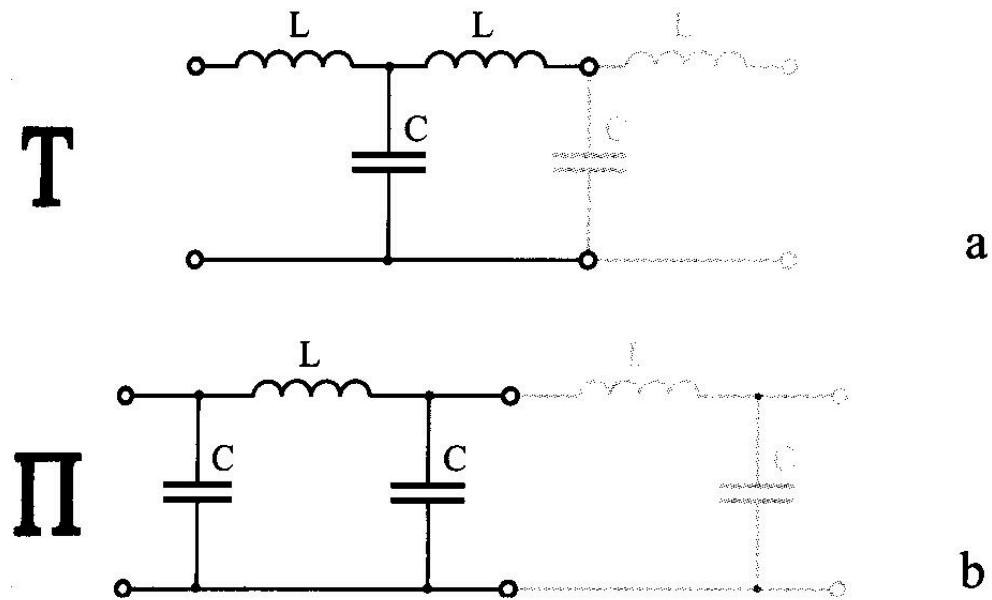
Vsak filter povzroči **fazni zamik**



# $T$ in $\Pi$ (Pi) filtri

**Red filtra**: število elementov v vezju

Višji kot je red filtra, bolj se amplitudni odziv približuje idealnemu

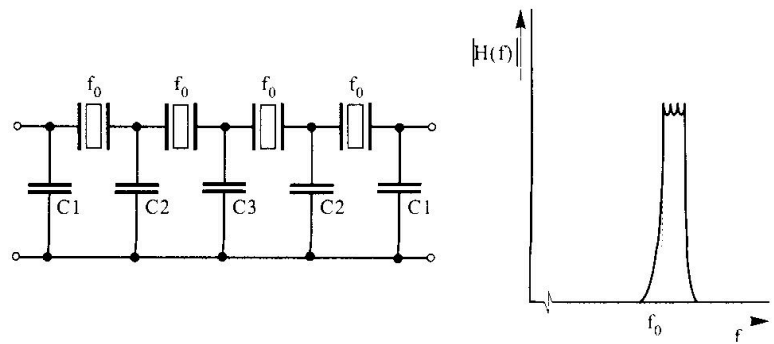


# Kristalni filter

**Zelo ozki** pasovno-prepustni ali pasovnozaporni filtri z **zelo veliko kvaliteto Q**

**Overtonska frekvenca**: nihanje ploščice kremenovega kristala na mnogokratniku osnovne frekvence kristala

**Overtonski oscilator**: kristal lahko niha le na overtonskih frekvencah, ki so lihi mnogokratniki osnovne frekvence



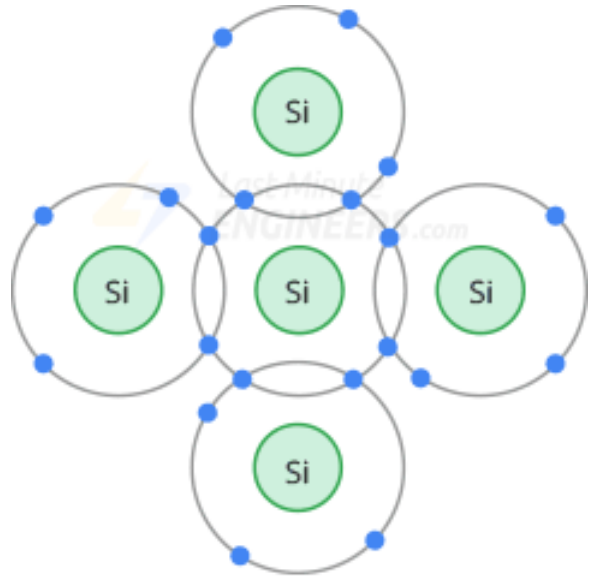
# Polprevodniki

Silicij / germanij

Štiri elektroni v zunanji ovojnici

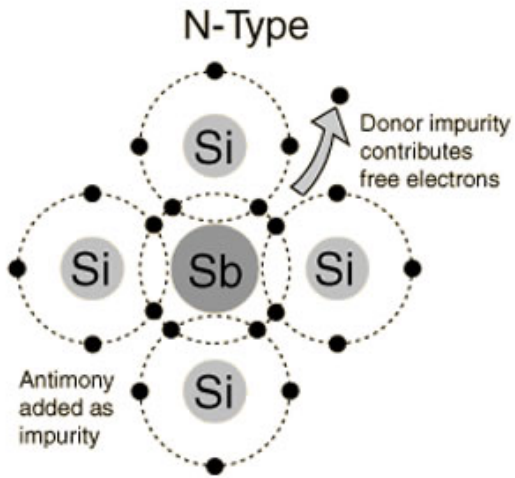
Čisti polprevodnik, **ne prevaja** električnega **toka** (kovalentna vez)

Polprevodnikom **dodajamo primesi** (Dopiranje)



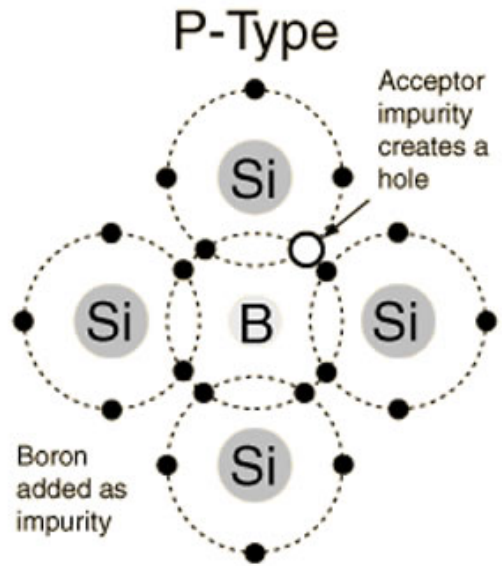
## **N tip** polprevodnika

Donorji: petvalentne primesi, kot so fosfor, arzen, antimon, ki povečajo v polprevodniku število prostih elektronov




## **P tip** polprevodnika

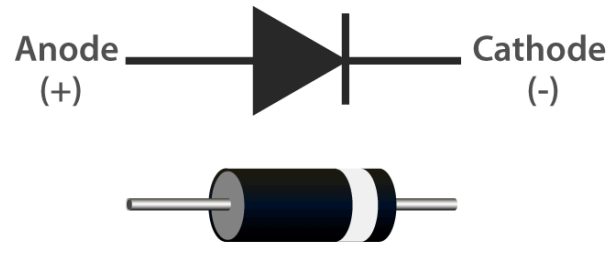
Akceptorji: trivalentne primesi, kot so, bor, aluminij, galij, indij, ki ustvarijo gibljive vrzeli

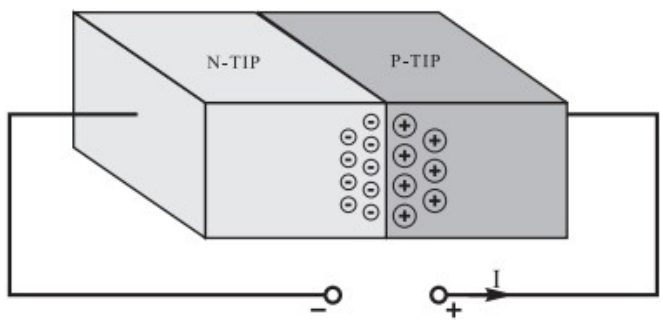


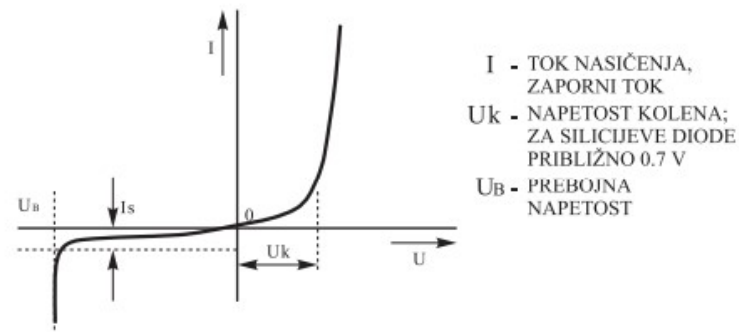
# Dioda

**PN spoj** *brez upornosti* **prevaja tok** le **v eno smer**

Dioda v zaporni smeri prevaja majhen tok, ki ga imenujemo **zaporni tok ali tok nasičenja**

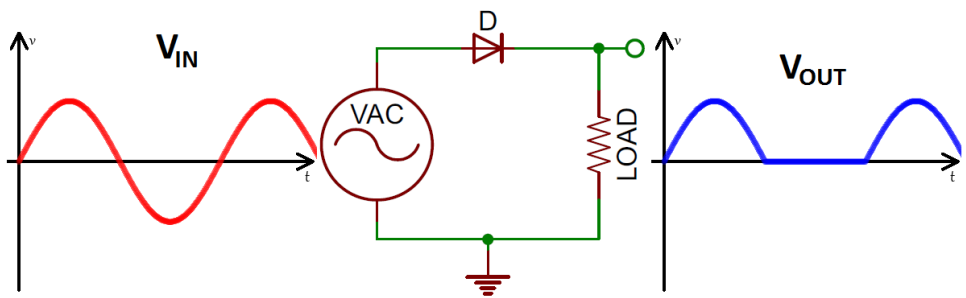


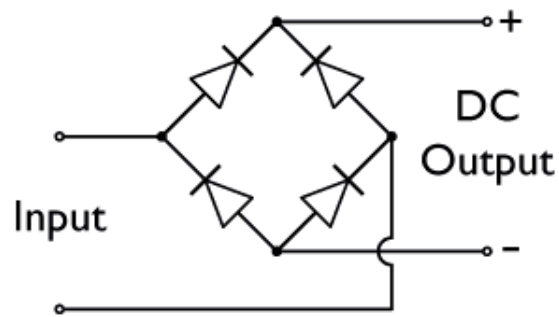



# Uporaba diode v elektronskih vezjih

- Usmerniki
- Frekvenčni množilniki in mešalniki
- Dioda kot stikalo
- Dvosignalni krmilniki
- Stabilizatorji napetosti

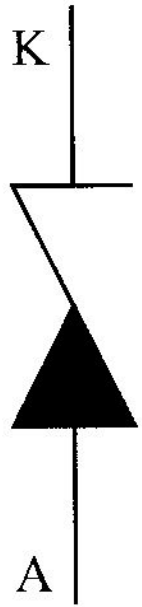


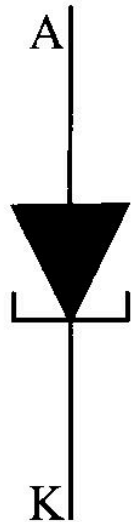

Polvalni usmernik

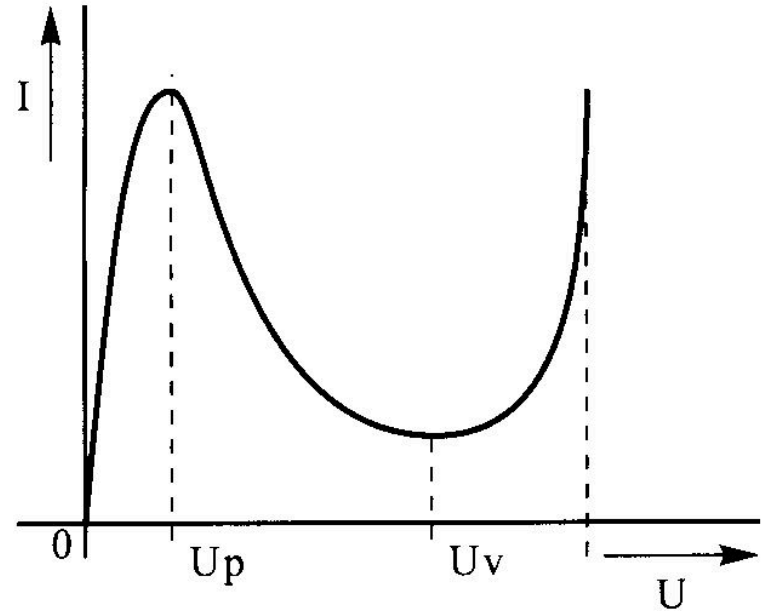



Polnovalni usmernik

# Posebne vrste diod



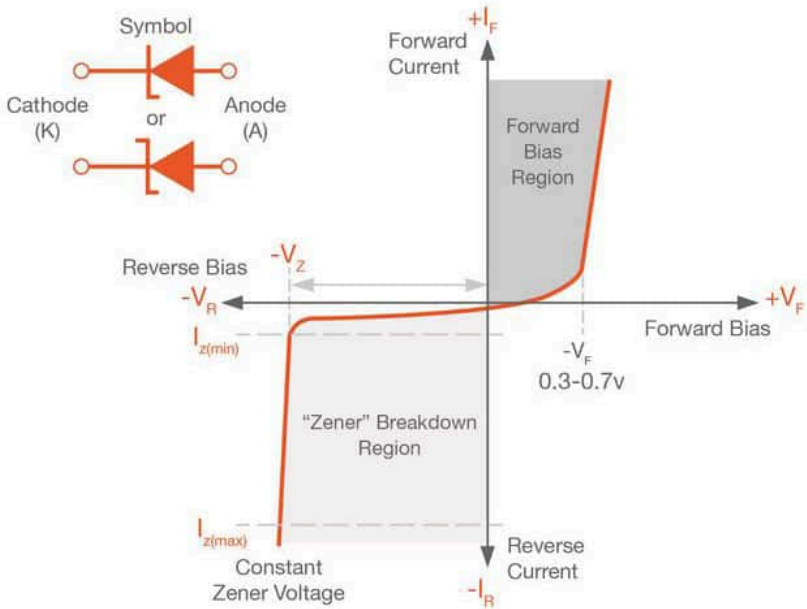



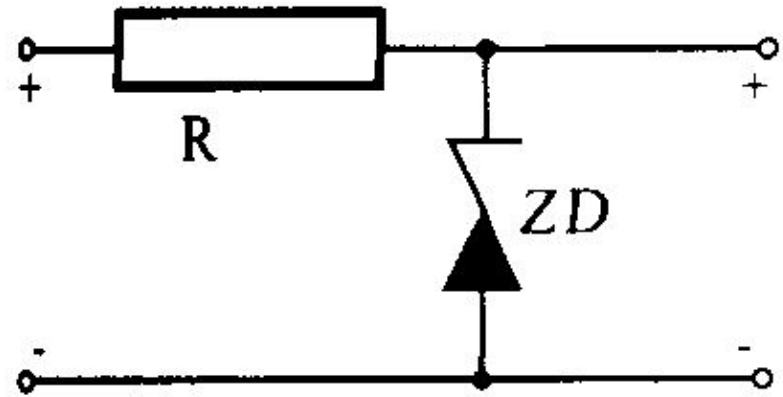




Zener dioda
Kot stabilizator napetosti

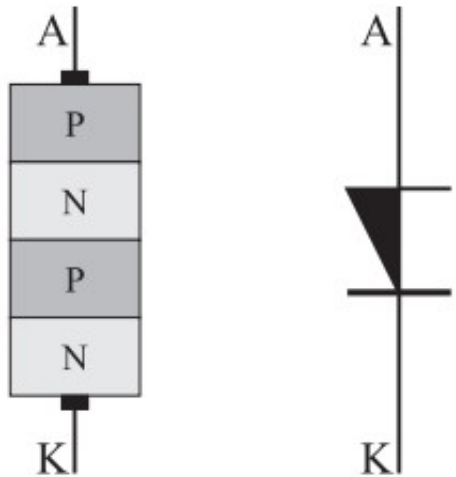
Tunelska dioda
Uporabljamo za ojačevalnike in oscilatorje

# Uporaba zener diode

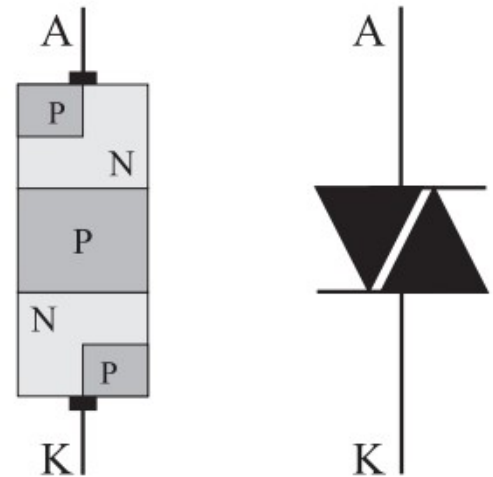


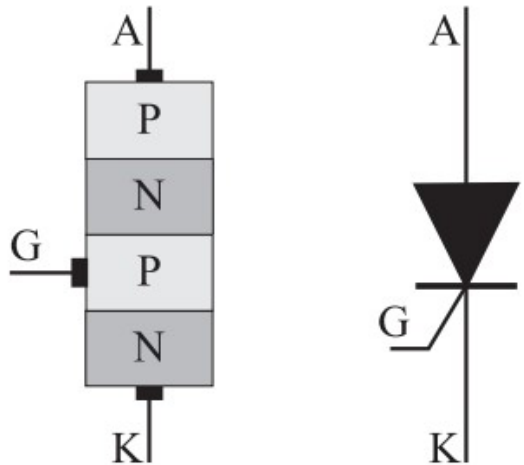

Zener diodo priključimo v vezju zaporno
Zaščita pred previsoko napetostjo



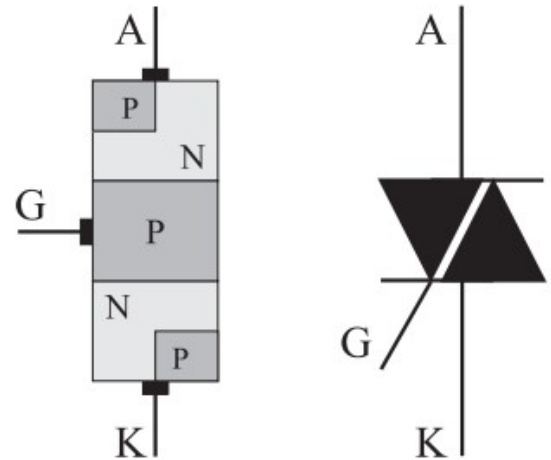

Štirislojna dioda (PNPN)
Namenjena zelo velikim tokovom



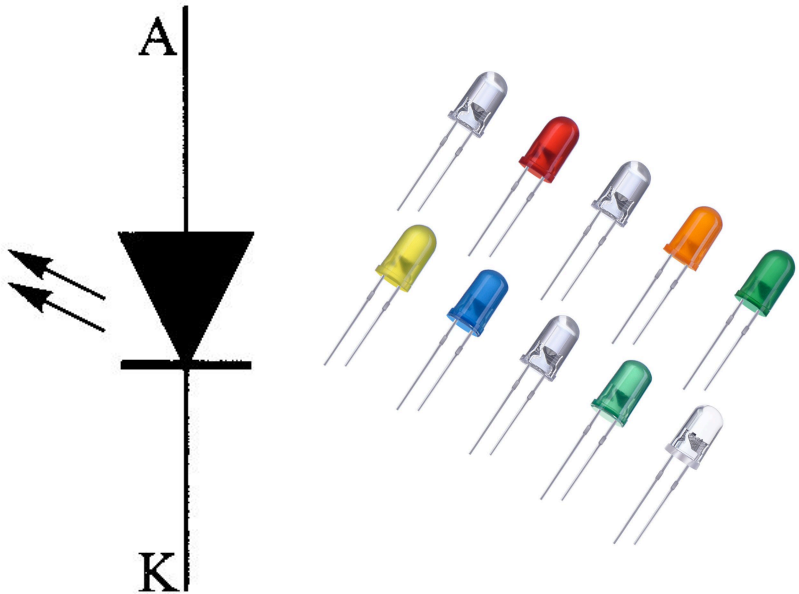

Bilateralno diodno stikalo (diak)
Začne delovati po preboju prebojne napetosti




Tiristor
Deluje kot stikalo

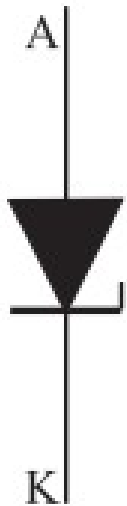



Triak
Dvosmerni tiristor




Svetleča dioda (LED)
Pretvarja el. energijo v svetlobo

Fotodioda
Meritev svetlobe
(spreminja se upornost)




Schottky dioda
Izredno hitrost delovanja

Varaktorska (varicap) dioda
Dioda z kapacitivnostjo

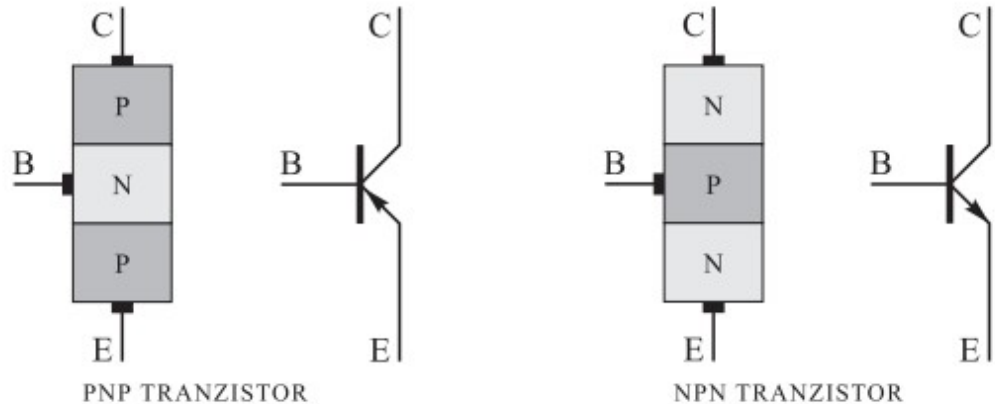
# Tranzistor (bipolarni)

"Transfer resistor" → transistor

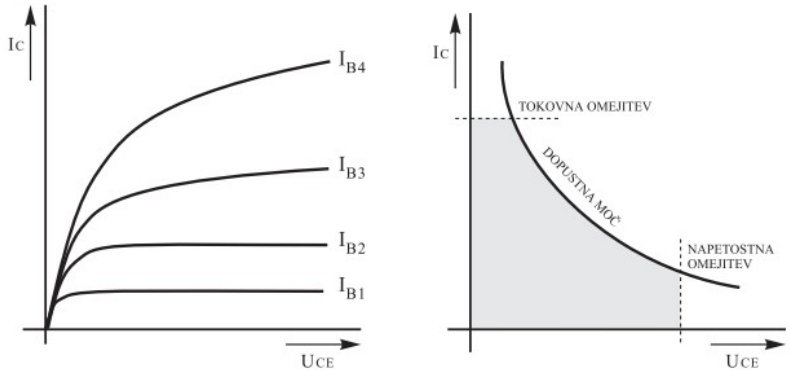
**BJT** – Bipolar Junction Transistor

Priključki:

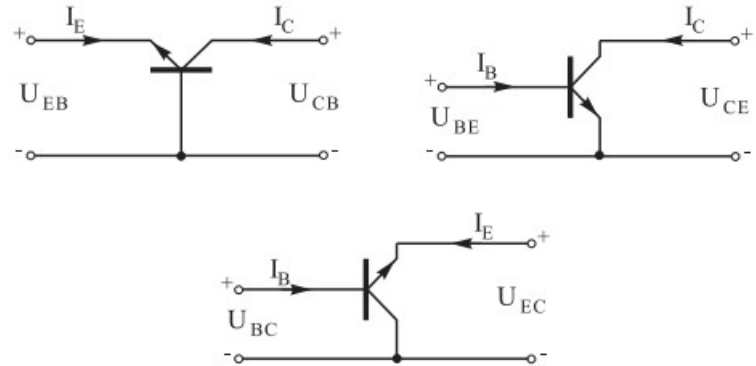
- Baza (**Base**)
- Kolektor (**Collector**)
- Emitor (**Emitter**)




Tok med emitorjem in kolektorjem kontroliramo z tokom med bazo in emitorjem oz. kolektorjem (odvisno od tipa tranzistorja)




$\frac{I_C}{U_{CE}}$ in močnostna karakteristika tranzistorja

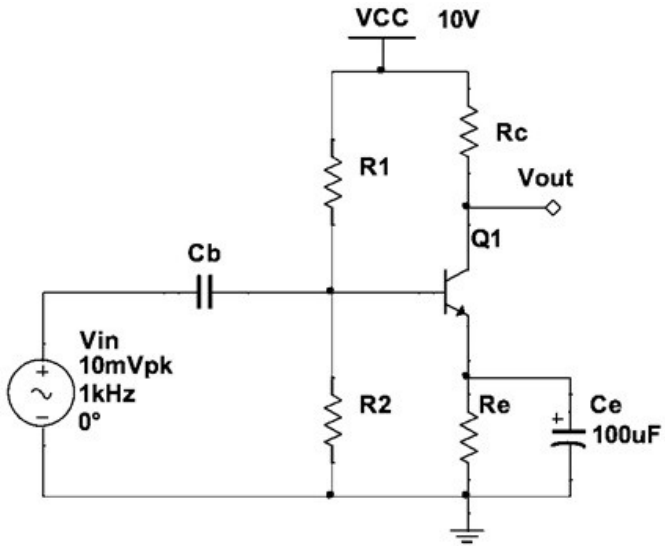



Možne orientacije tranzistorja

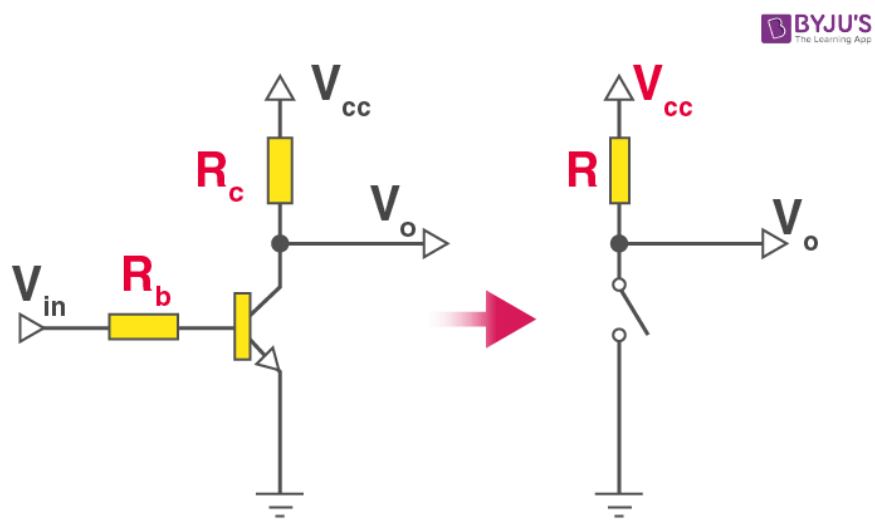
**Tokovno ojačenje tranzistorja s skupno bazo:** $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

**Tokovno ojačenje tranzistorja s skupnim emitorjem:** $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

# Uporaba tranzistorja




Tranzistor kot ojačevalnik




Tranzistor kot stikalo

# Tranzistor (unipolarni)

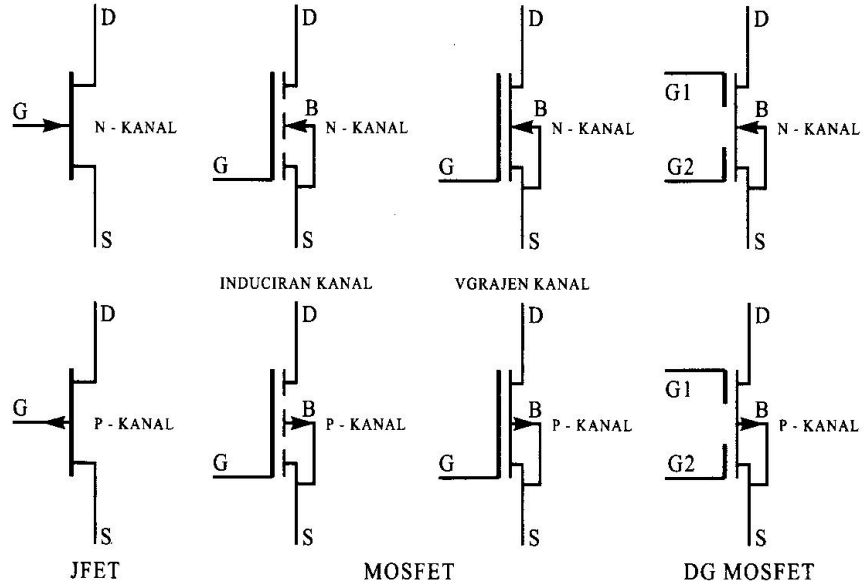
**FET** – Field Effect Transistor

Priključki tranzistorja:

- Ponor (**Drain**)
- krmilna elektroda (**Gate**)
- Izvor (**Source**)

Vrste unipolarnih tranzistorjev:

- s PN spojem ali spojni FET (**JFET**)
- z izolirano krmilno elektrodo (IGFET, **MOSFET**)
- Dualgate MOSFET (**DG MOSFET**)



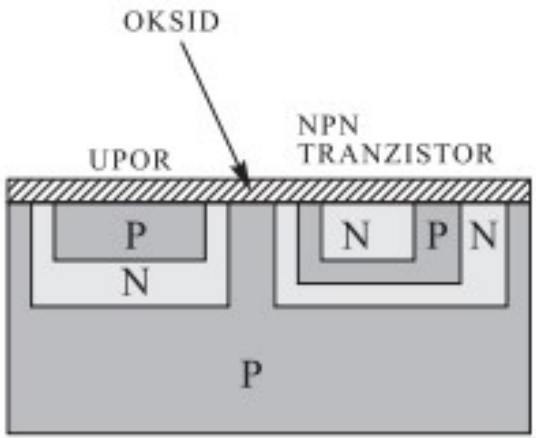
# Razlike med BJT in FET

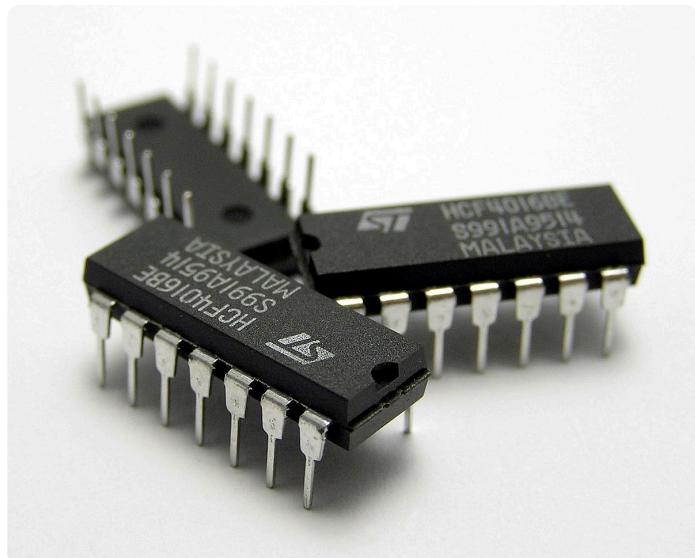
| Bipolarni tranzistor (BJT) | Unipolarni tranzistor (FET) |
| --- | --- |
| "prižgemo" s tokom | "prižgemo" s napetostjo |
| Počasen | Hiter |
| Enosmerni | Obojesmerni |

# Integrirana vezja

Najbolj pogosto uporabljeni elementi v elektronskih vezjih

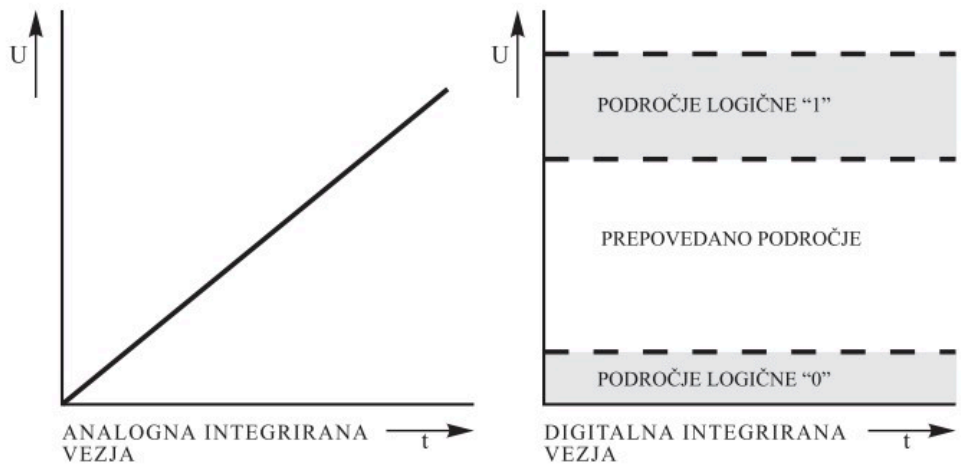
Skupek elementov (diode, tranzistorji, ...) skrčimo na čim manjši prostor



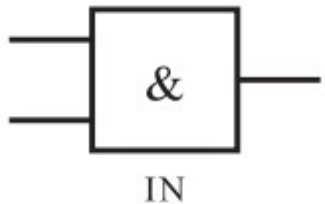
# Digitalna integrirana vezja

Digitalna integrirana vezja poznajo le dve logični stanji:
**0** in **1** oz.
**izklopljeno** in **vklopljeno** oz.
**nizka** in **visoka** napetost



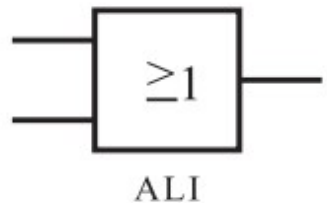
# Osnovna logična vezja

Vrata IN (AND)




| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Vrata ALI (OR)

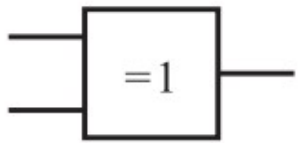



| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

Vrata NE (NOT)

| A | Y |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

Vrata ekskluzivni ALI (XOR)




EKSKLUZIVNI ALI

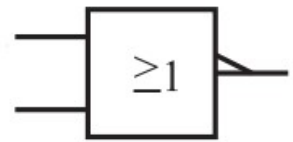
| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

Vrata NE-IN (NAND)

NE-IN

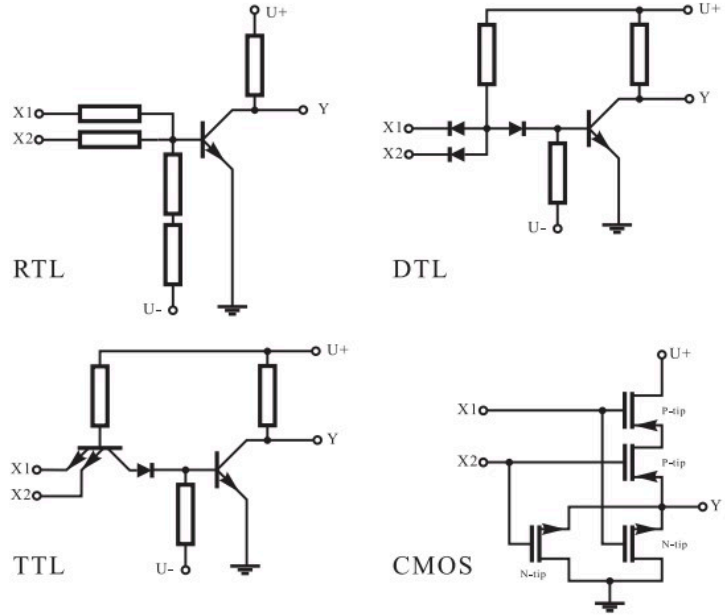
| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

Vrata NE-ALI (NOR)



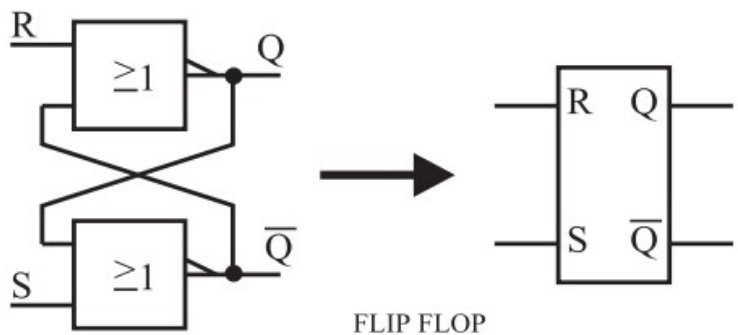

NE-ALI
(NOR)

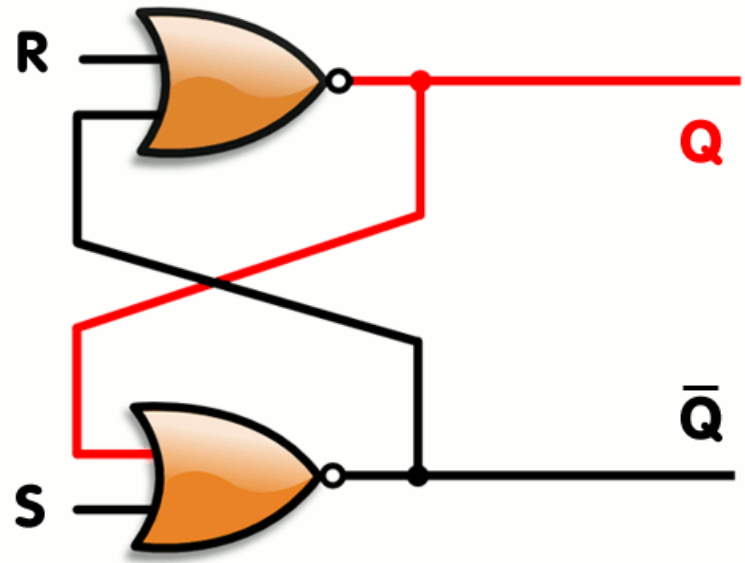
| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |




**Najbolj razširjena** so vrata **NAND in NOR** zaradi njune enostavnosti in cenovne ugodnosti
**Univerzalna vrata**: Druga vrata (NOT, AND, OR, ...) lahko sestavimo iz NAND in NOR

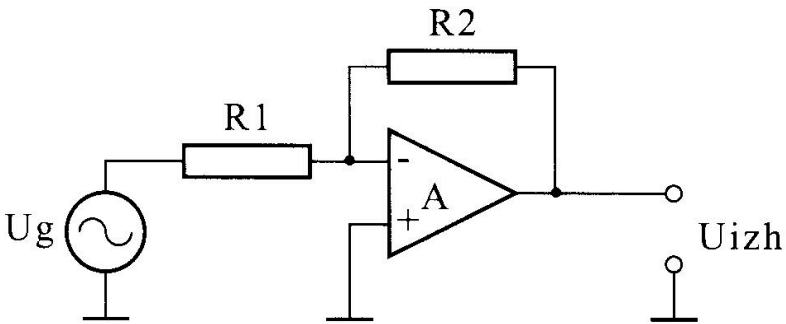
# Flip flop



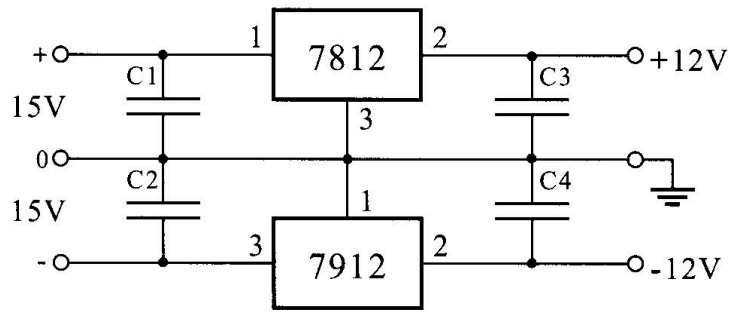



# Analogna integrirana vezja

Pri analognih integriranih vezjih **izhodni signal zvezno sledi spremembi vhodnega signala**



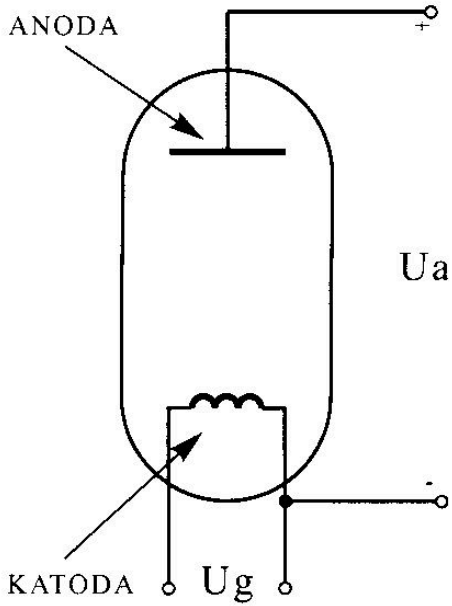

Operacijski ojačevalnik

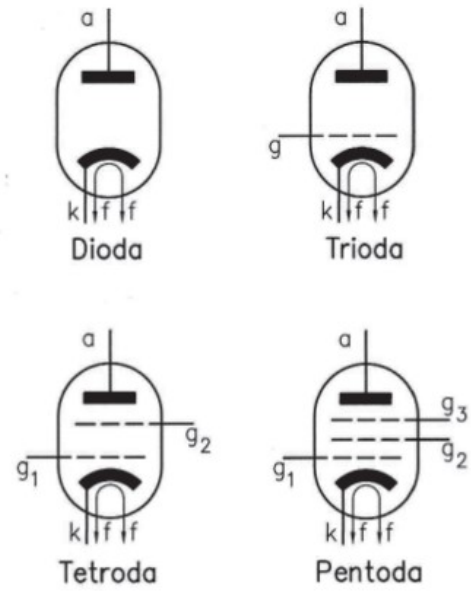



Stabilizirani napajalnik za simetrično napetost

# Elektronske cevi (elektronka)

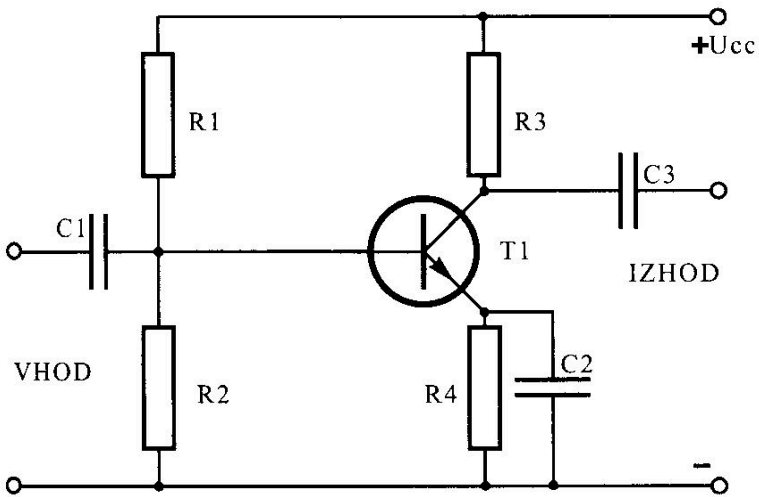
Kljub silnemu napredku tehnologije na področju tranzistorjev elektronske cevi še niso izgubile popolne veljave v **končnih stopnjah močnostnih ojačevalnikov**



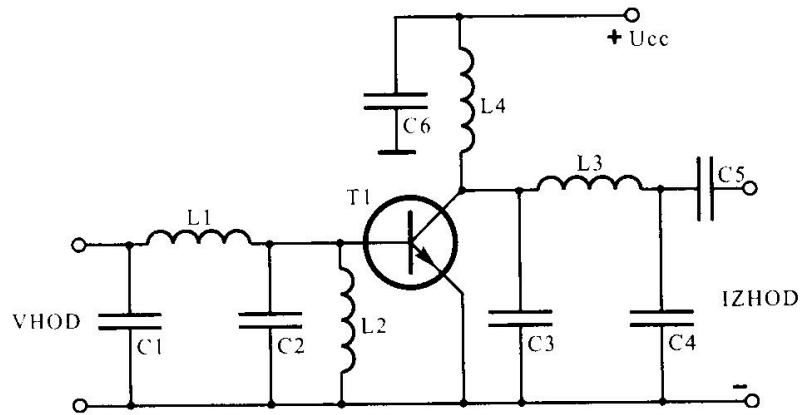



# NF in VF ojačevalnik

Preveliko **segrevanje** lahko privede do **uničenja ojačevalnika**, zato je potrebno poskrbeti za **primerno hlajenje**




Načelna shema NF ojačevalnika (zvok)



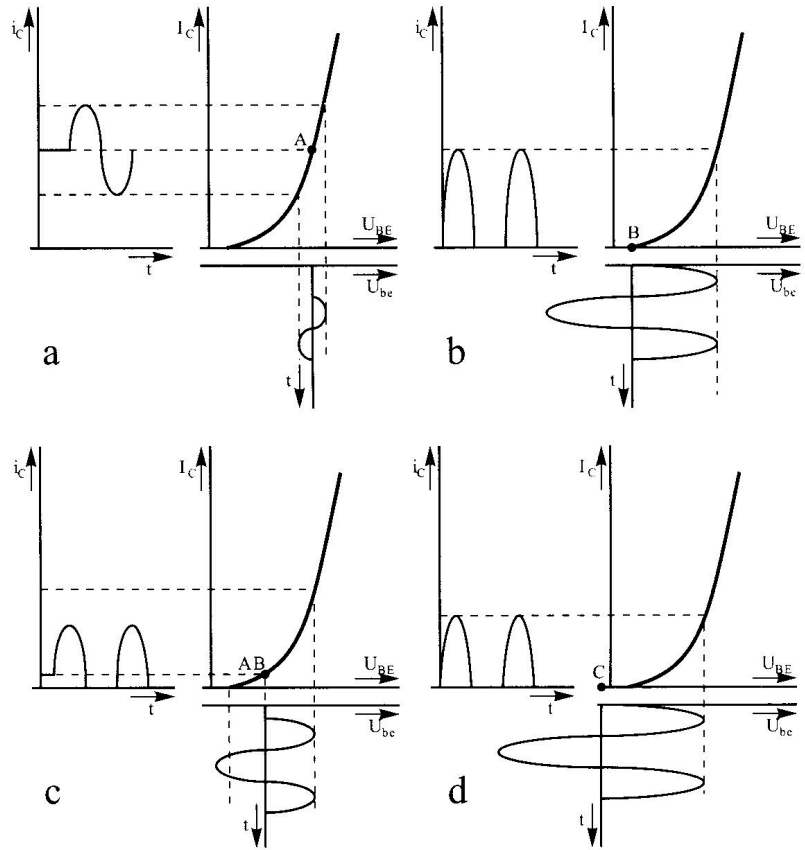

Načelna shema VF ojačevalnika (radijski signali)

# Razred delovanja ojačevalnikov

**Nastavitev delovne točke določa kvaliteto ojačevalnika**, predvsem glede **linearnosti**, pa tudi glede ojačenja toka $A_I$, napetosti $A_U$ in **izkoristka** $\eta$

Glede na **postavitev delovne točke ločimo**:

- Razred A
- Razred B
- Razred AB
- Razred C



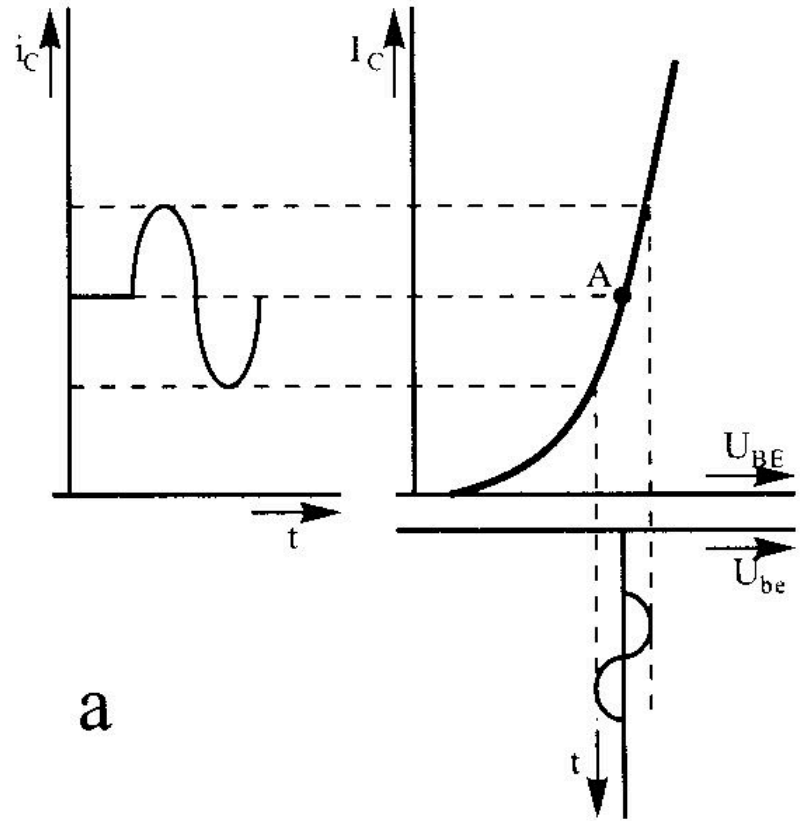
# Razred A

**Delovna točka**: se nahaja v linearnem delu $\frac{I_C}{U_{BE}}$ karakteristike, zato teče skozi tranzistor enosmerni kolektorski tok, ne glede na prisotnost vhodnega signala

**Izkoristek**: **zelo majhen** (30%), majhna izhodna moč

**Linearnost**: **popačenje najmanjše**, linearnost največja

**Uporaba**: v VF tehniki za SSB ojačevalce, QPSK, QAM ...



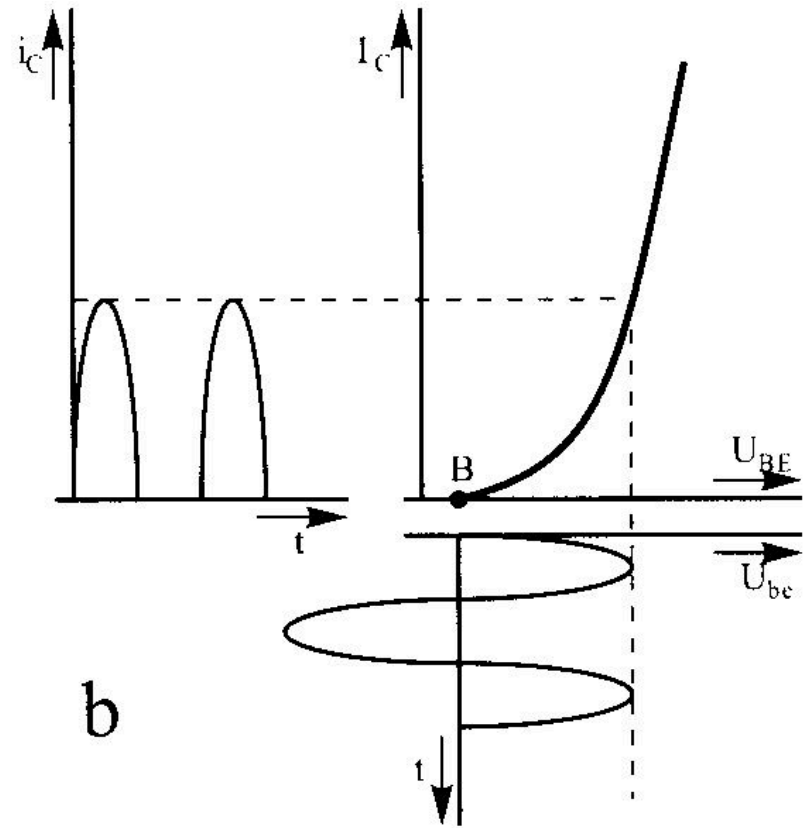
# Razred B

**Delovna točka**: se nahaja v spodnjem delu $\frac{I_C}{U_{BE}}$ karakteristike običajno v točki, kjer preneha teči kolektorski tok, ko ni na vhodu signala

**Izkoristek**: **dosti večji** kot v razredu A (65%), prav tako izhodna moč

**Linearnost**: **veliko popačenja**

**Uporaba**: v ojačevalnikih moči



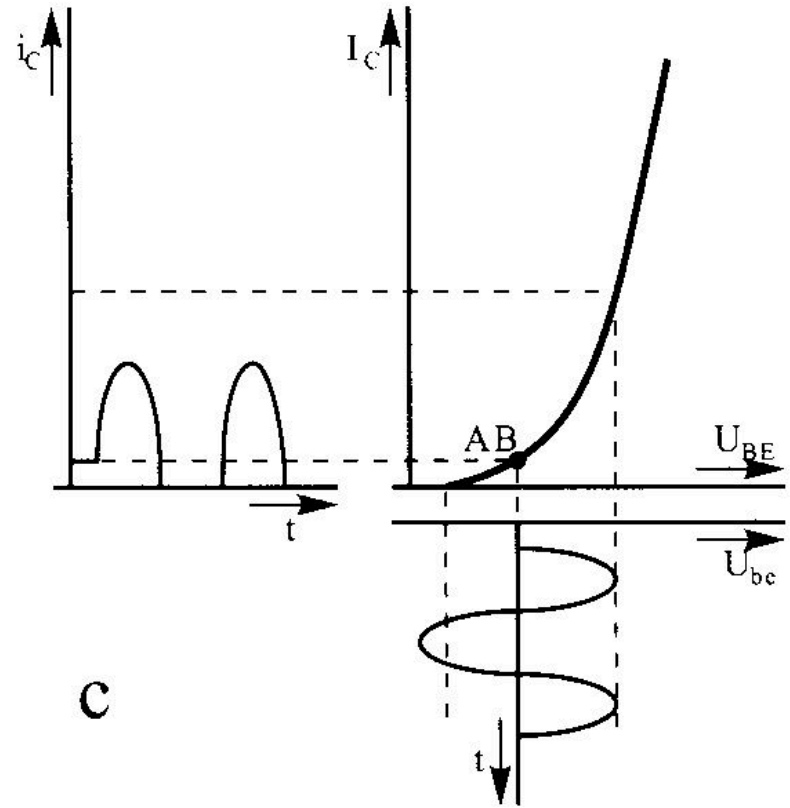
# Razred AB

**Delovna točka**: zaradi zakrivljenosti karakteristike $\frac{I_C}{U_{BE}}$ v njenem spodnjem delu, se popačenju ne moremo izogniti, zato v AB razredu delovno točko postavimo v vmesni položaj

**Izkoristek**: **med razredoma A in B** (50-60%)

**Linearnost**: **boljša kot B**, popačenje drastično zmanjša

**Uporaba**: ojačevanje napetosti in tudi moči



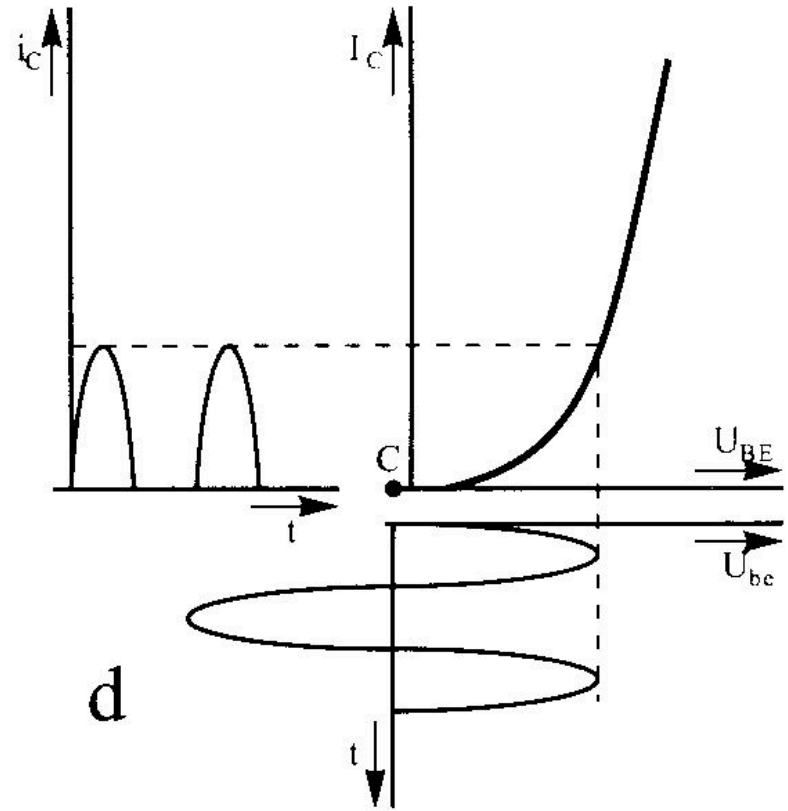
# Razred C

**Delovna točka**: se nahaja v zapornem področju tranzistorja

**Izkoristek**: **najboljši**, tok skozi tranzistor teče samo v vrhovih period vhodnega signala (80%)

**Linearnost**: **zelo slaba**, popačenja največja

**Uporaba**: primeren za signale kjer se ne spreminja amplituda (**CW**, **FM** in FSK), predvsem v VF tehniki, v NF vezjih ni uporaben



# Razred D

"Digitalen" način delovanja (PWM)

Zelo dober izkoristek

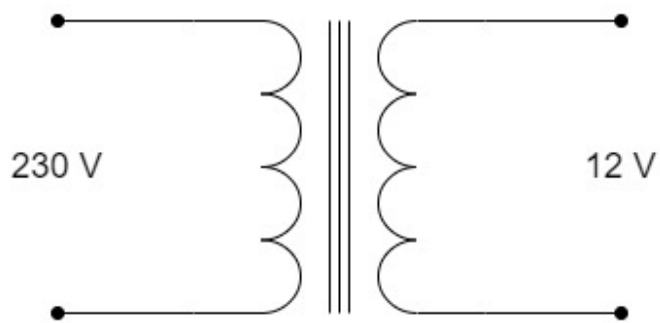
Linearnost / popačenje ni pomembno

# Napajalnik – usmernik

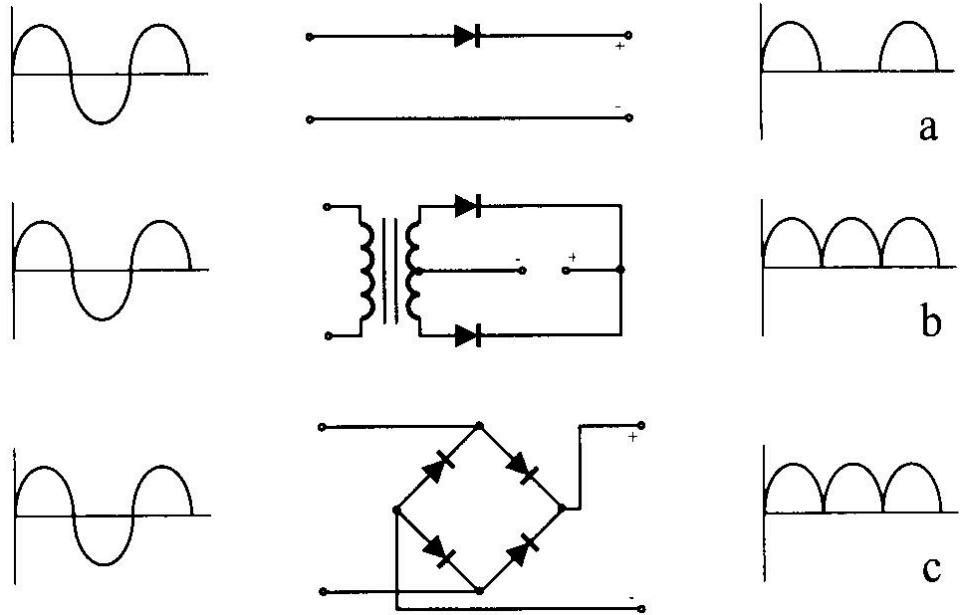
Imamo 230V izmenični vir napajanja, želimo pa 12V enosmerni tok

## Napetost znižamo

Izmenično napetost znamo znižati z uporabo transformatorja

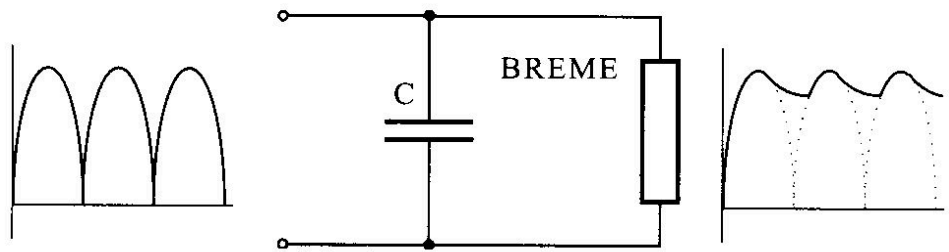


# Usmernik

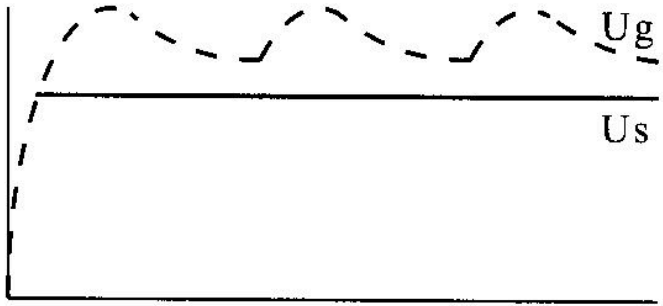



Polvalno in polnovalno usmerjanje

# Gladilnik

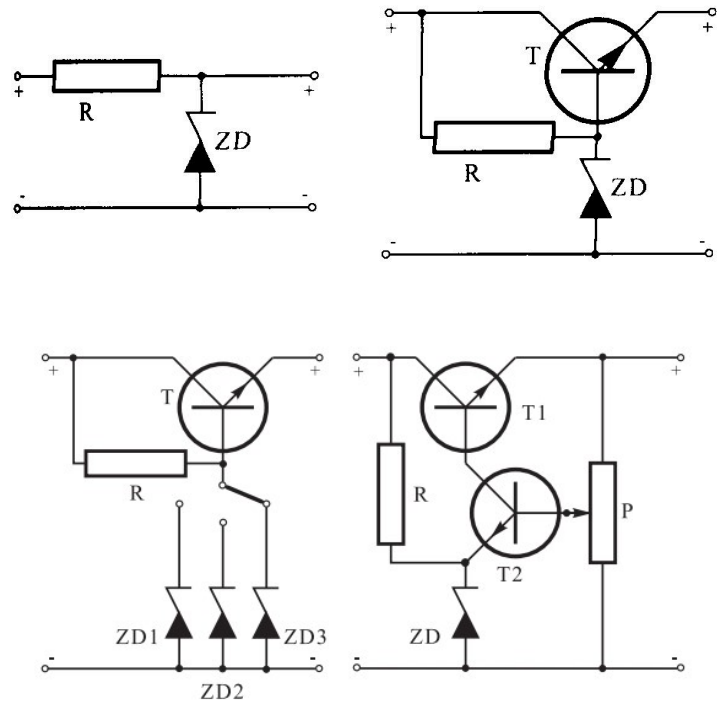


# Stabilizator




Ug - GLAJENA NAPETOST
Us - STABILIZIRANA NAPETOST

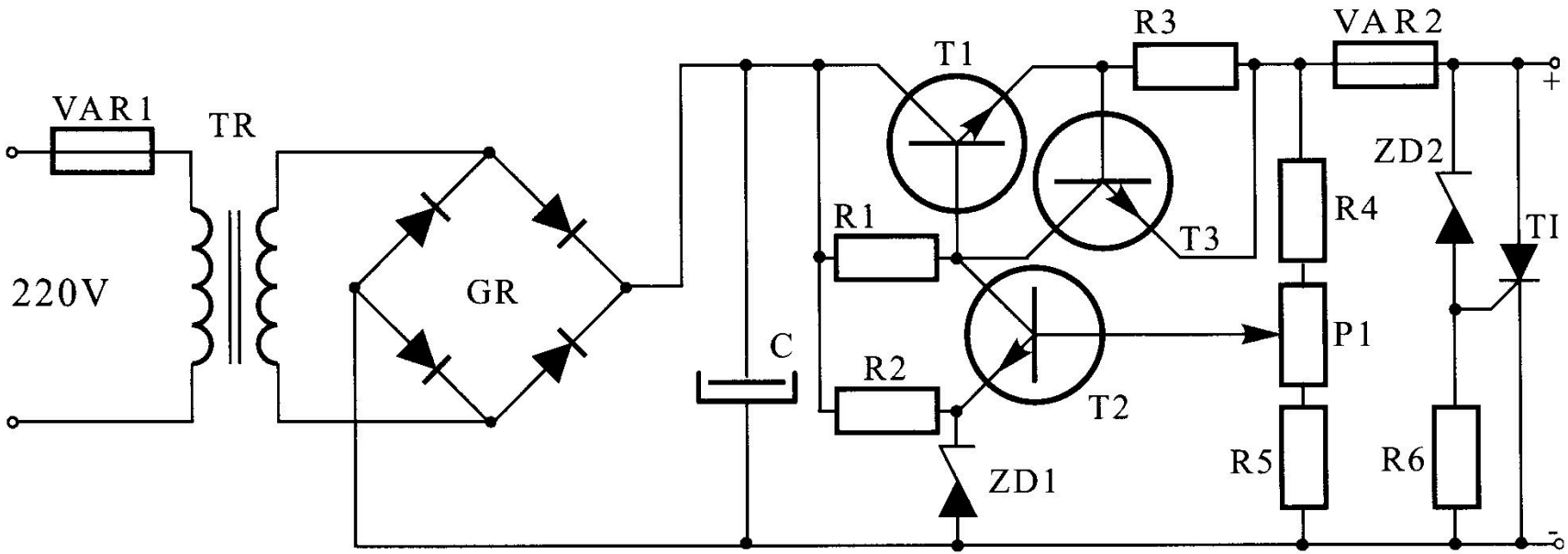
Glajena in stabilizirana napetost



# Zaščita

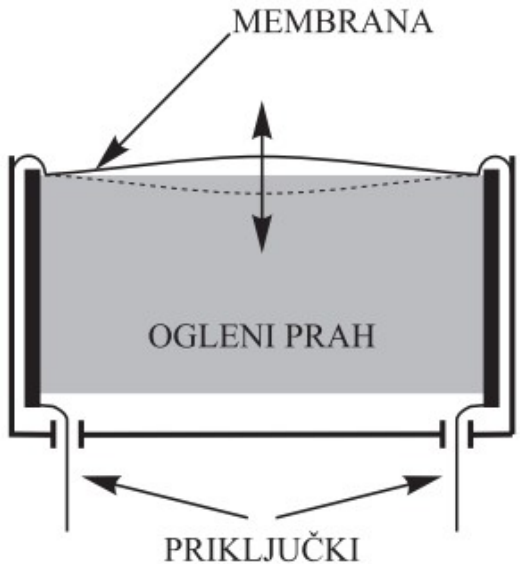
- Napajalnik zaščitimo pred prevelikim tokom / kratkim stikom
  - varovalka pred transformatorjem in pred izhodom
  - omejitev toka s tranzistorji
- Naprave na izhodu napajalnika zaščitimo pred preveliko napetostjo
  - zener dioda, tiristor in varovalka na izhodu

# Izvedba linearnega napajalnika

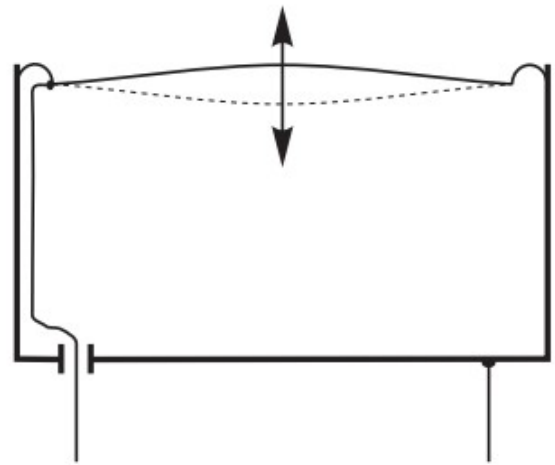


# Mikrofoni

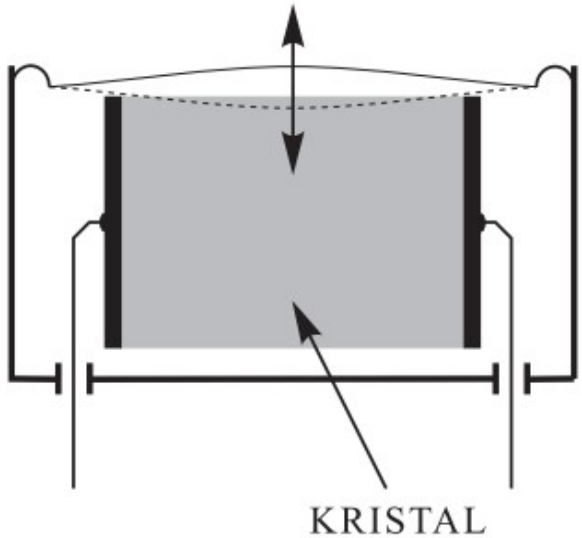
Mikrofon je naprava, ki zvočna nihanja pretvori v električno napetost



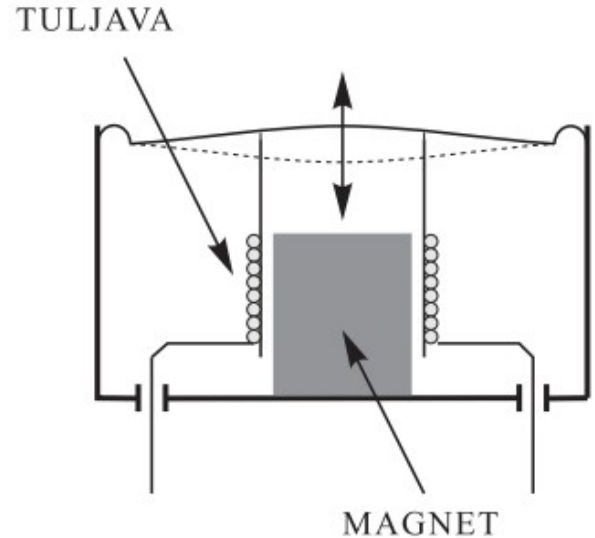

Ogleni mikrofon



Kondenzatorski mikrofon



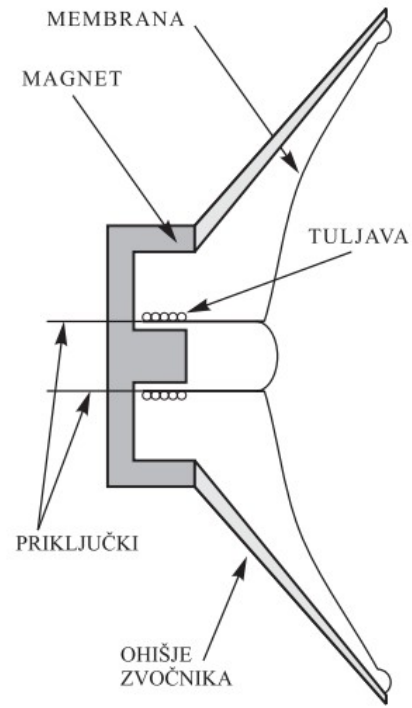

Kristalni mikrofon




Dinamični mikrofon

# Zvočnik

Električno napetost pretvarja v mehansko nihanje membrane



# Radiotehnika

# Signali

**Signali so nosilci informacij**

**Nosilni val** / Nosilni signal / Nosilec: Radijski val določene frekvence, ki “nosi” informacijo

**Modulacija**: postopek, s katerim nosilni val **opremimo z informacijo**

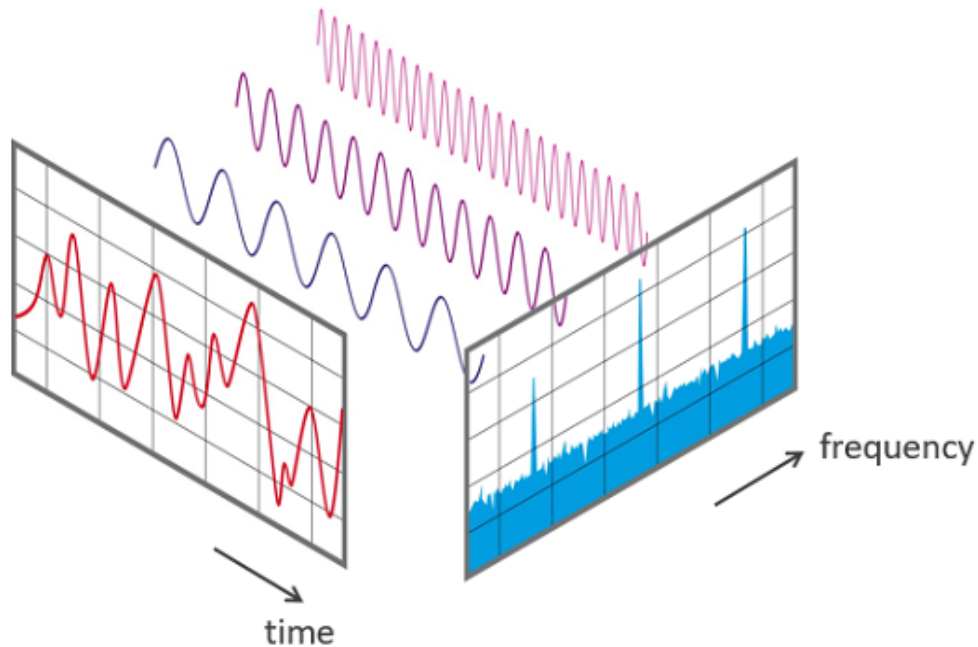
**Sinusni signal**:

- primeren za uporabo, ker se **pri prehodu skozi linearno električno vezje njegova oblika ne spremeni**
- Spremeni se mu lahko **le amplituda in faza**

VSAK signal lahko obravnavamo kot **vsoto sinusnih signalov različnih amplitud in frekvenc**

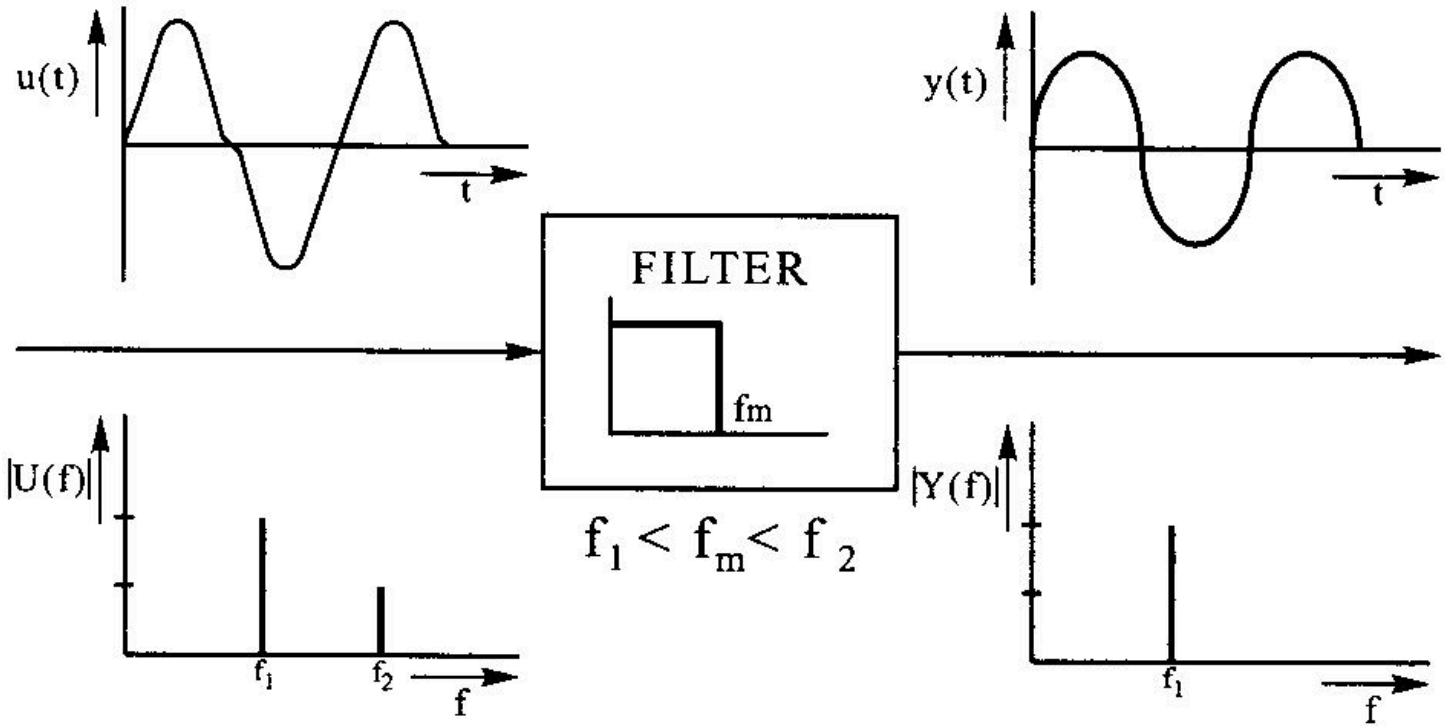
**Frekvenčni spekter**: podaja informacijo o zastopanih frekvencah signala, amplitudi

Frekvence sinusnih signalov, ki so večkratniki osnovne frekvence imenujemo **višje harmonske komponente** (harmoniki)



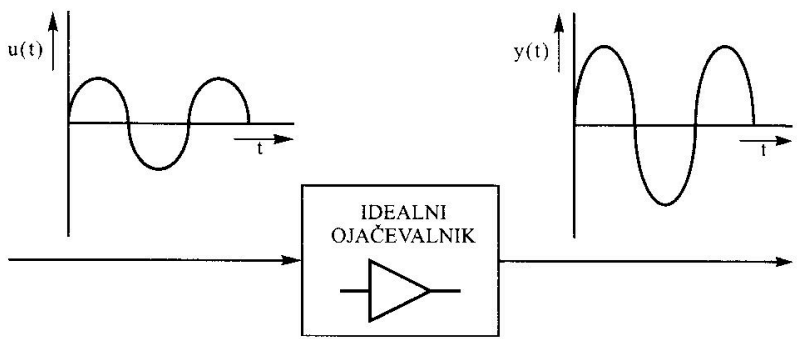
Fazni zasuk: **vsak filter povzroči fazni zasuk**!

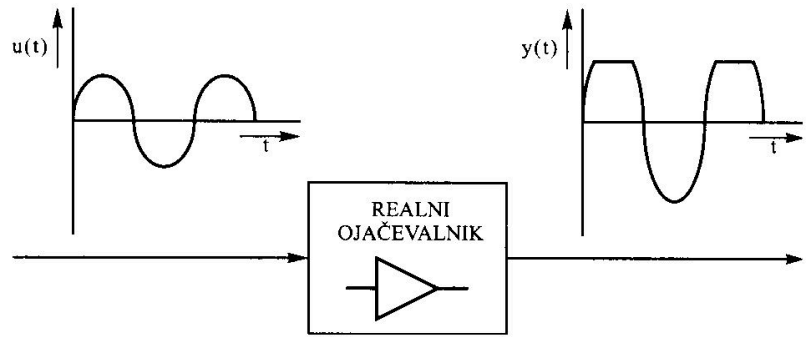
**Filtriranje signala**: izločitev določenih frekvenčnih komponent



Če želimo signalom spremeniti amplitudo jih ojačimo ali oslabimo.

- **Ojačevalnik**: naprava, ki signale ojača (poveča amplitudo)
- **Slabilnik** (**atenuator**): naprava, ki signale slabi (zniža amplitudo)



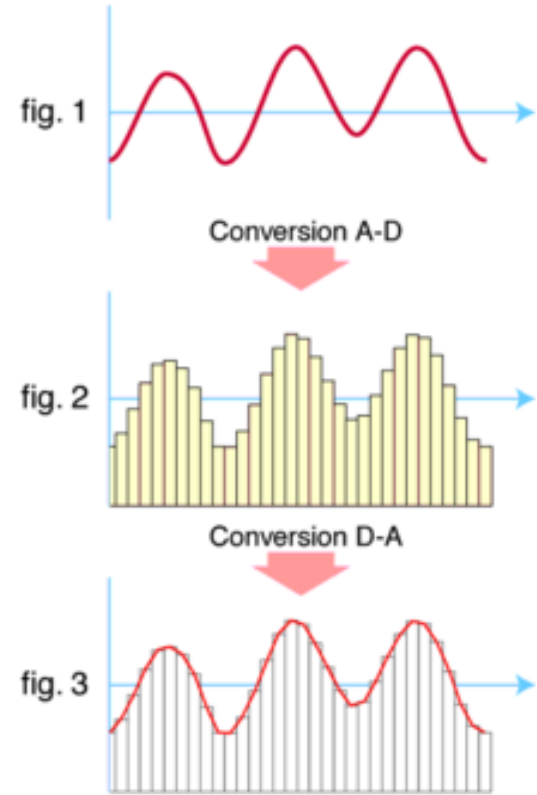



# Vzorčenje signalov

Pretvorba analognega signala v digitalnega z **A/D** pretvornikom imenujemo **vzorčenje**

**Minimalna vzorčevalna frekvenca** pri digitalni obdelavi signalov je enaka **dvakratniku najvišje frekvence vzorčenega signala**

- **Nyquistova frekvenca**



**Kvantiziranje**: vrednosti vzorca priredimo najbližje možne diskretne vrednosti

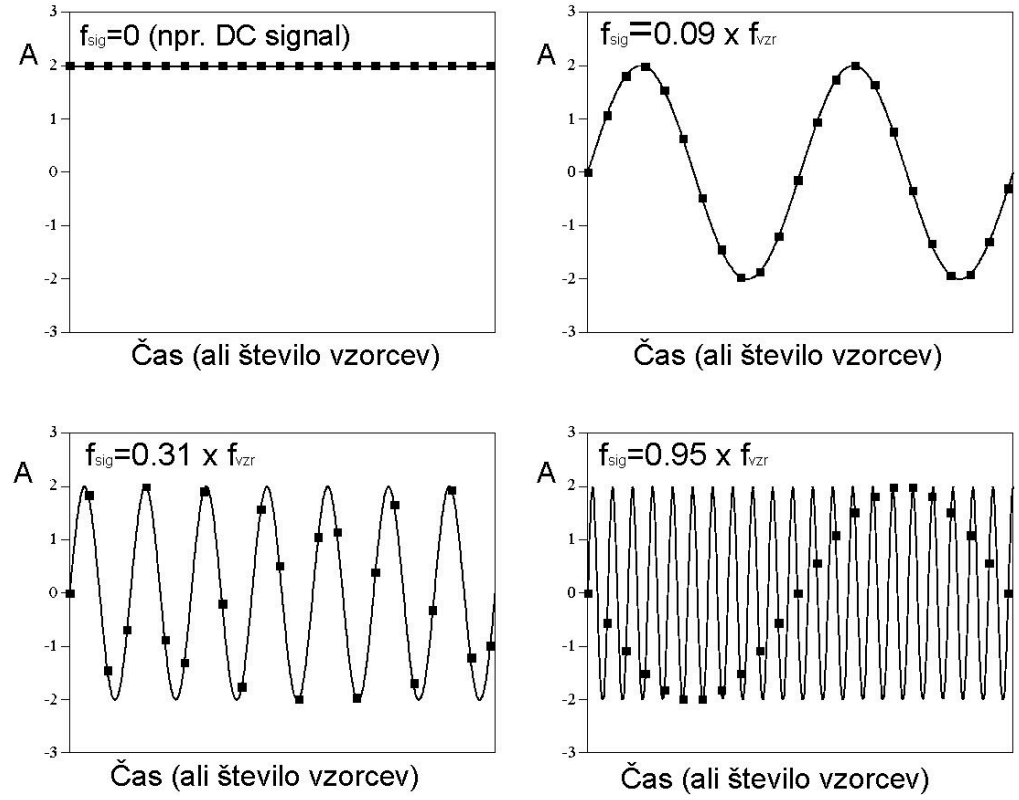
**Kvantizacijski nivo**

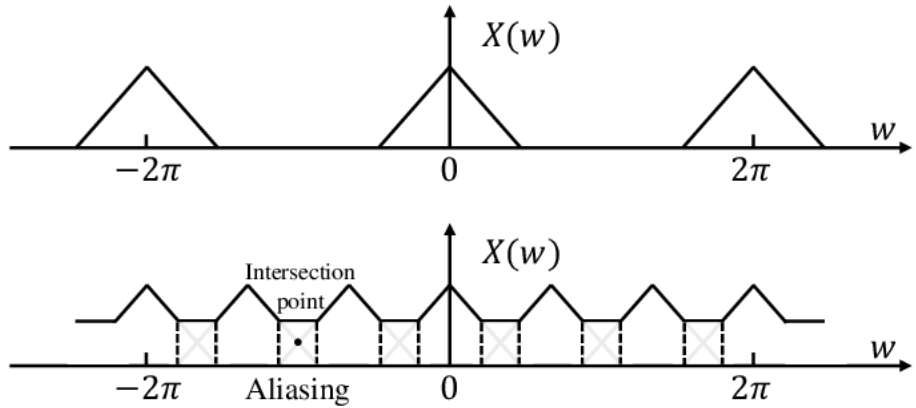
- Število kvantizacijskih nivojev $= 2^n$, $n$ je število bitov

**Kvantizacijski šum ali napaka**: negotovost ko na podlagi diskretne vrednost signala ni mogoče zagotovo sklepati na pravo vrednost prvotnega signala

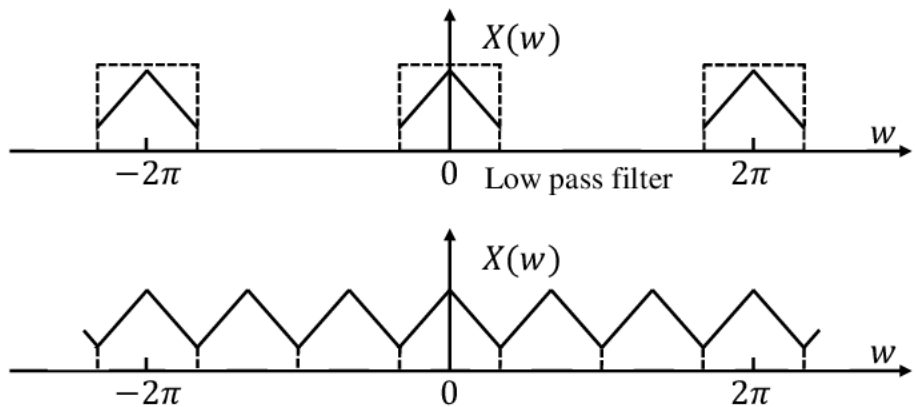
**Aliasing** (popačeno zaznavanje): spektralno prekrivanje pri vzorčenju analognega signala

**Anti-aliasing filter** (protiprekrivni filter): omeji pasovno širino vhodnega signala pred digitalno obdelavo






(a) Down-sampling without anti-aliasing




(b) Down-sampling with anti-aliasing

# Digitalno procesiranje signalov

DSP (Digital Signal Processing)

**Konvolucija**: rezultat matematične **kombinacije dveh signalov**, kjer dobimo kot rezultat tretji signal. Izredno pomembna operacija pri DSP.

Konvolucija: $y[n] = x[n] * h[n]$

Konvolucijska vrsta: $y[i] = \sum_{j=0}^{M-1} h[j] \cdot [i - j]$

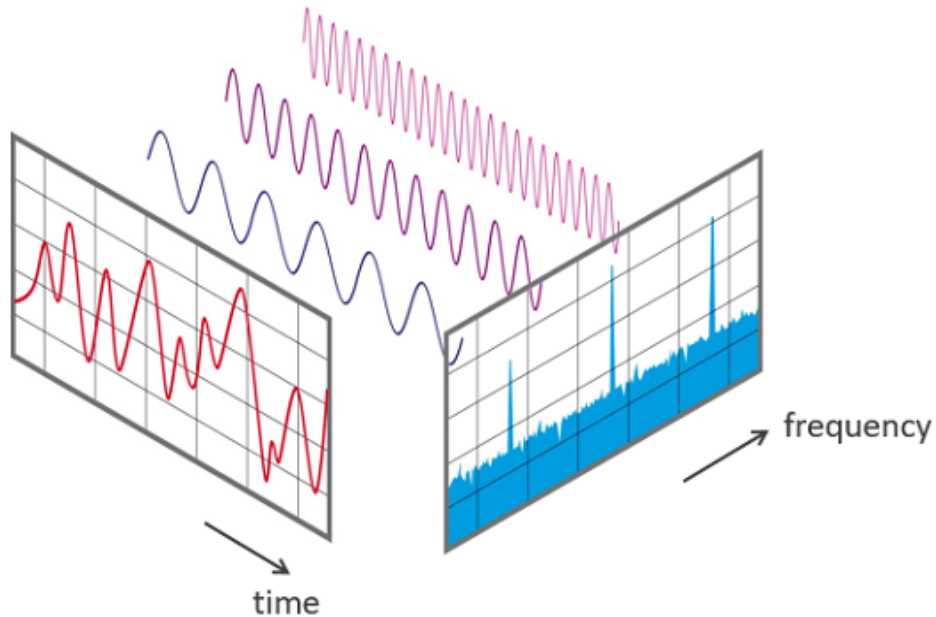
## Digitalni filtri

- **FIR** - filter s končnim impulznim odzivom
- **IIR** - filter z neskončnim impulznim odzivom

**Fourierova transformacija** - pretvorba signala iz časovnega prostora v frekvenčni prostor

**Diskretna Fourierova transformacija** (**DFT**) - z digitalnimi signali

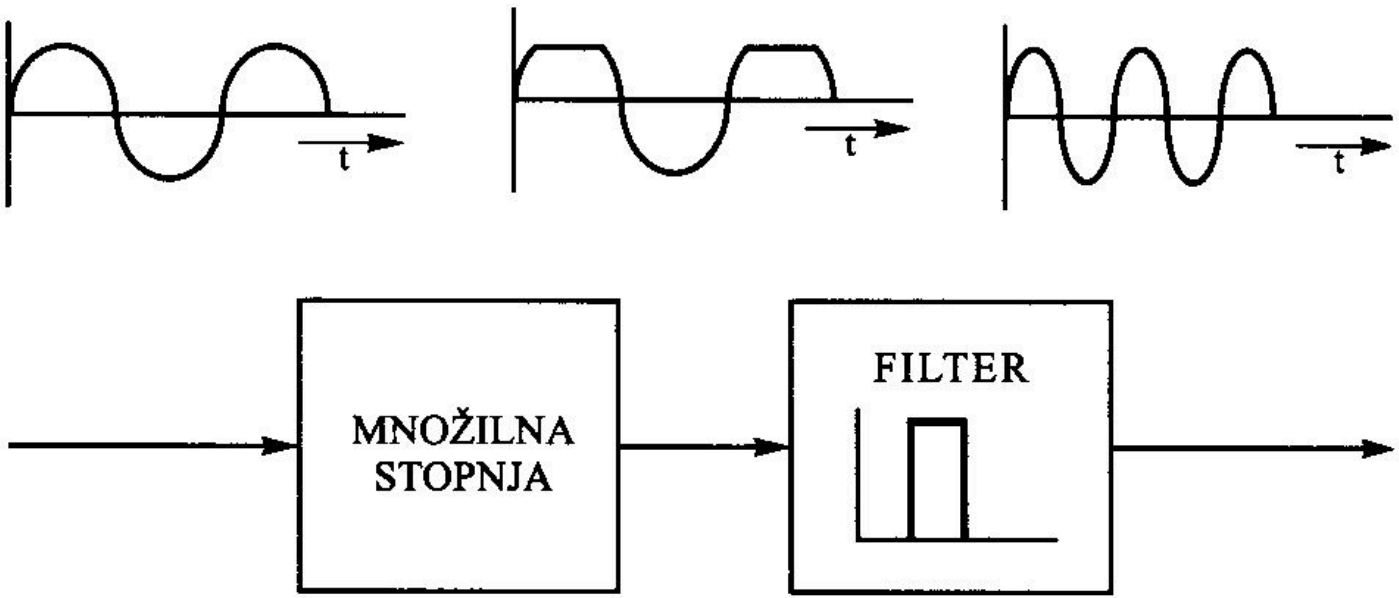
**Hitra Fourierova transformacija** (**FFT**) - učinkovitejša in hitrejša metoda za izračun DFT



# Množenje frekvenc

Lastnost ojačevalnikov, da popačijo signal (signal vsebuje višje harmonske komponente) nam pride prav pri tako imenovanem **množenju frekvenc**

**Množilna stopnja**: realni ojačevalnik v C razredu

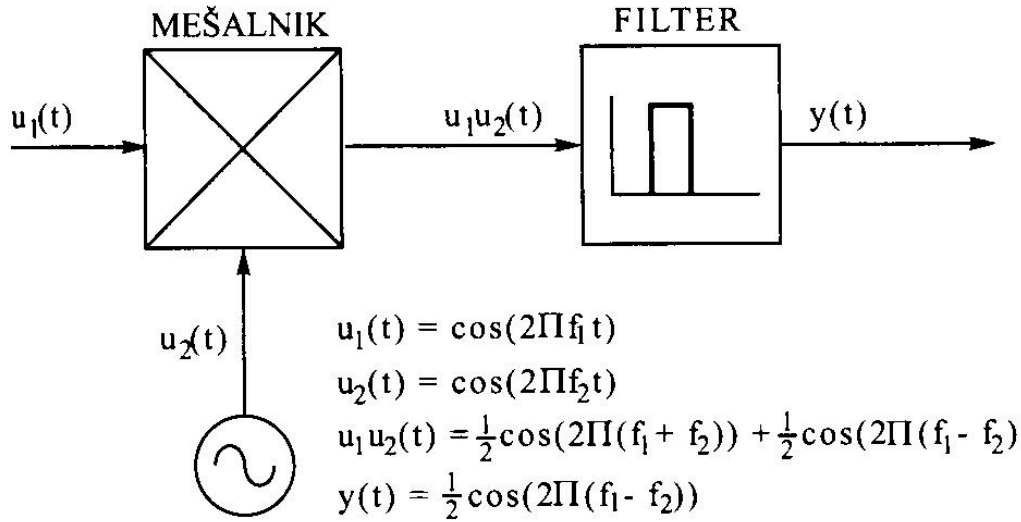


# Mešanje signalov

V mešalnik pripeljemo signal $f_1$ in $f_2$ , na izhodu mešalnika dobimo:

- $f_1 + f_2$ (mešanje navzgor)
- $f_1 - f_2$ (mešanje navzdol)

*V praksi se pojavijo še višje harmonske komponente*



# Primer

Če mešamo $f_1 = 576$ MHz in $f_2 = 144$ MHz dobimo na izhodu:

- $f_1 + f_2 = 720$ MHz
- $f_1 - f_2 = 432$ MHz

Če želimo samo 432 MHz ali 720 MHz, dodamo filter.

# Modulacija

Nosilec **moduliramo z informacijskim signalom**, postopek imenujemo **modulacija**.

Obratni postopek, ki **izlušči informacijo na sprejemni strani iz nosilca** imenujemo **demodulacija**.

$$u(t) = A \cdot \cos(2\pi f t + \varphi)$$

Za prenos informacije spreminjamo enega od parametrov:

- amplitudo → **Amplitudna** modulacija (**AM**, A3E)
- frekvenco → **Frekvenčna** modulacija (**FM**, F3E)
- fazo → **Fazna** modulacija (**PM**, G3E)

# Pasovna širina

Bandwidth

Če se signal s časom **hitro spreminja**, potem ima **širok frekvenčni spekter** oz. zahteva veliko **pasovno širino**!

Pasovna širina in frekvenca nosilca sta tesno povezani: Večja kot je pasovna širina, višja mora biti frekvenca nosilca

Pasovna širina realnega vzporednega nihajnega kroga, ki ima Q faktor od 10 do 100, se giblje od 1 do 10% okrog resonančne frekvence.

$$0.01 < \frac{B}{f_c} < 0.1$$

$B$ – pasovna širina

$f_c$ – frekvenca nosilca

Prenos informacij **omejuje tudi šum**.

Zgornja meja zmogljivosti komunikacijskega sistema:

$$C = B \cdot \log\left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

$C$ – kapaciteta kanala
$B$ – pasovna širina
$\frac{S}{N}$ – razmerje signal/šum

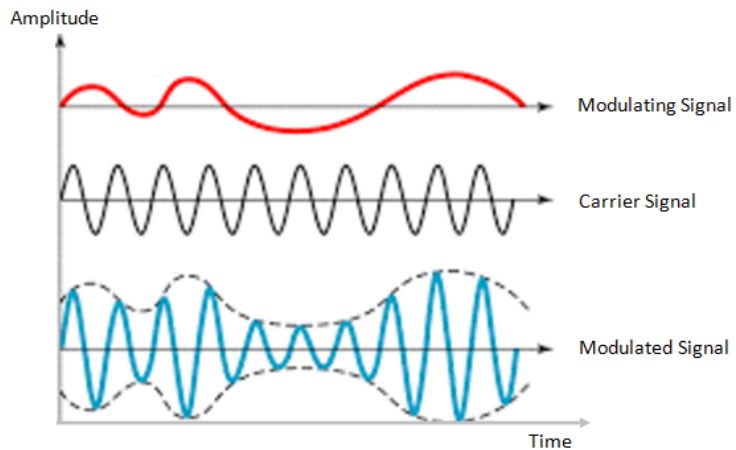
# Amplitudna modulacija – AM

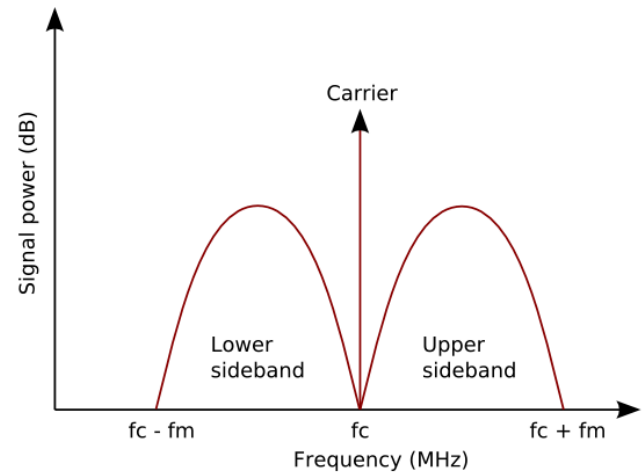
Spreminjamo **amplitudo nosilca**

Pasovna širina AM signala:

$B = 2 \cdot W$

$W$ – pasovna širina modulacijskega signala



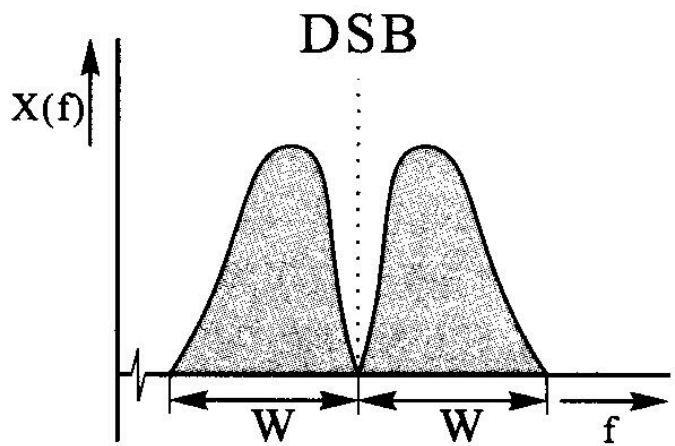



# Double-SideBand – DSB

AM brez nosilca

Izkaže se, da pri AM modulaciji najmanj 50% moči porabimo za nosilec, ki sploh ne nosi nobene informacije.

Nosilec potlačimo DSB-SC (Double-SideBand Suppressed-Carrier) ali krajše **DSB**.

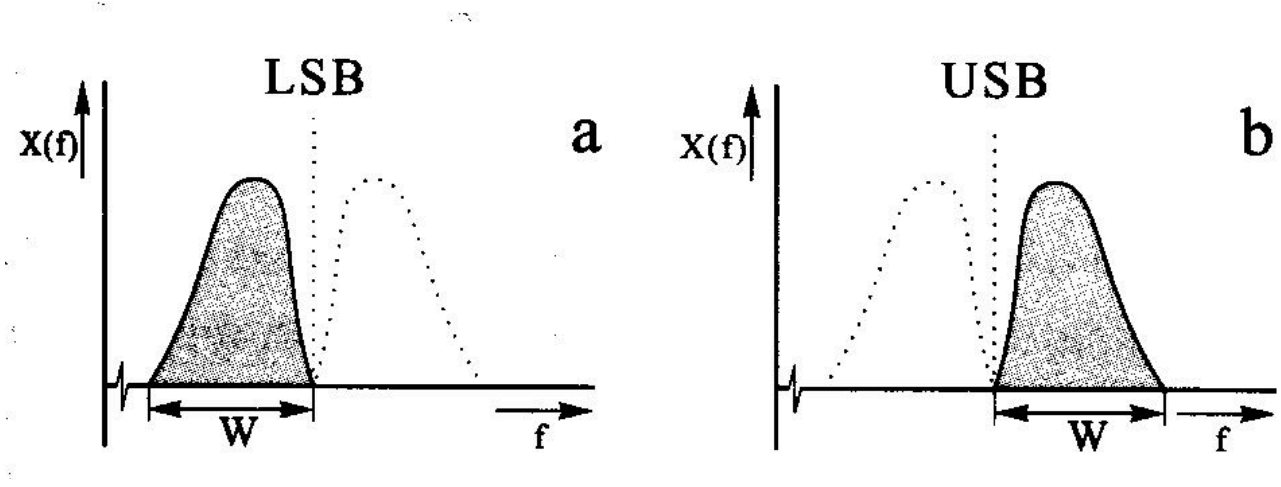


# Single-SideBand – SSB

Polovica DSB

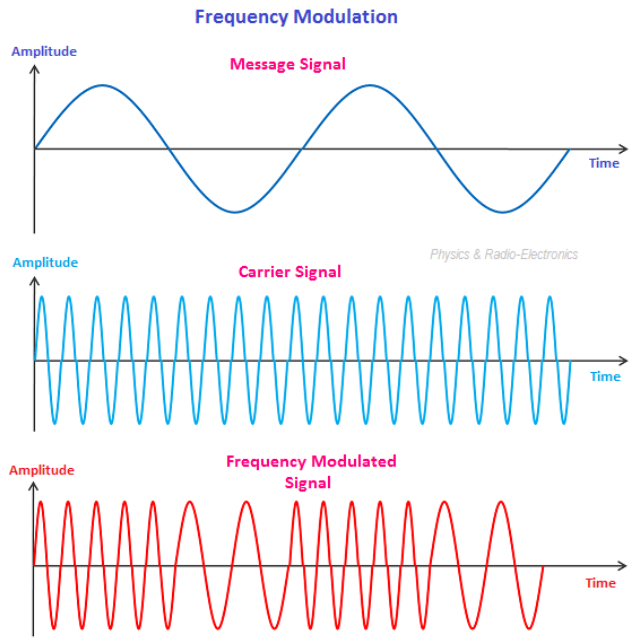
Da privarčujemo še na pasovni širini signala odstranimo še enega od bočnih pasov, saj na obeh prenašamo enako informacijo in dobimo enobočno modulacijo, ki jo označimo s **SSB** (single-sideband).

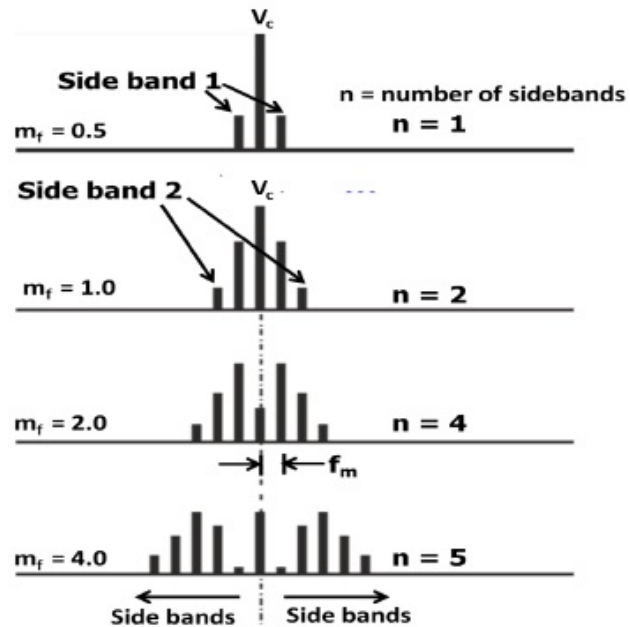
- **LSB** – spodnji bočni pas (lower sideband)
- **USB** – zgornji bočni pas (upper sideband)



# Frekvenčna modulacija – FM

Spreminjamo **frekvenco nosilca**



Pasovna širina FM signala:

$B = 2 \cdot W + 2 \cdot D$

$W$ – max frekvenca modulacijskega signala

$D$ – frekvenčna deviacija

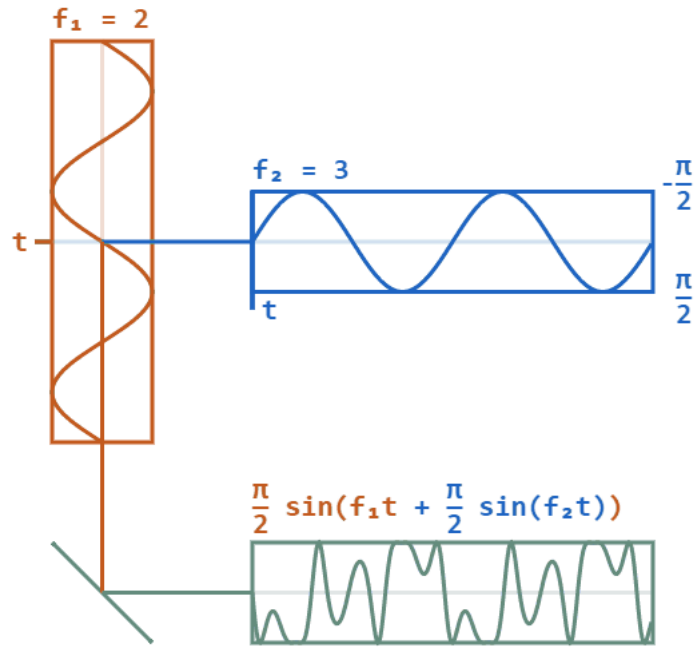
**Frekvenčna deviacija** je definirana kot **največji odmik frekvence FM signala od nosilne frekvence** in je sorazmerna amplitudi modulacijskega signala.

# Fazna modulacija – PH

Spreminjamo **fazo nosilca**

Ker spreminjamo fazo, spreminjamo tudi frekvenco, zato se tudi pri fazni modulaciji **pojavi frekvenčna deviacija**

Ogled animacije je možen na:
https://en.wikipedia.org/wiki/Phase_modulation

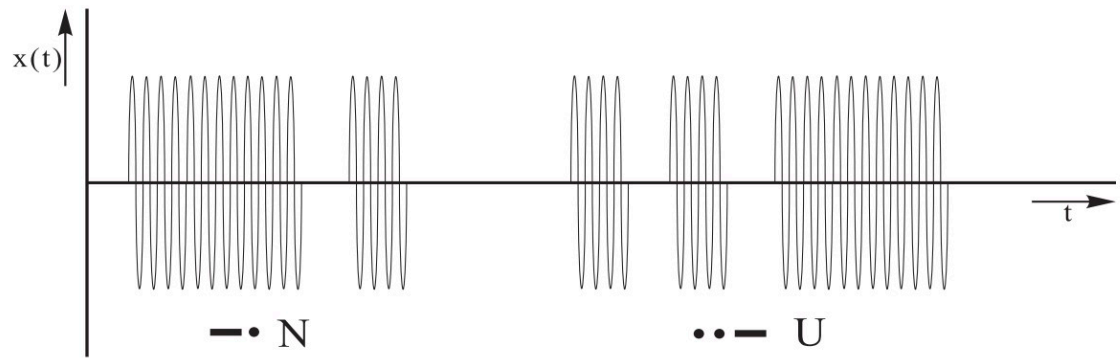


# Telegrafija (CW)

Continuous wave

Najpreprostejši način moduliranja nosilnega vala.
**Nosilec** preprosto **vklapljamo in izklapljamo** v ritmu vnaprej dogovorjenih znakov (Morse-kod).

Ima **najmanjšo pasovno širino** (100 Hz), oddajamo/sprejemamo samo eno frekvenco.



# Radijski oddajnik

Oddajanje radijskih signalov

**Radijski oddajnik**: naprava, ki ustvari radiofrekvenčni signal, ga opremi z informacijo, ojača in nato pošlje v anteno, kjer se izseva v prostor

Elektronski sklopi, ki proizvajajo radiofrekvenčne (RF) signale:

- električni oscilatorji
- RF sintetizatorji

# Oscilatorji

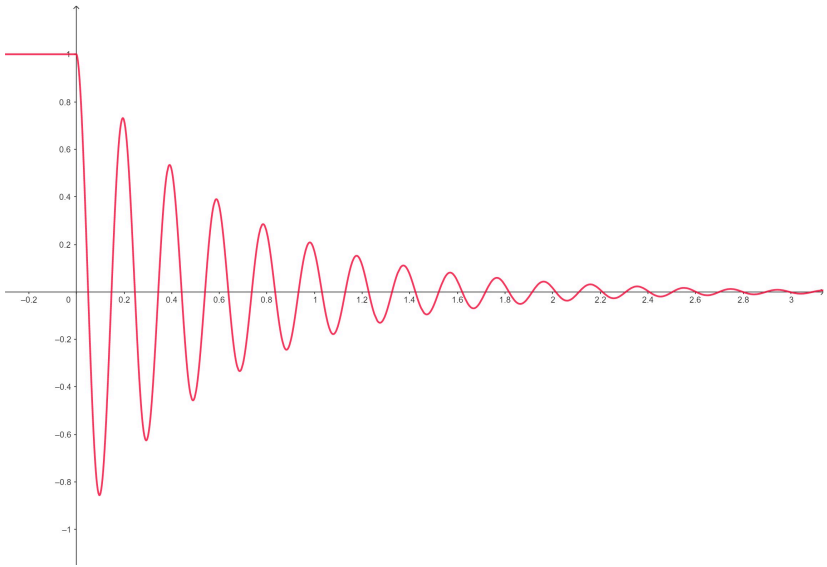
Električni **oscilator**: **izvor izmeničnih tokov** ali napetosti **določene frekvence**

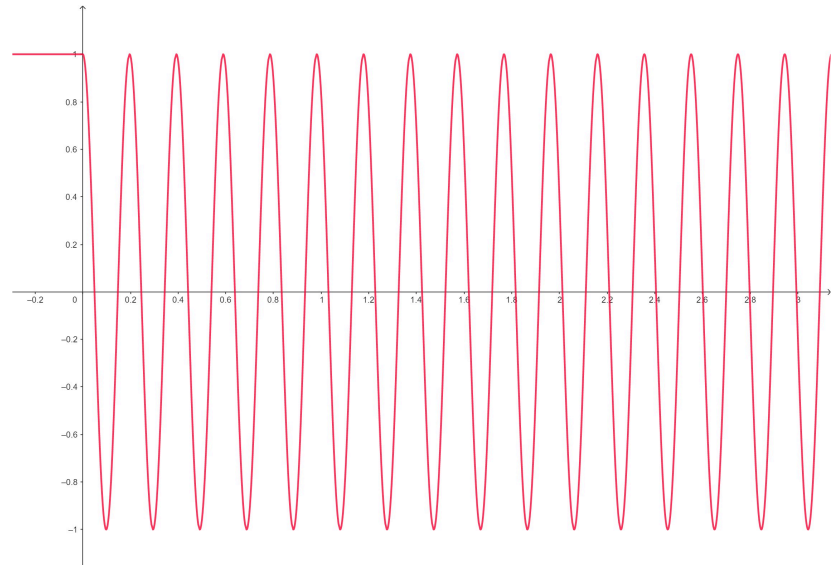
Oscilator na področju radijskih frekvenc → RF oscilator

Prva stopnja oddajnika, določa frekvenco na kateri bo oddajnik deloval

Če nihajnemu krogu dovedemo začetno energijo, ta zaniha (dušeno).

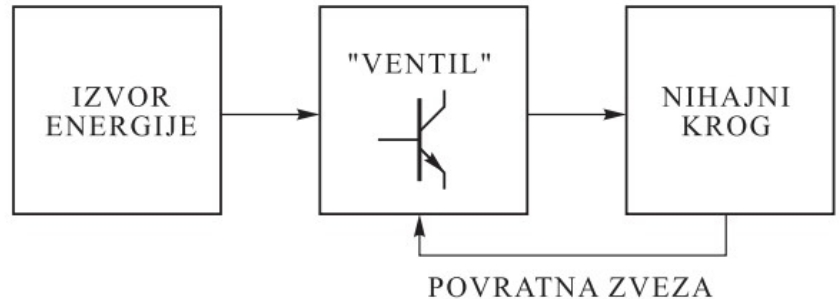
Želimo nedušeno nihanje → oscilator



# Osnovni elementi oscilatorja

- **Izvor energije**
  - enosmerne napetosti
- **Nihajni krog**
  - določa frekvenco
- **"Ventil"** (tranzistor ali elektronka)
  - dovajanje energije nihajnemu krogu
- **Povratna zveza**



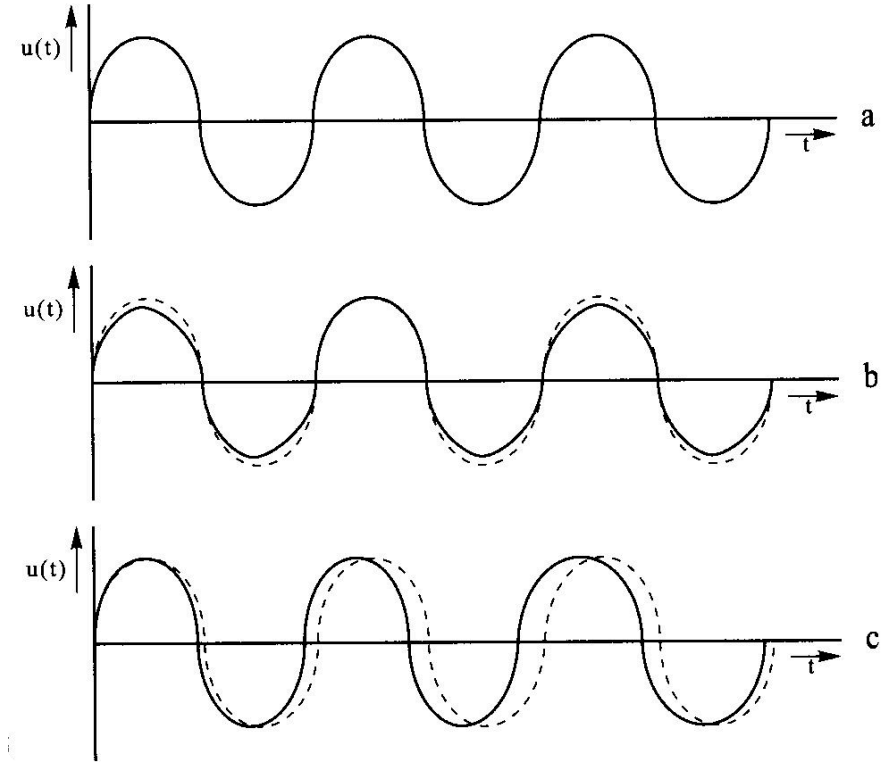
# Realni oscilatorji

**Amplitudni šum**: nezaželeno spreminjanje amplitude

**Fazni šum**: nezaželeno spreminjanje faze

Dobremu oscilatorju se frekvenca čimmanj spreminja (je **stabilen**), nanj vplivajo:

- mehanska in električna izvedba
- starost
- temperaturne spremembe



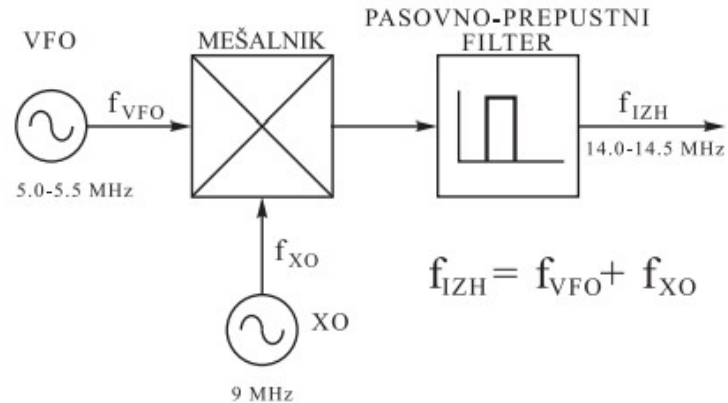
# Vrste oscilatorjev

- **Kristalni** oscilatorji (**XO**)
- **Kristalni** oscilatorji **spremenljive frekvence** (**VXO**)
  - kristalu zaporedno/vzporedno vežemo spremenljiv kondenzator ali zaporedno tuljavo
- Oscilator **spremenljive frekvence** (**VFO** – Variable Frequency Oscillator)
  - LC nihajni krog, zaporedno vežemo spremenljiv kondenzator
- **Napetostno kontroliran** oscilator (**VCO** – Voltage Controlled Oscillator)
  - LC nihajni krog z varaktorsko (varicap) diodo

# Heterodinski oscilator

"Heterodyning" – kombiniranje ali mešanje dveh signalov

Zgornja meja VFO-ja z dobro stabilnostjo: 7-10 MHz




Pri višjih frekvencah se uporablja **heterodinski oscilator** (Heterodyne oscillator)

Signal iz **VFO**-ja **mešamo s** signalom **XO** (kristalnega oscilatorja) in nato **s filtrom izločimo signal želene frekvence**

# RF sintetizatorji

Danes vlogo VFO prevzeli frekvenčni sintetizatorji:

- PLL sintetizator
- DDS sintetizator
- Kombinacija obeh

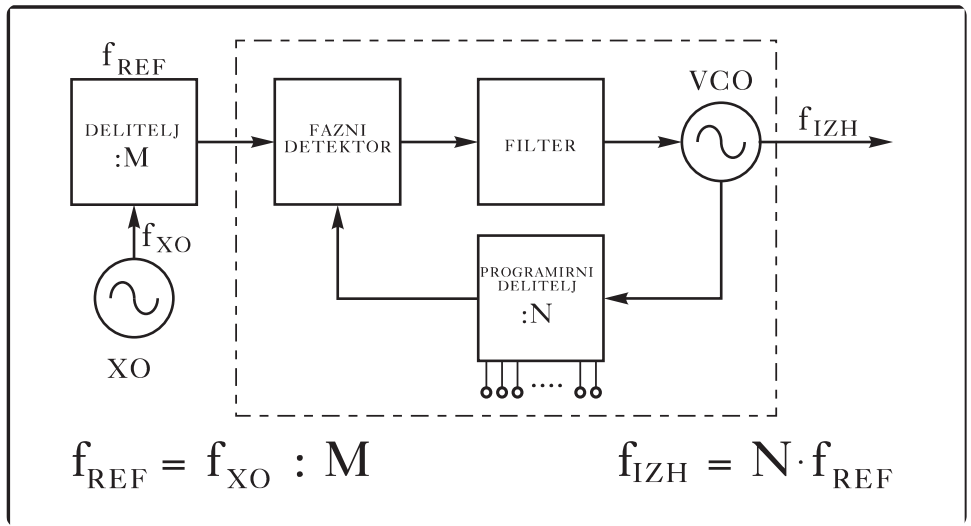
# PLL sintetizator

**PLL** – Phase-Locked Loop

Uporabimo **VCO**, ki ga **s pomočjo povratne zanke stabiliziramo** (fazno sklenjena zanka)

Frekvenco **nastavljamo digitalno s programiranjem programirnega delitelja**

Referenčna frekvenca ($f_{\mathrm{REF}}$) določa najmanjši frekvenčni korak



# Primer PLL sintetizatorja

Imamo PLL sintetizator. Zanka se je že ujela. Referenčna frekvenca je 100 kHz, programirni delitelj pa je nastavljen tako, da deli s 128. Kolikšna je izhodna frekvenca?

$$f_{\mathrm{IZH}} = N \cdot f_{\mathrm{REF}}$$

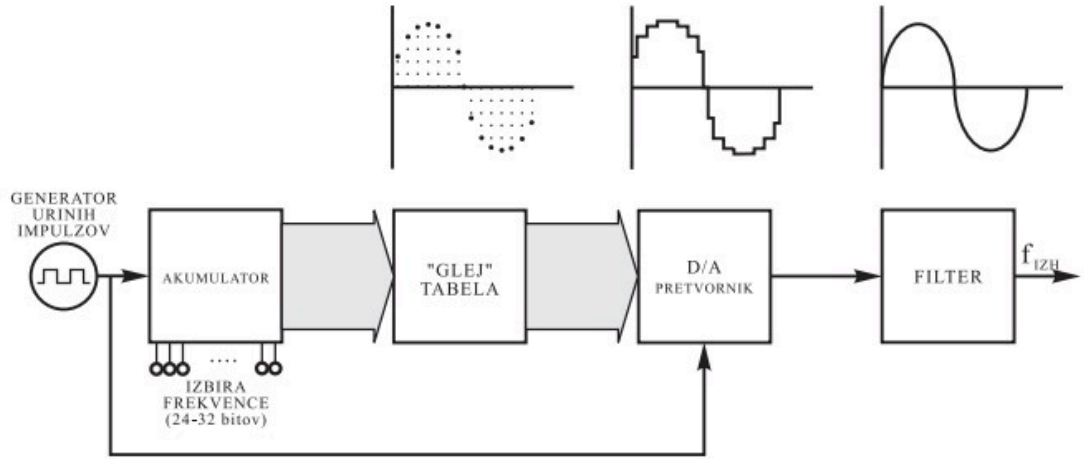
$$f_{\mathrm{IZH}} = 128 \cdot 100\ \mathrm{kHz} = 12800\ \mathrm{kHz} = 12.8\ \mathrm{MHz}$$

# Direktni digitalni sintetizator – DDS

Vrednosti sinusa vnaprej izračunamo in jih shranimo (v "glej tabeli")

Ko preberemo iz tabele, pretvorimo v analogni signal in ga filtriramo

Frekvenco določa generator urnih impulzov (clock)



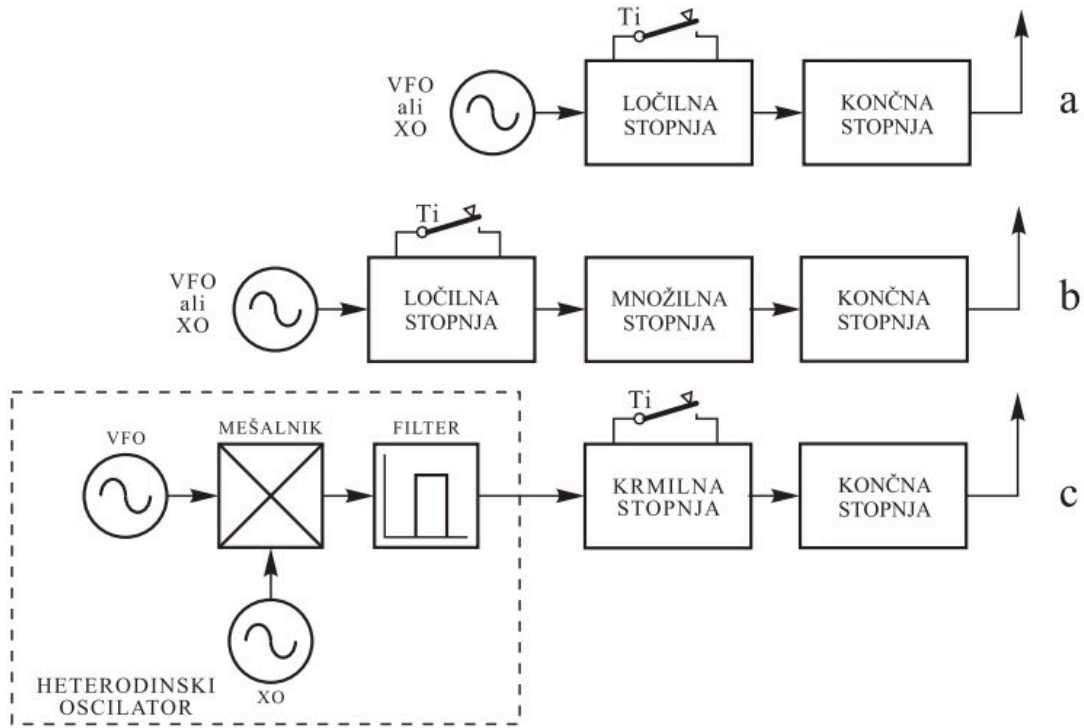
# Zgradba oddajnika

- **Oscilator**
- **Ločilna stopnja** (Buffer)
  - prepreči vpliv naslednje stopnje na oscilator
- **Krmilna stopnja** (Driver)
  - ojača signal na moč pri kateri bo delovala končna stopnja
- **Končna stopnja** (PA – Power Amplifier)
  - ojača signal in filtrira višje harmonike
  - izkoristek: 40-70%

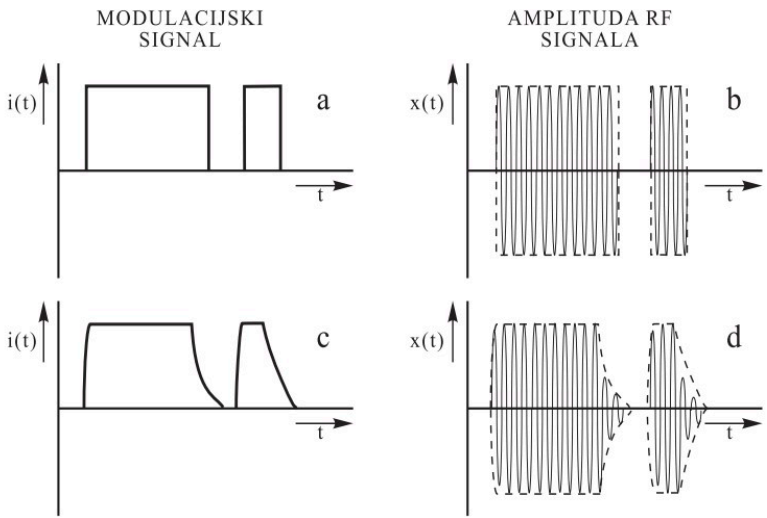
Vse stopnje morajo biti impedančno prilagojene → za največji prenos moči

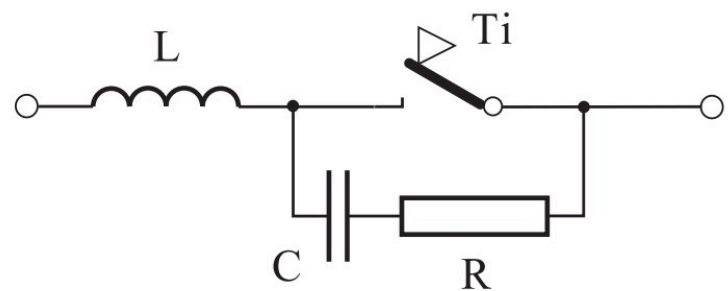
# CW oddajniki

Ojačevalnik razreda C



# "Klik" in "Anti-klik" filter



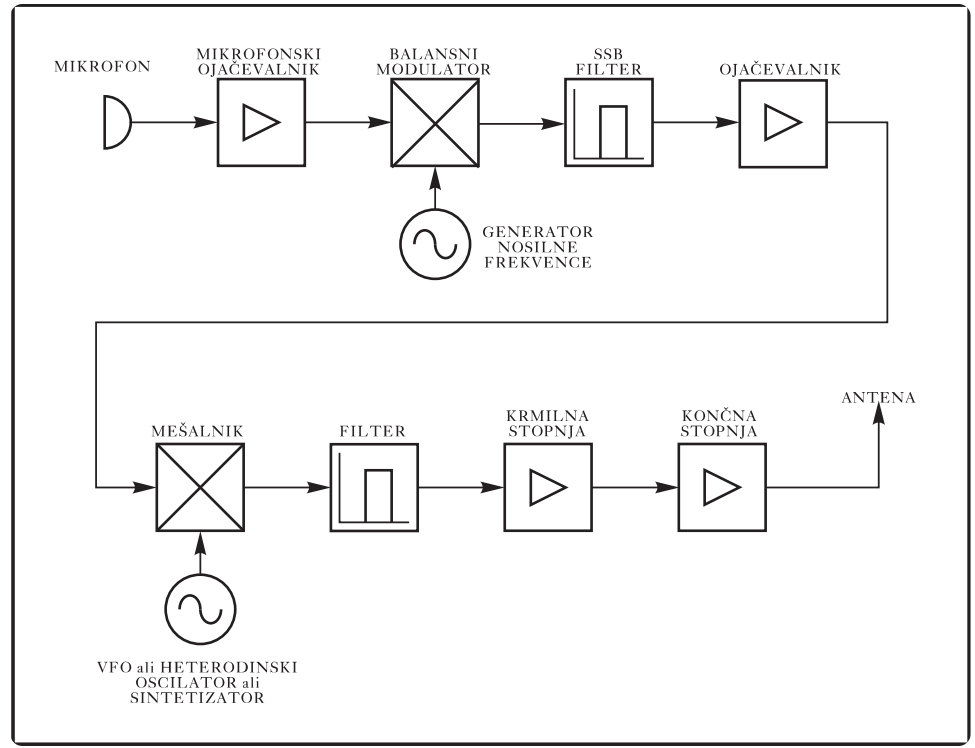



# SSB oddajniki

**Balansni modulator**, vhodni modulacijski signal in nosilni val → DSB signal

DSB signal s SSB filtrom (kristalni, 1.8 – 3 kHz) pretvorimo v USB ali LSB signal

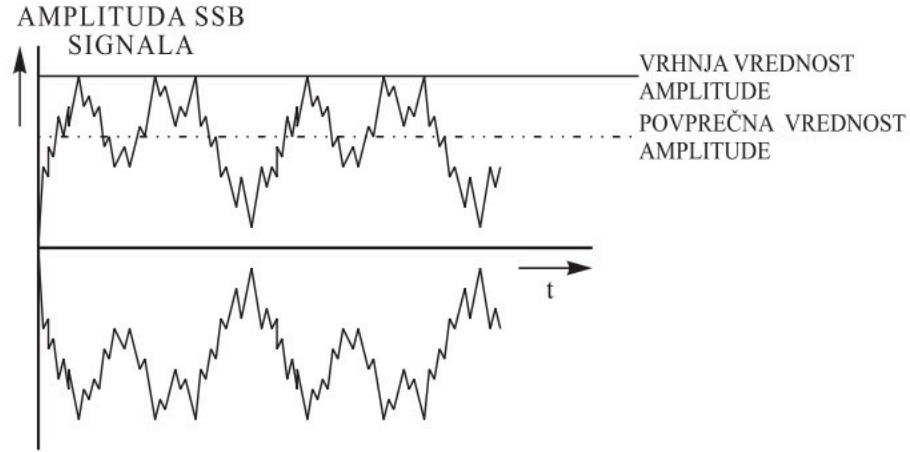
Ojačevalnik razreda A ali AB



# Ovojnica SSB signala

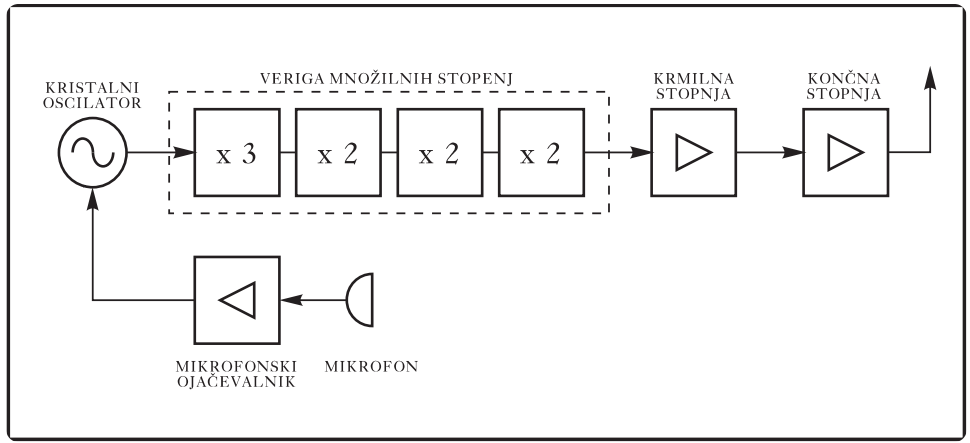
Želimo da je razlika med vrhnjo in povprečno vrednostjo amplitude čim manjša

- Audio **clipper**: **poreže vrhove** zvočnega signala
- Audio **compressor**: **drži** zvočni **signal v določenem območju**
  - ojačevalnik s povratno vezavo
- Obstajata tudi RF clipper in RF compressor oz. **ALC** (Automatic Level Control)

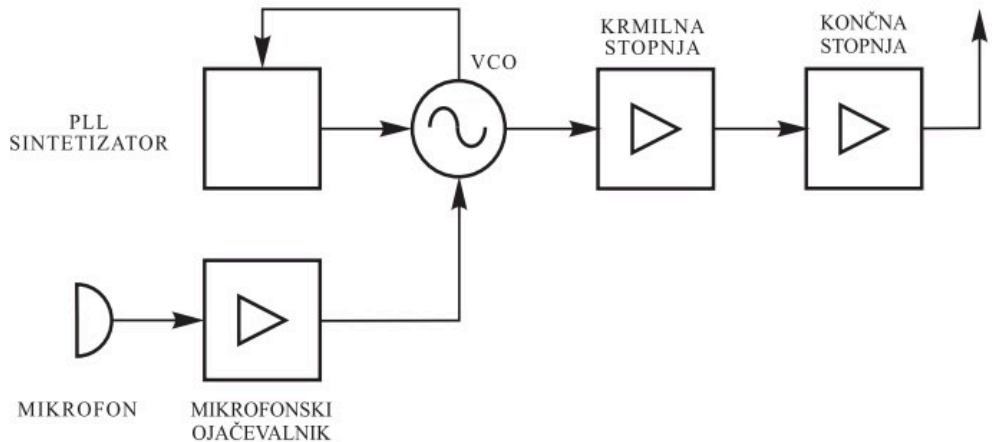


# FM oddajniki

- Kvaliteten prenos govora
- Ne uporablja na KV (velika pas. širina)
  - Izjema 10 m
- Zaporedno kristalu vezana varaktorska dioda, ki spreminja frekvenco
- Signal nato "prestavimo" v pravilno frekvenčno območje
  - množilne stopnje
- Ojačevalnik razreda C



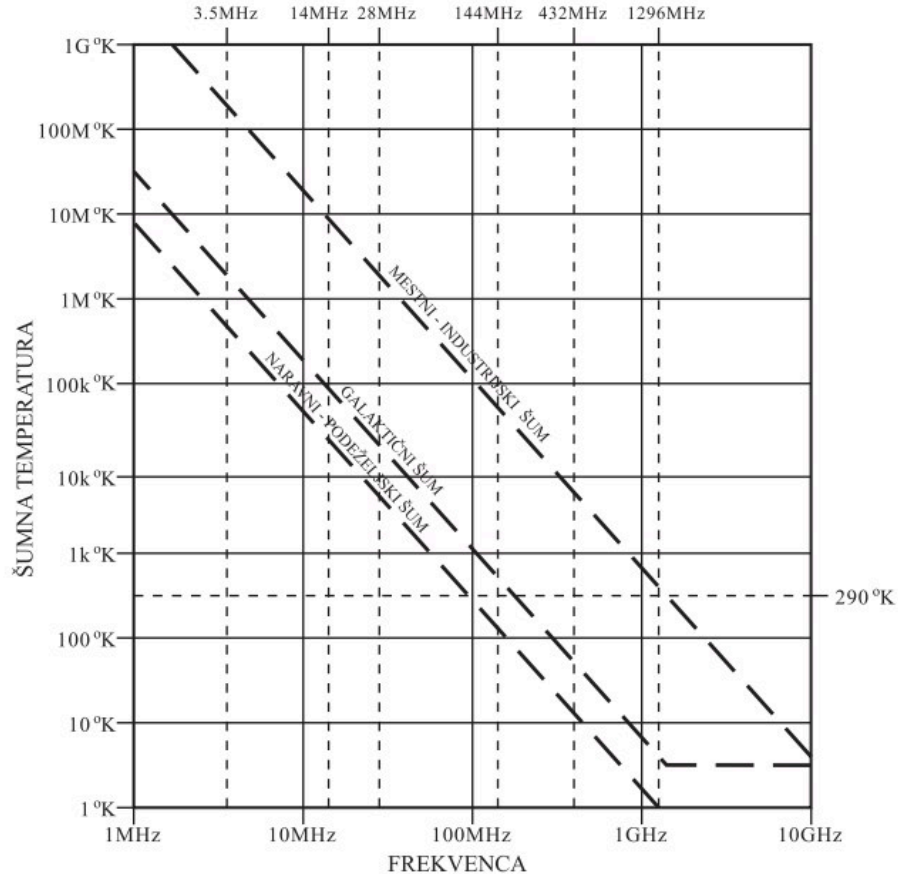
# FM oddajnik s PLL sintetizatorjem



# Radijski sprejemniki in oddajniki

# Šum

- **Termični šum**
  - Naključno gibanje elektronov po prevodnikih in polprevodnikih
  - Odvisen od **pasovne širine** in **temperature**
    - pri 0 K je moč šuma 0
- **Šum okolice**
  - Naravni šum iz neba ali človeškega izvora
  - Predstavimo s **šumno temperaturo** antene ($T_a$)
    - namesto antene upor segret na temperaturo $T_a$
  - Močno odvisen od **frekvence**


3.5MHz
14MHz
28MHz
144MHz
432MHz
1296MHz
1G °K
100M °K
10M °K
1M °K
100k °K
10k °K
1k °K
100 °K
10 °K
1 °K
290 °K
MESTNI - INDUSTRIJSKI ŠUM
GALAKTIČNI ŠUM
NARAVNI - PODEŽELSKI ŠUM
ŠUMNA TEMPERATURA
1MHz
10MHz
100MHz
1GHz
10GHz
FREKVENCA

# Razmerje signal/šum

Signal/noise ratio (SNR, S/N)

**Razmerje med močjo koristnega signala in močjo šuma**

$$\frac{S}{N} = 10 \log \left( \frac{\text{moč signala}}{\text{moč šuma}} \right) \, [\text{dB}]$$

# Šumni faktor in šumno število

Vsaka stopnja (ki je izvor termičnega šuma), poslabša razmerje signal/šum, ki ga dobi na vhodu

**Šumni faktor** (**F**, noise factor) pove **koliko se poslabša razmerje signal/šum**

$$F = \frac{\mathrm{SNR}_{\mathrm{vh}}}{\mathrm{SNR}_{\mathrm{iz}}}$$

Bolj pogosto uporabljamo **šumno število** (**NF**, noise figure)

- **šumni faktor** v dB

$$NF = 10 \log F \ [\mathrm{dB}]$$

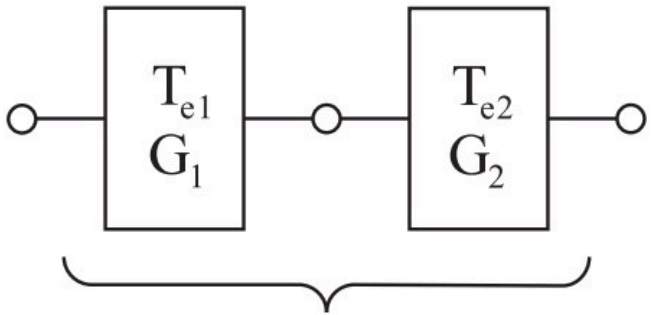
# Ekvivalentna šumna temperatura

Na vhod stopnje priključimo na 0 K ohlajen upor, šum na izhodu stopnje je termični šum same stopnje. Upor segrevamo, dokler ne bo šum na izhodu dva-krat povečal. Temperatura upora v tej točki je **ekvivalentna šumna temperatura**.

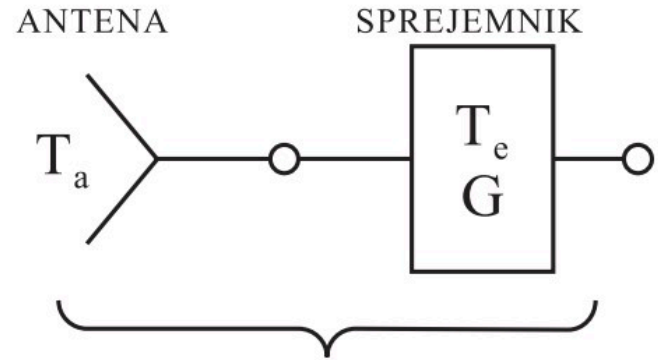
$$T_e = T_o\left(10^{\frac{NF}{10}} - 1\right) = T_o(F-1)\ [\mathrm{K}]$$

$$T_o = 290K$$

# Skupna ekvivalentna šumna temperatura (sistema)




$$T_e = T_{e1} + \frac{T_{e2}}{G_1}$$




$$T_s = T_a + T_e$$

- **Na nižjih frekvencah** (KV) je **šumna temperatura antene** tako **velika**, da se termični šum sprejemnika skoraj ne pozna
- Na višjih frekvencah (šumna temperatura antene je majhna), se uporablja dobre **nizko šumne predojačevalce**, kot **prva stopnja** sprejemniškega sistema

# Primer

Imamo dve zaporedno vezani stopnji.
Ekvivalentna šumna temperatura prve stopnje je 100 K, njeno ojačenje pa je 10.
Ekvivalentna šumna temperatura druge stopnje je 500 K, njeno ojačenje pa je 100.
Kolikšna je skupna ekvivalentna šumna temperatura?

$$T_e = T_{e1} + \frac{T_{e2}}{G_1}$$

$$T_e = 100\ \mathrm{K} + \frac{500\ \mathrm{K}}{10} = 150\ \mathrm{K}$$

# Osnovni pojmi

## Občutljivost

- **Kako močan mora biti RF signal** na vhodu sprejemnika, da bo na izhodu **razmerje signal/šum 10 dB**
- Boljša kot je občutljivost, šibkejše signale lahko sprejemamo
- **Obratnosorazmerna pasovni širini**
  - SSB sprejemnik ima boljšo občutljivost kot FM sprejemnik
- Podajamo relativno glede na 1 mW ali napetost na vhodnih sponkah

$$P_{dBm} = 10 \log \left( \frac{P}{1\ \mathrm{mW}} \right) \left[ \mathrm{dBm} \ / \ \mathrm{dB_{mW}} \right]$$

$$u = \sqrt{2PR}\,[\mathrm{V}] \quad R = 50\ \Omega$$

# Selektivnost

- **Prepuščanje signala v določenem pasu**, in **dušenje signalov izven** njega
- To dosežemo z ustreznimi pasovno-prepustnimi filtri
  - CW: 500 Hz
  - SSB: 2.4 kHz
  - FM: 15 kHz

# Dinamično območje

- **V kakšnih mejah se lahko giblje jakost vhodnega signala**
  - Okoli 80 dB do 120 dB
  - **Spodnja meja**: termični šum in šum okolice
  - **Zgornja meja**: obnašanje sprejemnika pri močnih signalih
    - preobremenitev, intermodulacijsko popačenje, ...

# Preobremenitev

- Na sprejemniku se pojavi zelo močan RF signal, **sprejemnik postane neobčutljiv** "ogluši"

# Intermodulacijsko popačenje

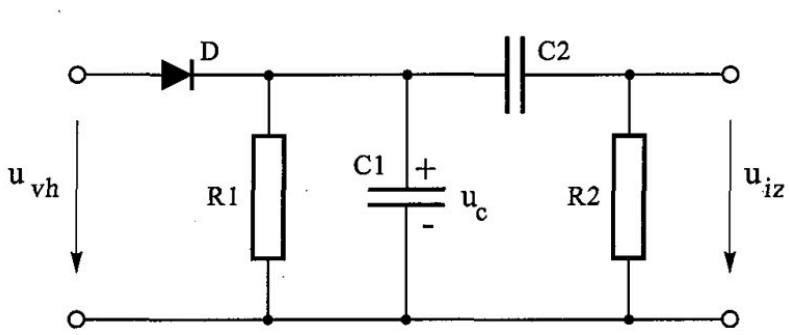
- Intermodulation distortion (**IMD**)
- Sprejemniki so **sestavljeni** tudi **iz nelinearnih vezij** → **pojavijo se nezaželene komponente spektra**, ki jih težko izločimo, če so blizu želenim frekvencam
- Intermodulacijska produkta tretjega reda: $2f_1 - f_2$ in $f_1 - 2f_2$
  - tudi višji redi, ampak imajo dosti manjšo jakost
- Merilo za linearnost je **presečna točka intermodulacije tretjega reda** (**IP3** – third-order intercept point)
  - podajamo v dBm
  - Čim **višji** je **IP3**, **boljši** je **sprejemnik**

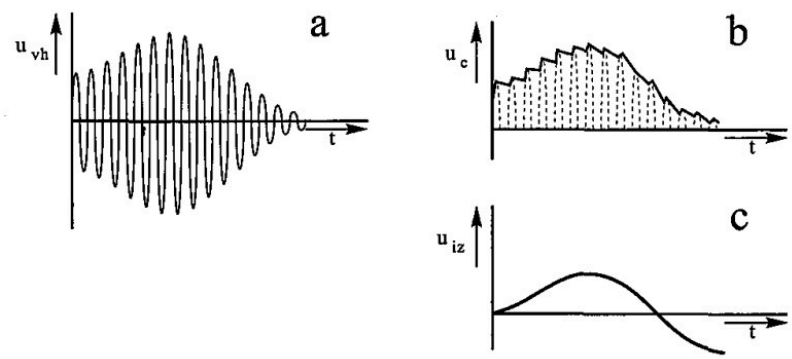
# Detektorji

Iz signala **izluščijo informacijo** (demodulacija → demodulator)

# Detekcija AM signalov

**Detektor ovojnice**: vhodni signal usmerimo z diodo in filtriramo z nizko-prepustnim filtrom



# Detekcija CW signalov

Nosilec vklapljamo po ritmu

Detektiramo tako, da **mešamo s signalom**, ki ima **malenkost nižjo ali višjo frekvenco**, ki ga generiramo z **BFO** (beat frequency oscillator)

En izmed produktov je v nizkofrekvenčnem (NF) področju, ostalih se znebimo

Primer

Želimo detektirati CW signal s frekvenco 3550 kHz, na BFO nastavimo frekvenco 3550.5 kHz, dobimo RF signal s frekvenco 7100.5 kHz in NF signal s frekvenco 0.5 kHz oz 500 Hz. Ta signal lahko poslušamo.

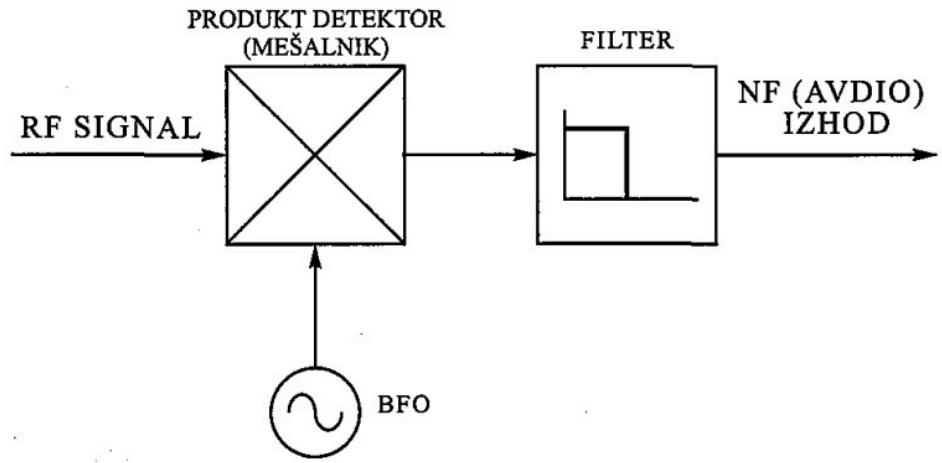
# Detekcija SSB signalov

V **detektor pripeljemo manjkajoči nosilec**, ki ga generiramo z **BFO**

Signal detektiramo z **produkt detektorjem** (mešalnik), izhod je produkt SSB signala in primerno izbrane frekvence BFO

Izhod mešalnika filtriramo z nizko-prepustnim filtrom

S produkt detektorjem **lahko detektiramo tudi CW in AM signale**

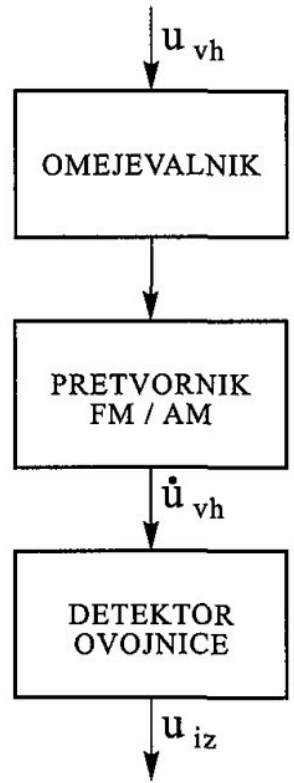


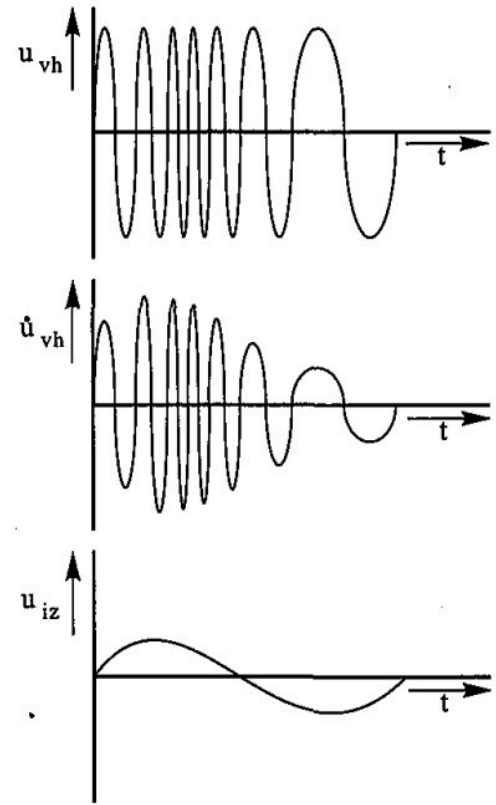
# Detekcija FM signalov

**Frekvenčni diskriminator**

**FM** signal **pretvorimo v AM** signal, ki ga detektiramo z **detektorjem ovojnice**

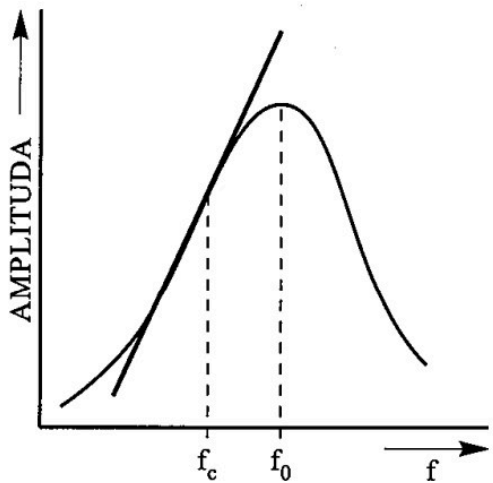
**Omejevalnik** (limiter) zagotovi **konstantno amplitudo** pred FM-AM pretvorbo



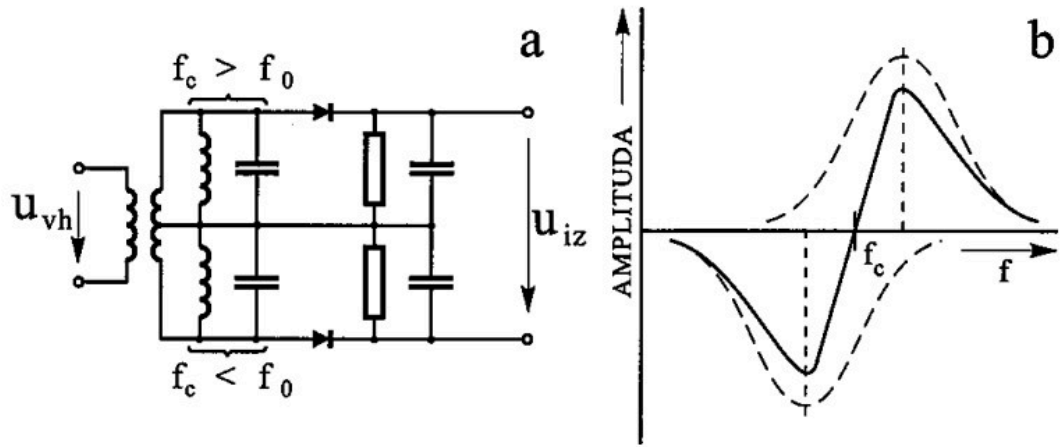



# FM-AM pretvorba

Izkoristimo **linearno odvisnost amplitude od frekvence**




LC nihajni krog

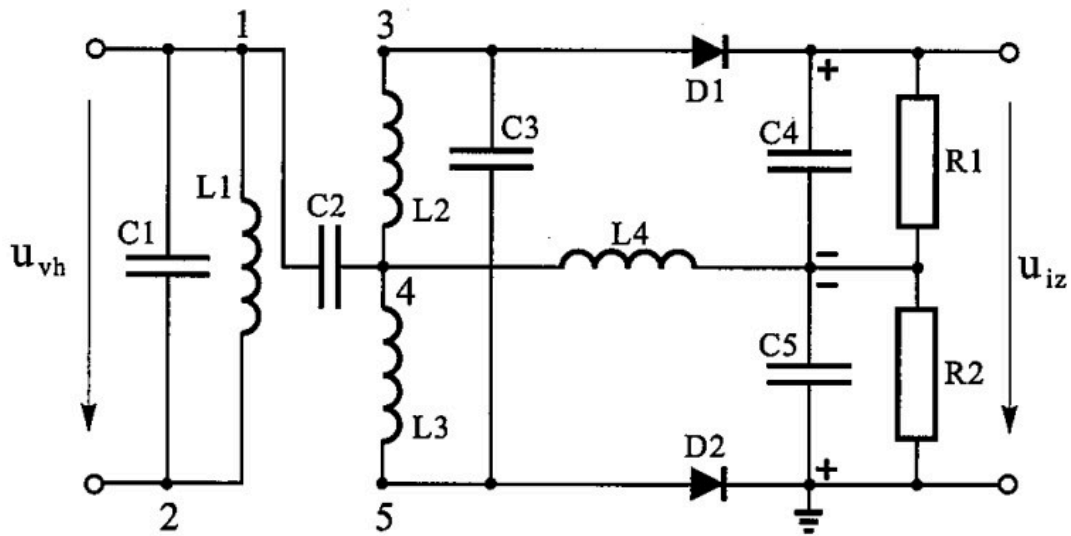



**Balansni diskriminator**

Povečamo frekvenčno območje linearnosti

Izkoristimo **linearno fazno karakteristiko**

Diskriminator s faznim zamikom (phase-shift discriminator)
oz. **Foster-Seeley diskriminator**

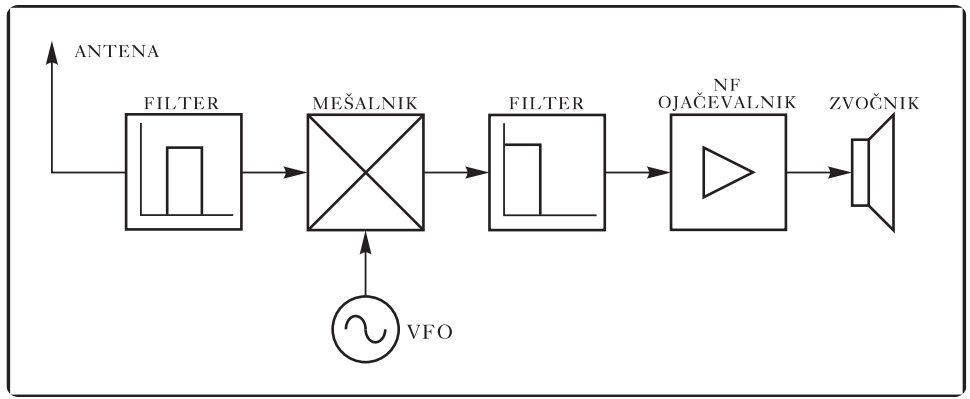


# Sprejemnik z direktnim mešanjem

Sprejemanje CW in SSB signalov (tudi AM)

CW:
Če frekvenco VFO nastavimo na frekvenco signala, ga ne bomo slišali (**zero beat**)
Frekvenco VFO nastavimo malo nad ali pod frekvenco signala

SSB / AM:
Frekvenco VFO nastavimo na frekvenco nosilca



Uporablja predvsem nizkih frekvencah KV (šum neba >> šum mešalnika)

Signal ojačamo po demodulaciji (80 – 100 dB) → lahko pojavi **mikrofonija** (mehanski tresljaji), motnje se ojačajo na zvočnik

CW ali SSB selektivnost dosežemo s filtri med ojačevalnikom in zvočnikom

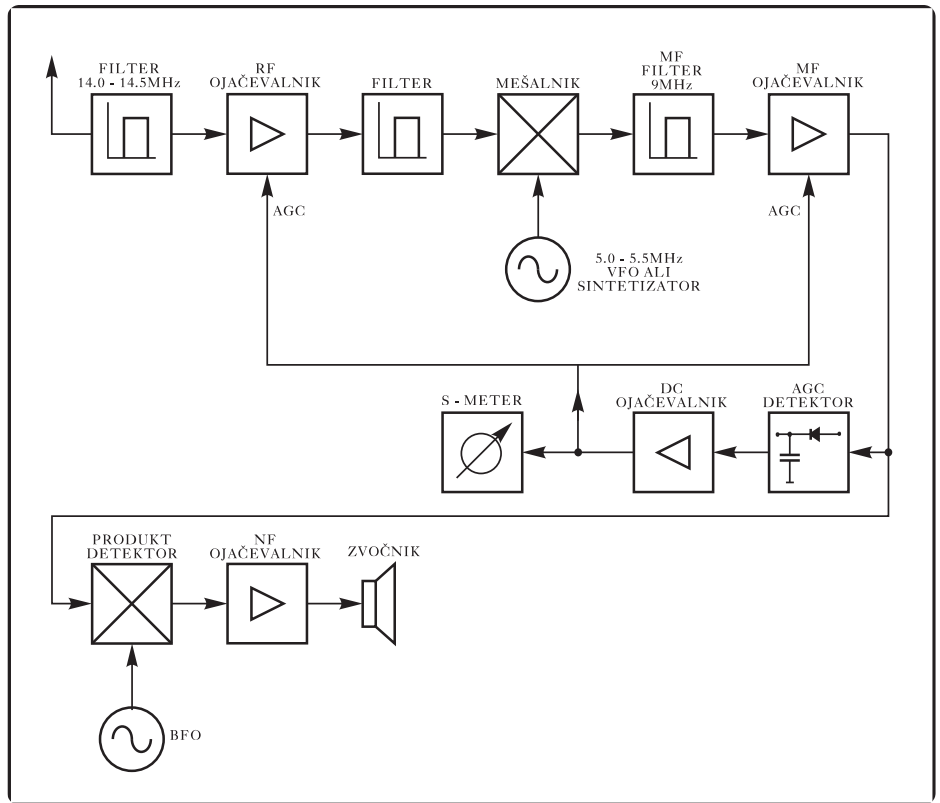
# Superheterodinski sprejemnik

Vhodni signal **mešamo** (konvertirajo) na **eno ali več medfrekvenc** (brez izgube informacije)

Sproti filtriramo neželene frekvence iz mešalnika

Sodobni sprejemniki pokrivajo zelo široko frekvenčno območje, dobri ojačevalniki se dajo narediti samo za ožja frekvenčna področja
Zato je smiselno **vse signale prestaviti** na neko **skupno medfrekvenco** (MF) in jih obdelati tam

**Preselektor**: pasovno-prepustna filtra pred in za RF ojačevalnikom



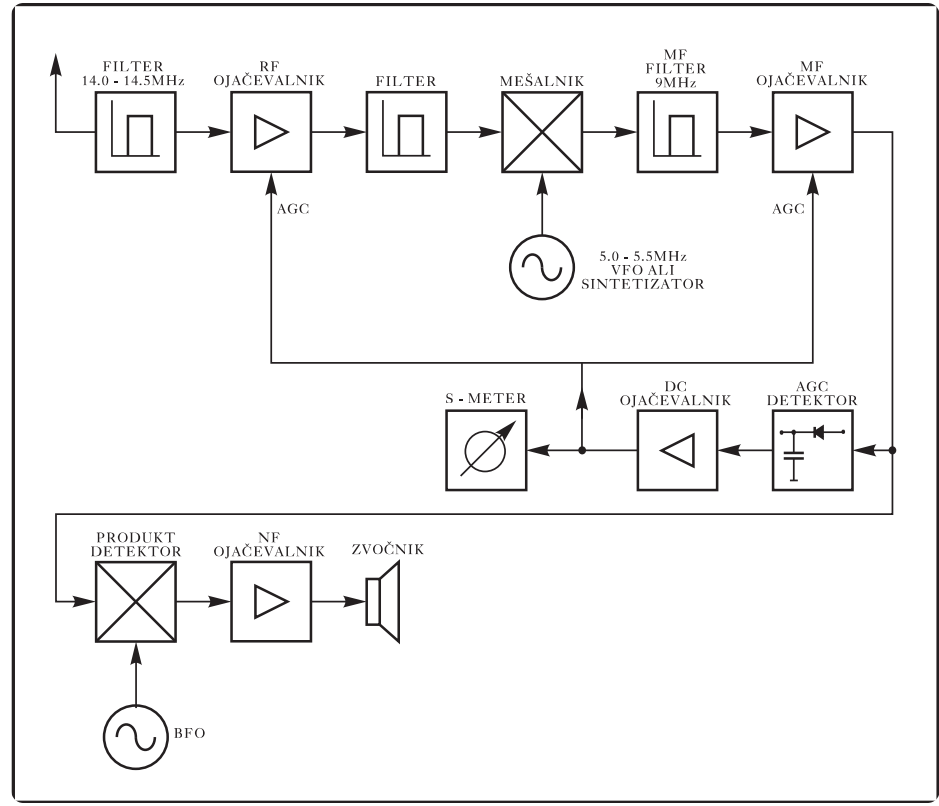
Želimo, da se ojačenje sprejemnika spreminja glede na jakost signala

**AGC** (automatic gain control): vezje za **avtomatsko regulacijo ojačenja**

Izhod AGC vezja lahko uporabimo za ocenjevanje jakosti signala

**S-meter** (signal meter): S-stopnje (1-9, vsaka ≈ 6 dB), če je signal močnejši od 9, se podajo decibeli (npr.: +20 dB)

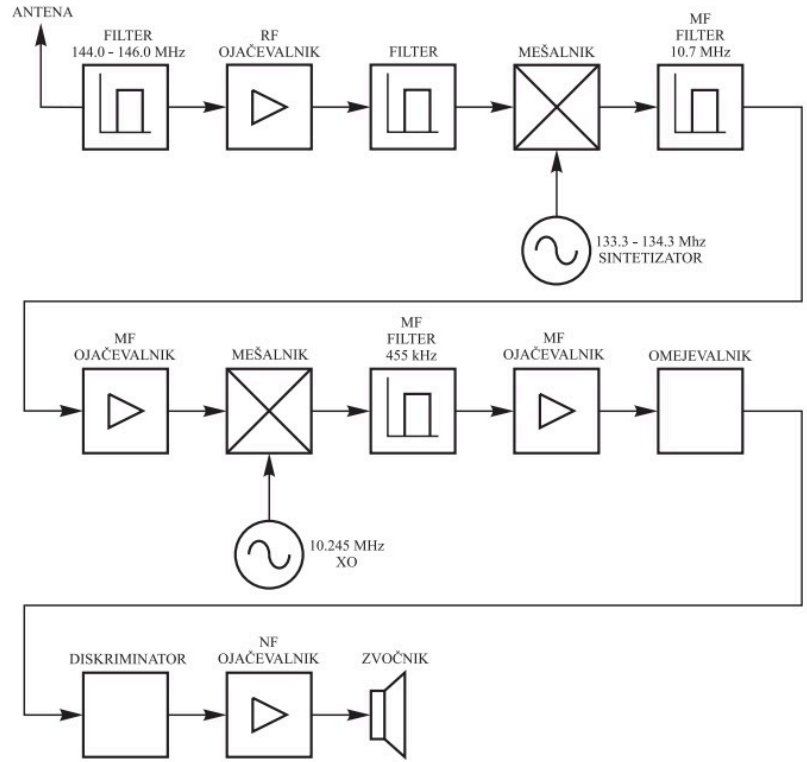
**Squelch**: ko je signal manjši od določene meje, NF signal izklopi



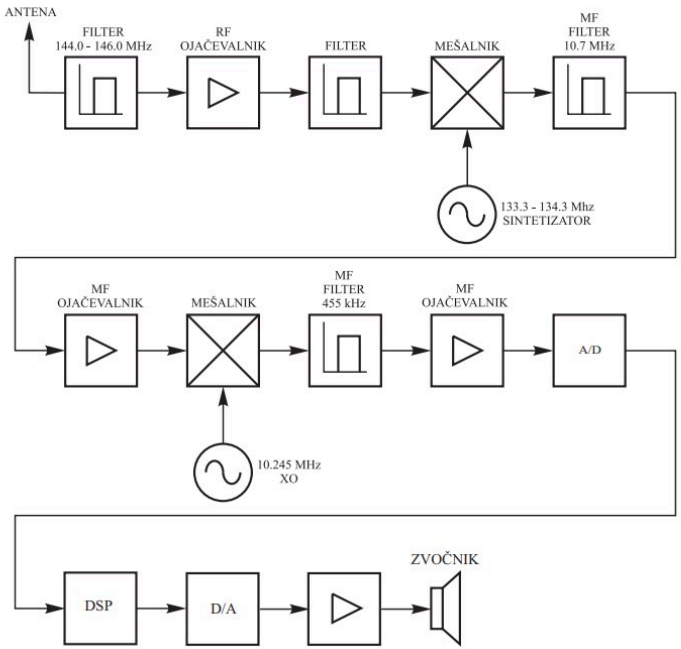
**Problem zrcalnih frekvenc**: če 14 MHz signal mešamo s signalom 5 MHz, dobimo medfrekvenčni signal 9 MHz (14 - 5). Problem nastane če pride na vhod 4 MHz signal saj se tudi ta meša na 9 MHz (4 + 5).

Delimo (po številu medfrekvenc):

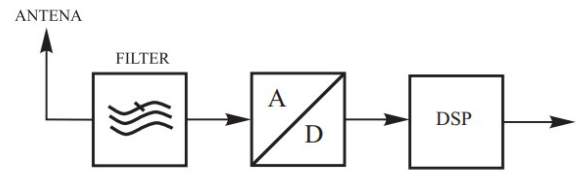
- enojni superheterodinski sprejemnik
- dvojni superheterodinski sprejemnik
  - prva visoka (proti zrcalnim frekvencam)
  - druga nizka (boljša selektivnost)

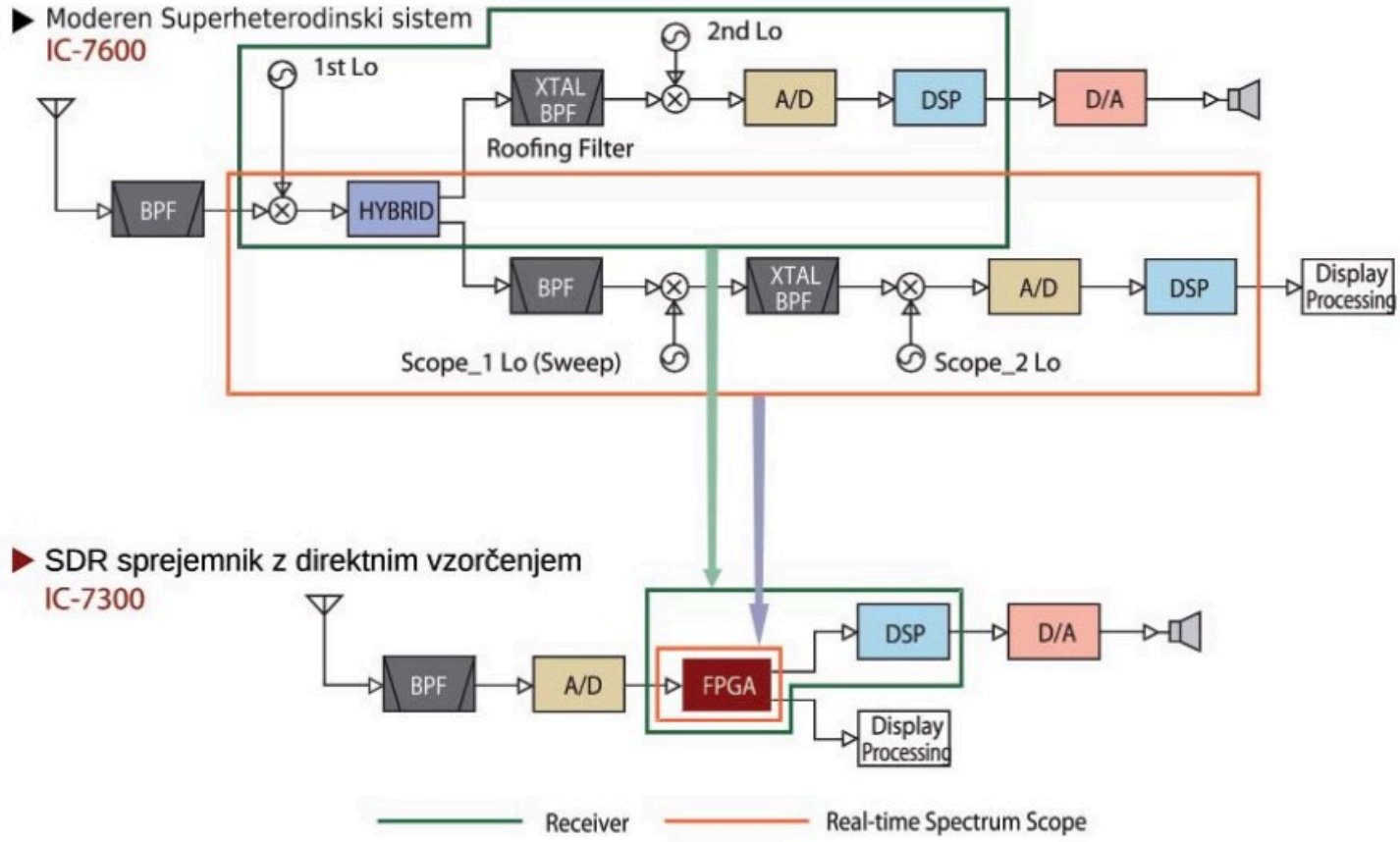


# SDR sprejemnik




Idealni SDR sprejemnik




Moderen Superheterodinski sistem
IC-7600
1st Lo
2nd Lo
XTAL BPF
A/D
DSP
D/A
Roofing Filter
BPF
HYBRID
BPF
XTAL BPF
A/D
DSP
Display Processing
Scope_1 Lo (Sweep)
Scope_2 Lo
SDR sprejemnik z direktnim vzorčenjem
IC-7300
BPF
A/D
FPGA
DSP
D/A
Display Processing
Receiver
Real-time Spectrum Scope

# Valovanje

Prenos energije v obliki valov

- Valovanje vode – voda kot medij za prenos
- Zvok – valovanje zraka
- **Elektromagnetno valovanje** – valovanje elektromagnetnega (EM) polja

# Elektromagnetno valovanje

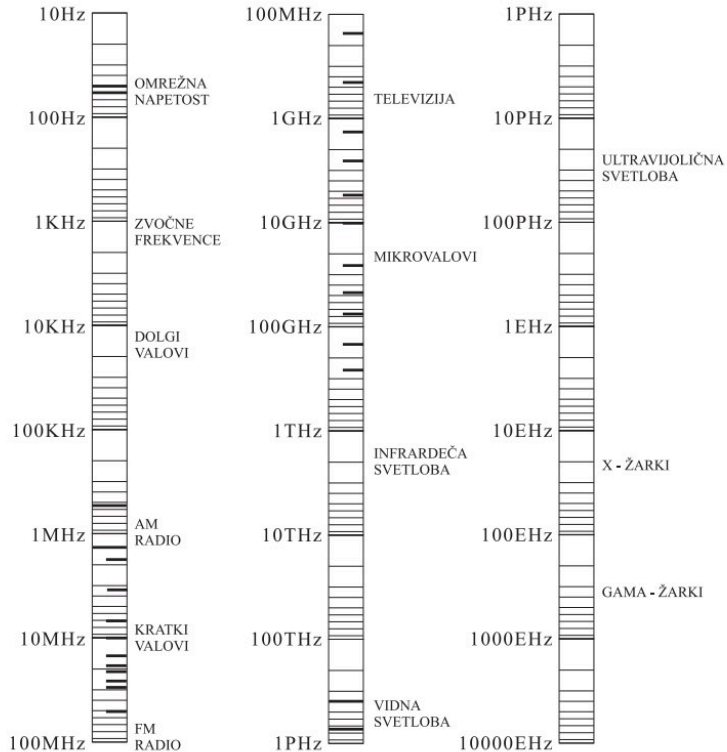
V praznem prostoru se širijo s **hitrostjo svetlobe**:
$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

$$c = f \cdot \lambda \qquad f = \frac{c}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{c}{f}$$

$f$ – frekvenca valovanja (Hz)
$\lambda$ – valovna dolžina (m)

$$f = \frac{300}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{300}{f}$$

$f$ – frekvenca valovanja (**MHz**)
$\lambda$ – valovna dolžina (m)



# Primera

Kakšna je frekvenca valovanja z valovno dolžino 80 m?

$$f(\mathrm{MHz}) = \frac{300}{80} = 3.750\mathrm{MHz}$$

Kakšna je valovna dolžina valovanja s frekvenco 145.0 MHz?

$$\lambda = \frac{300}{145} = 2.07\mathrm{m}$$

# Frekvenčna delitev

| Ime | Okrajšava | Frekvenca | Valovna dolžina |
|---|---|---|---|
| Zelo nizke frekvence | VLF | 3 kHz – 30 kHz | > 10 km |
| Nizke frekvence | LF | 30 kHz – 300 kHz | 10 – 1 km |
| Srednje frekvence | MF | 300 kHz – 3 MHz | 1000 – 100 m |
| Visoke frekvence | **HF** | 3 MHz – 30 MHz | 100 – 10 m |
| Zelo visoke frekvence | **VHF** | 30 MHz – 300 MHz | 10 – 1 m |
| Ultra visoke frekvence | **UHF** | 300 MHz – 3 GHz | 100 – 10 cm |
| Super visoke frekvence | SHF | 3 GHz – 30 GHz | 10 – 1 cm |
| Ekstremno visoke frekvence | EHF | 30 GHz – 300 GHz | 1 – 0.1 cm |

# Razširjanje radijskih valov

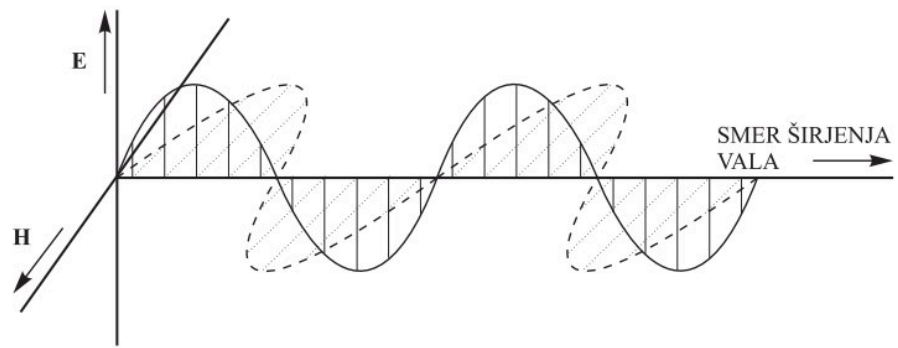
EM valove pri razširjanju lahko ovira atmosfera, zemlja, voda, objekti, ...

Razširjajo v se ravnih linijah, **z večanjem razdalje** se **jakost zmanjšuje**

Jakost pada s **kvadratom razdalje** (pri 2 km od izvora je moč 1/4 moči pri 1 km)

Pravokotni polji:

- E – **električno polje**
  - posledica napetosti
- H – **magnetno polje**
  - posledica toka



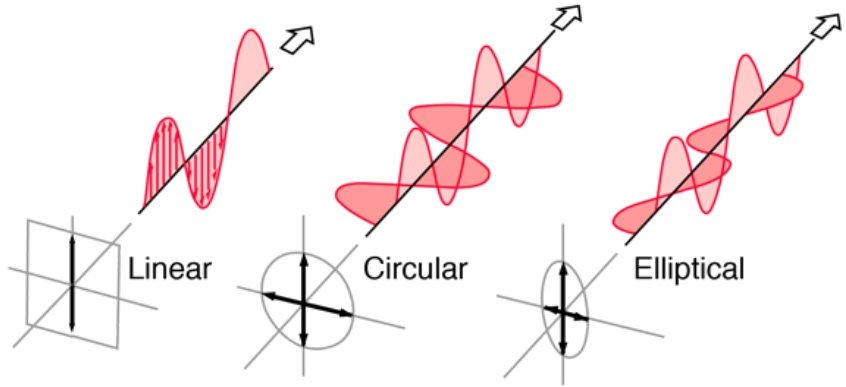
# Polarizacija

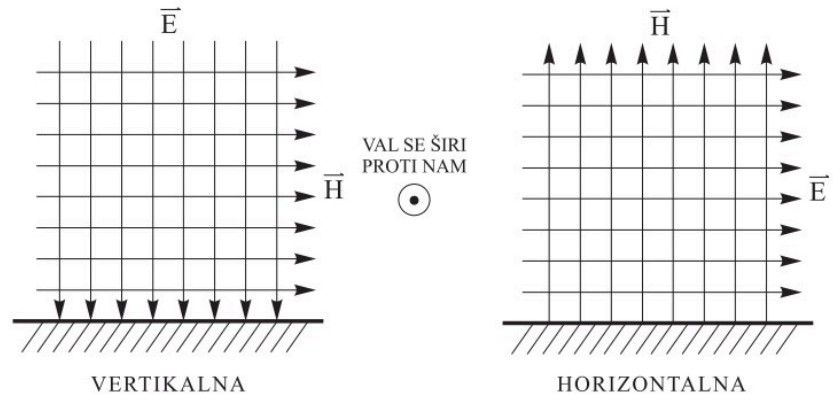
Smer električne komponente (**E**) določa **polarizacijo** valovanja

Vrste polarizacij:

- Linearna
  - **vertikalna** (FM, več šuma)
  - **horizontalna** (KV, SSB, CW)
- Krožna
  - desna / leva
  - uporaba v UKV, sateliti
- Eliptična

Odboji in nepravilnosti v ionosferi povzročajo spreminjanje polarizacije



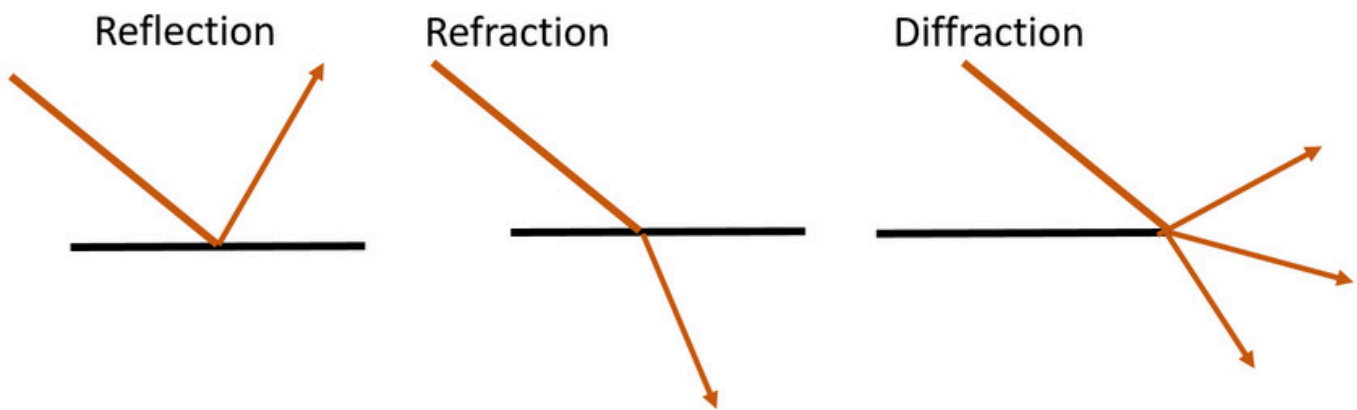



# Odboj, lom in uklon valovanja

**Odboj** ali **refleksija** – usmerjeno (ravna površina) ali difuzijsko (valovanje se razprši) odbijanje od površin

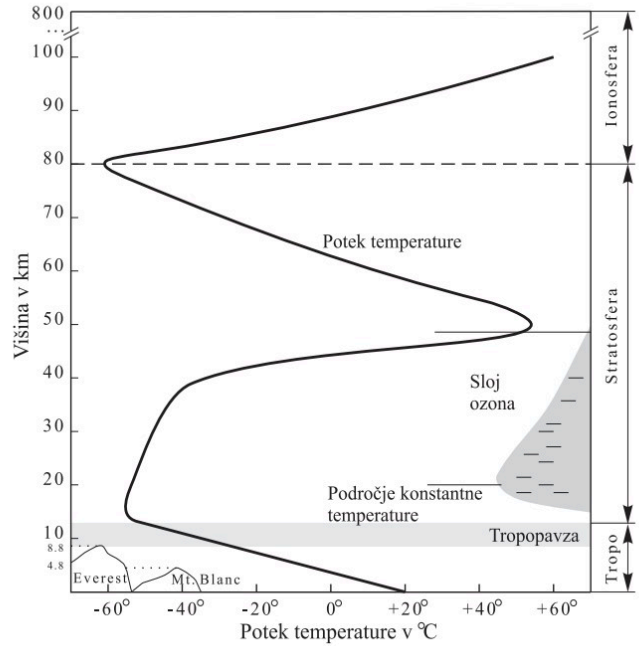
**Lom** ali **refrakcija** – nastane pri prehodu med dvema prenosnima snovema z različnimi dielektričnimi konstantami (različna hitrost razširjanja svetlobe)

**Uklon** ali **difrakcija** – nastane na robovih ovir, zelo frekvenčno odvisen (višje frekvence se uklonijo manj)



# Zemeljska atmosfera

- Troposfera
  - 0 - 11 km
  - meteorološki procesi
  - temperatura z višino pada (–50 °C)
  - stanje pomembno za razširjanje UKV valov
- Stratosfera
  - 11 - 80 km
  - ne vsebuje vode
  - ozonska plast
- Ionosfera



# Ionosfera

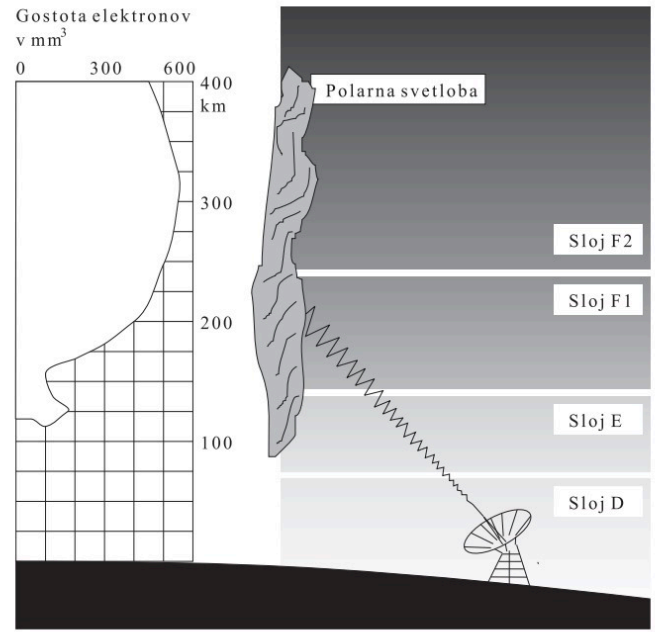
80 - 800 km

Sestavljena iz velikega števila **elektronov in ionov**, nastanejo **zaradi UV in rentgenskih žarkov sonca** (nevtralne molekule se cepijo)
Rekombinacija: ponovna združitev elektronov in ionov

Radijski valovi se "odbijajo" (počasno zavijajo)

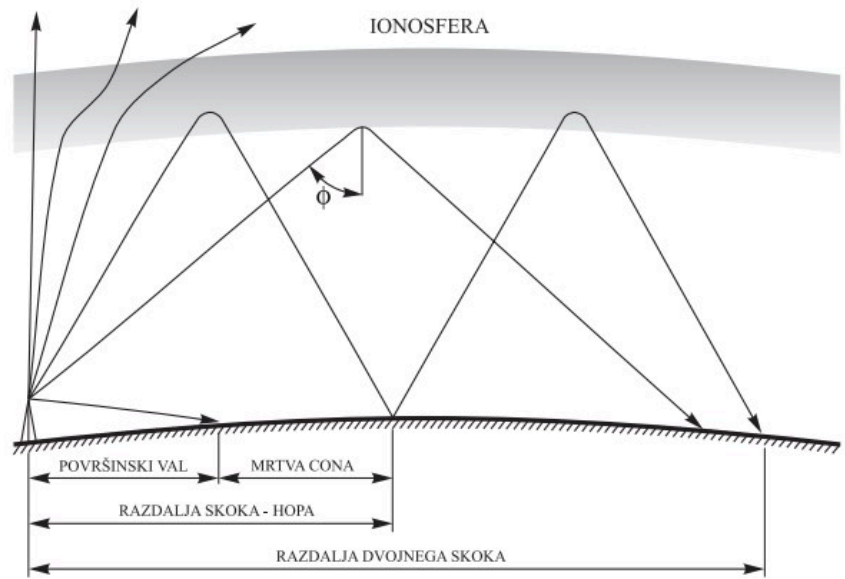
**Sloji**:

- **D** sloj (80 km) – prisoten le čez dan
- **E** sloj (120 km)
- **F** sloj – ponoči in v času nizke aktivnosti sonca en sloj
  - **F1** (220 km) in **F2** (400 km)



# Delitev radijskih valov glede na razširjanje

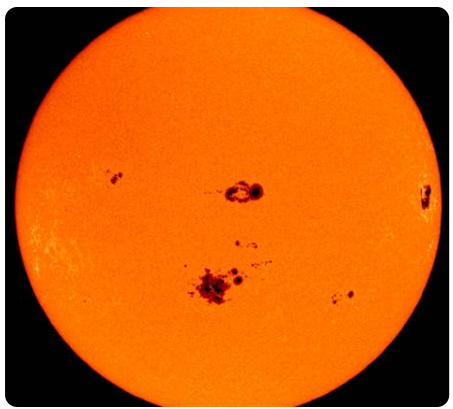
- **Površinski** oz. **talni**
  - širijo ob površini zemlje
  - dolgi in srednji valovi (LF, MF)
- **Troposferski** oz. **direktni**
  - širijo v troposferi
  - UKV valovi
  - če zadenejo oviro, se odbijejo
- **Prostorski** oz. **ionosferski**
  - širijo v prostor in odbijejo od ionosfere (lahko tudi večkrat – skoki)
  - kratki valovi (KV)
  - višja kot je frekvenca, večja mora biti gostota elektronov

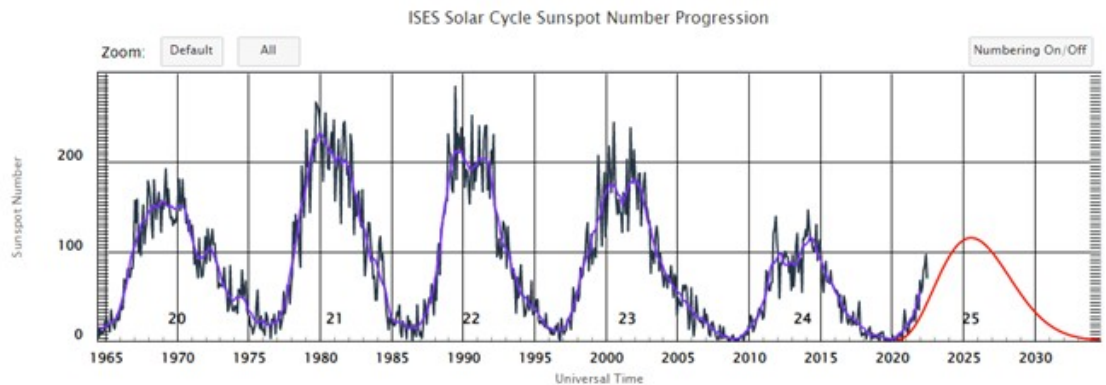


# Aktivnost sonca – solarni ciklus

Solarni maksimum – največja aktivnost sonca (11 let)

Največ UV sevanja, ko je veliko sončnih peg (ciklus sončnih peg)





# Vpliv sonca na posamezne sloje ionosfere

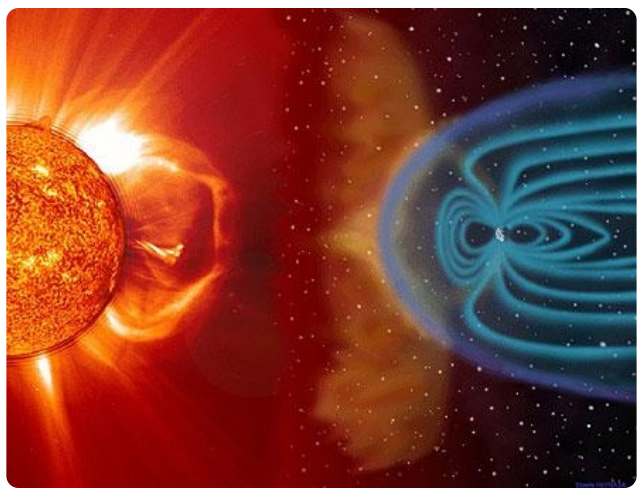
- F sloj
  - **F2 najpomembnejši** sloj **za DX na KV**, rekombinacija počasna → obstaja **tudi ponoči**
  - F1 obstaja le čez dan, poleti bolj pogost, nezaželen, ker slabi signale
- E sloj
  - Formira se samo nad predelom Zemlje, ki ga osvetljuje Sonce
  - Maksimum doseže okoli poldneva
  - **Sporadični E sloj** (Es – E sporadic)
    - **Občasen pojav močne ionizacije**, podoben oblaku
    - Lahko odbija UKV valove
- D sloj
  - Gostota prostih elektronov majhna → odbijajo le daljši valovi (80 m)
  - Po sončnem zahodu, hitra rekombinacija

# Motnje v ionosferi

Posledica aktivnosti sonca (povečano sevanje ali sončni veter)

Povečanje ionizacije v D sloju slabi signale

Kot motnje štejemo tudi polarno svetlobo (aurora) in sporadični E sloj (Es)



# Kritična frekvenca, najvišja in najnižja uporabna frekvenca

$f_{\mathrm{kr}}$, LUF in MUF

**Kritična frekvenca** ($f_{\mathrm{kr}}$): **najvišja** frekvenca valovanja, ki se **pod kotom 90° odbije** od ionosfere.

**Najvišja uporabna frekvenca** (MUF – Maximum usable frequency): **najvišja** frekvenca valovanja, ki se **pod vpadnim kotom $\varphi$ še odbije**.

$$\mathrm{MUF} = \frac{f_{\mathrm{kr}}}{\cos(\varphi)}$$

**Najnižja uporabna frekvenca** (LUF – Lowest usable frequency): tudi frekvenca slabljenja, najnižja frekvenca v KV za prostorski val. Nižje frekvence se bodo v ionosferi absorbirale.

# Fading (presih)

"feding"

**Nihanje jakosti signala** (QSB)

Vzroki:

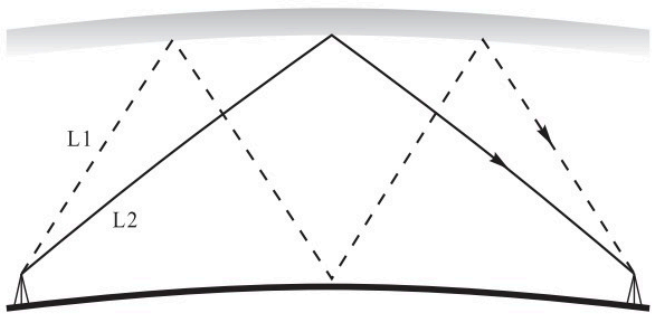
- Različnih poteh signala do sprejemnika
- Spreminjanje ionizacije
- Povečanje absorpcije D sloja
- Odboj od dveh različnih slojev
- Odbijanje ob objektov

Primer QSB

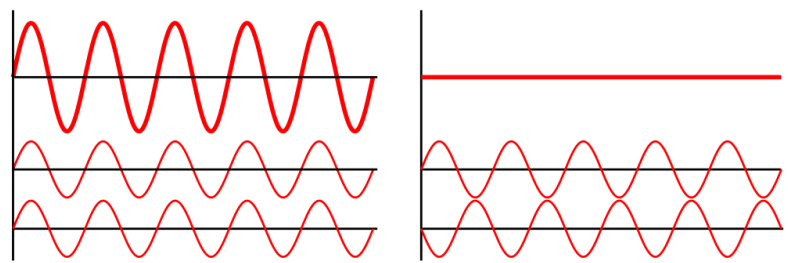
# Fading zaradi interference

Zaradi različnih poteh signala do sprejemnika pride do **interference**

Signali **v fazi jakost povečajo**, signali **iz faze jakost zmanjšajo** ali v skrajnem primeru (180°) popolnoma izginejo




VAL PRIDE DO SPREJEMNE ANTENE PO DVEH RAZLIČNO DOLGIH POTEH (L1>L2)



# Pogoji razširjanja valov na KV področju

- **2200 m (135,7 kHz – 133,8 kHz)**
  - površinski val, ne odbija od ionosfere
- **630 m (472 kHz – 479 kHz)**
  - površinski val, ne odbija od ionosfere
- **160 m (1,8 MHz – 2 MHz)**
  - čez dan D sloj absorbira, lahko se odbijajo od E sloja
  - atmosferske in industrijske motnje
  - dobre propagacije predvsem pozimi in ponoči
- **80 m (3,5 MHz – 3,8 MHz)**
  - čez dan D sloj absorbira, lahko se odbijajo od E sloja
  - dobre propagacije ponoči ali pozimi
  - podnevi možne lokalne zveze

- **60 m (5,3515 MHz – 5,3665 MHz)**
  - značilnosti med 80 m in 40 m pasom
  - dobre propagacije ponoči ali pozimi
- **40 m (7 MHz – 7,2 MHz)**
  - podobno kot 80 m pas, možne daljše razdalje tudi čez dan
  - siva linija (gray line) – med dnevom in nočjo
  - atmosferske najbolj izrazite poleti
- **30 m (10,1 MHz – 10,15 MHz)**
  - ponoči možne zveze po celem svetu, čez dan po Evropi (1500 km)
  - manj industrijskega šuma
- **20 m (14 MHz – 14,35 MHz)**
  - pravi DX pas, praktično vedno odprt
  - atmosferski in industrijski šum ni problem
- **17 m (18,068 MHz – 18,168 MHz)**
  - podobno kot 20 m pas

- **15 m (21 MHz – 21,45 MHz)**
  - potrebna velika sončna aktivnost za DX
  - že odvisen od E sporadika
- **12 m (24,89 MHz – 24,99 MHz)**
  - podobno kot 15 m in 10 m pas
- **10 m (28 MHz – 29,7 MHz)**
  - meji na UKV področje → značilnosti UKV in KV
  - močno odvisen od sončne aktivnosti
  - odprt samo čez dan

# Pogoji razširjanja valov na UKV in višjih področjih

**Na UKV valove** (nad 30 MHz) **ionosfera** (aktivnost sonca) **ne vpliva**

Uporabljamo jih za:

- Direktne zveze (optična vidljivost)
- Zveze preko satelitov
- Oboj od Lune (EME)
- ...

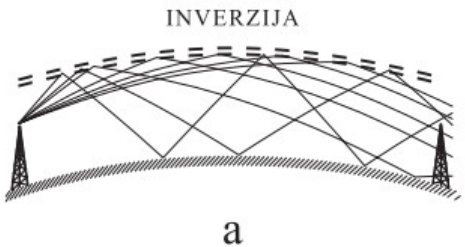
Izjema je 6-metrski pas (50 MHz), ki se pri močni ionizaciji (E sporadik) obnaša kot 10-metrski pas.

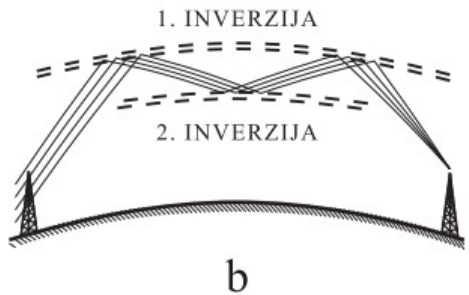
# Temperaturna inverzija

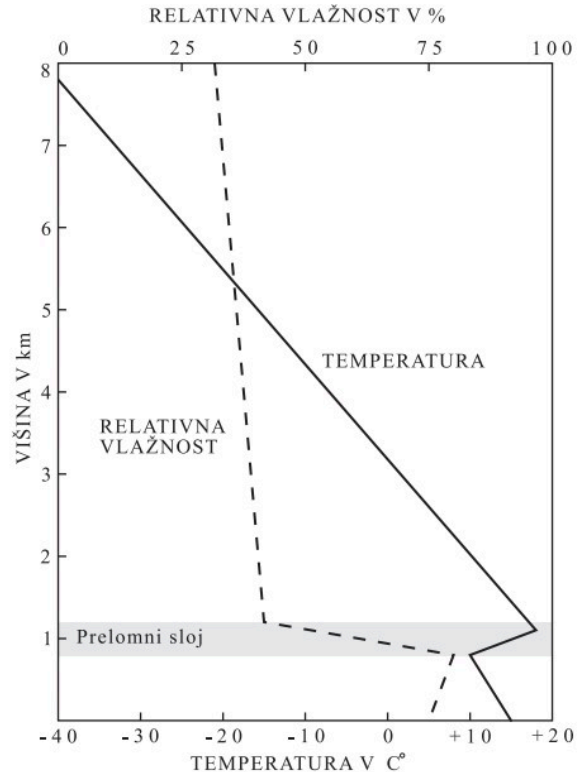
UKV valovi pri prehodu skozi pas inverzije zavijejo nazaj proti Zemlji

Višji kot je pas, večji je domet

Možna tudi dvojna inverzija



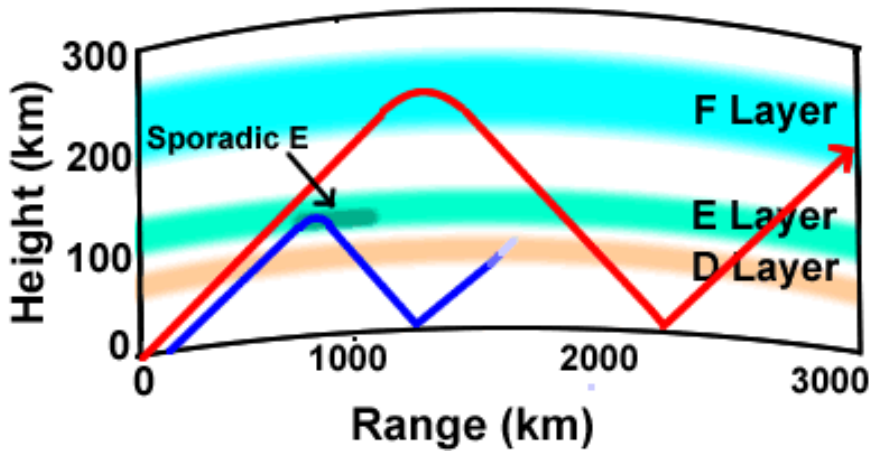



# Sporadični E sloj – ES

V območju E sloja nastane **oblak velike koncentracije elektronov**, ki odbija UKV valove

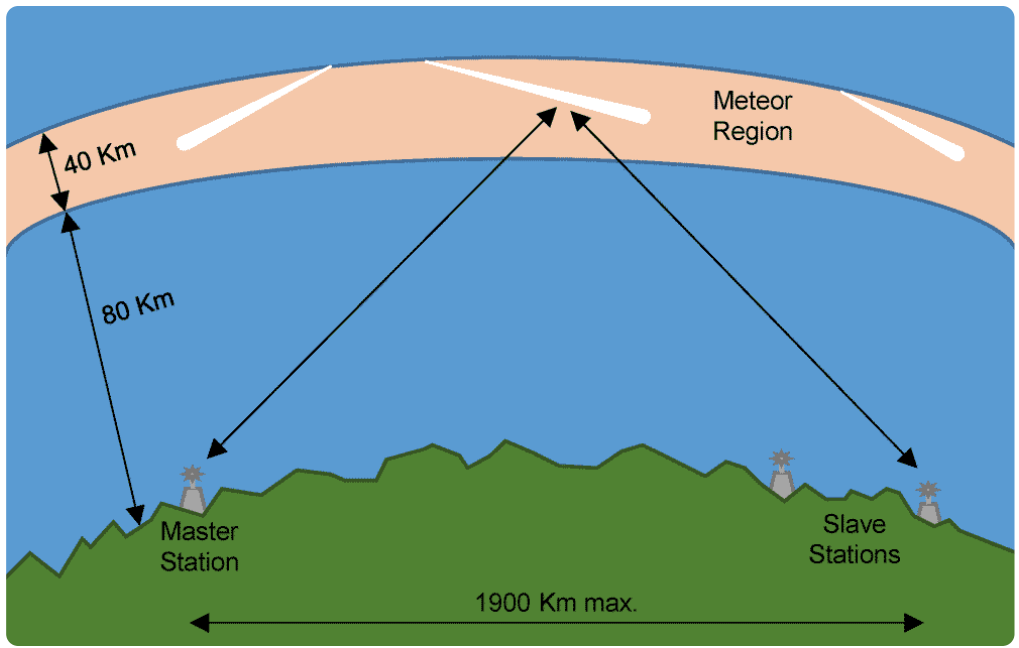
Domet poveča tudi do 2000 km



# Odboj od meteoritskih sledi – MS

Meteor, ki izgoreva, pušča za sabo zelo **močno ionizirano sled**, ki odbija UKV valove

Večji meteorit → daljše izgorevanje → daljše zveze



# Odboj od polarne svetlobe – AURORA

V območju Zemljinega pola zelo **močno ioniziran del E sloja**, ki lahko odbija UKV valove

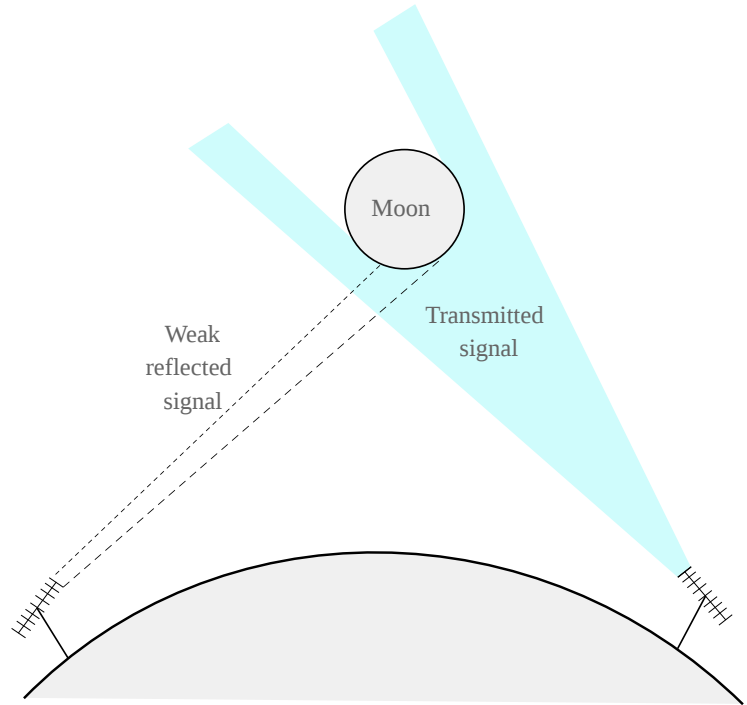
Odboj je zelo difuzen, signali so zelo šumni (predvsem samo CW)

# Odboj od Lune – EME

Signal potuje 2 sekundi

Potrebne velike moči in dobre antene zaradi dolgih razdalj in slabljenja

Pri odboju se lahko spremeni polarizacija



# Transalpska propagacija – TAP

FAI (Field Aligned Irregularity) – nepravilnosti v porazdelitvi polja

Oddani signal spremeni smer

Najpogosteje se pojavlja od sredine maja do konca julija

# Transekvatorialna propagacija – TEP

Nenavadno dolge zveze (okoli 4000 km) v smeri sever - jug

Iz naših krajev je možno vzpostaviti zveze z amaterji na območju južne Afrike

# Delo preko umetnih satelitov

UKV valovi nemoteno prebijejo ionosfero

Lahko tudi z manjšimi močmi in enostavnimi antenami

Običajno oddajamo in sprejemamo na različnih frekvenčnih pasovih ("Cross band")

# Značilnosti nekaterih UKV področij

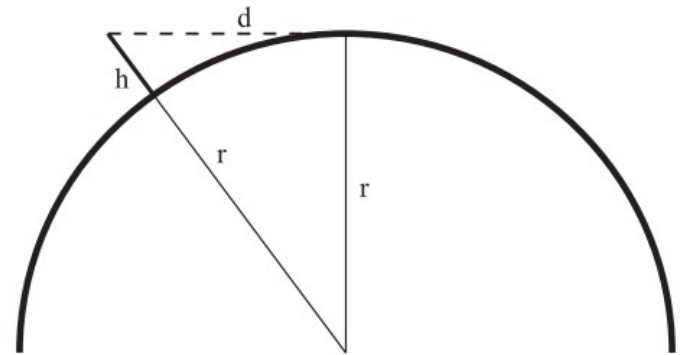
- **6 m (50 MHz – 52 MHz)**
  - V času maksimalne aktivnosti Sonca pravi DX pas
  - Poleti pogosti pojavi Es
- **2 m (144 MHz – 146 MHz)**
  - Najpopularnejši UKV pas
  - troposfersko razširjanje, inverzija, Es, FAI, aurora, EME, sateliti
  - Lokalne zveze in FM repetitorji
- **70 cm (430 MHz – 440 MHz)**
  - Predvsem troposfersko, posebni pojavi redki
  - sateliti, EME, Packet Radio, DMR

Višji frekvenčni pasovi predvsem na eksperimentalni ravni in redkeje uporabljeni

# Vpliv višine antene na doseg valov

**Višje postavljena antena je *načeloma* boljša antena**

Višje postavljena antena → nižji kot sevanja → daljši skok (hop) signala




$$d = 4.13 \cdot \sqrt{h}$$

$d$ – oddaljenost (km)
$h$ – nadmorska višina antene (m)

# Antene

“Čas, sredstva in napor, ki smo ga vložili v izgradnjo kvalitetnega antenskega sistema, nam bodo prinesli dosti več zadovoljstva ob kvalitetnih zvezah, kot pa če bi te iste zveze dosegli z večanjem moči oddajnika.”

# Antena

Kaj dela antena?

Električno moč iz oddajnika pretvori v **elektromagnetne valove** in jih **izseva v prostor**.

**Tudi obratno:** EM valovi, ki zadenejo anteno povzročijo nihanje elek. delcev v anteni

Kaj so signali, kaj motnje?

# Dolžina antene

Ponovimo:

$$\lambda\,(\mathrm{m}) = \frac{300}{f\,(\mathrm{MHz})}$$

Tipične resonančne dolžine: $\mathbf{\frac{1}{2}\lambda}$, $\frac{1}{4}\lambda$, $\frac{3}{4}\lambda$, $1\lambda$

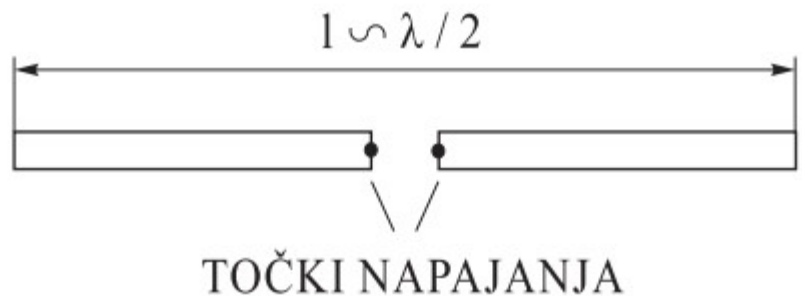
# Polvalni dipol

Antena z dvema poloma, ki sta skupaj dolga pol valovne dolžine

Najbolj **razširjena** in **najpreprostejša** antena

Uporablja se tudi kot sestavni del drugih anten (npr. yagi)

Referenčna antena: z njo določamo ojačenje drugih anten (več kasneje)



# Dolžina polvalnega dipola

$$l\,(\mathrm{m}) = \frac{150}{f\,(\mathrm{MHz})} \cdot k$$

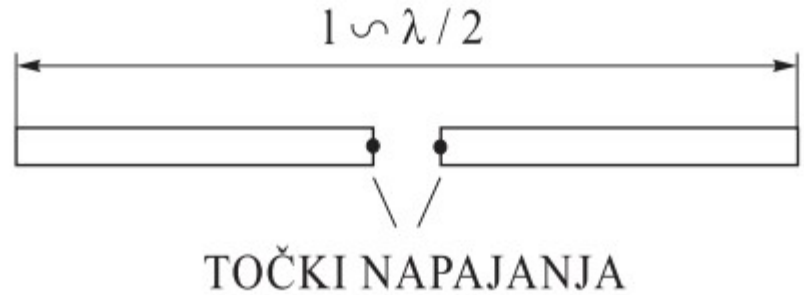
$l$ – dolžina v metrih

$f$ – frekvenca v MHz

$k$ – faktor vitkosti

$k$ je odvisen od **razmerja valovne dolžine** in **debeline vodnika**

$$0.93 \lesssim k \lesssim 0.98$$



# Impedanca antene

Impedanca: **Razporeditev toka in napetosti** v točki.

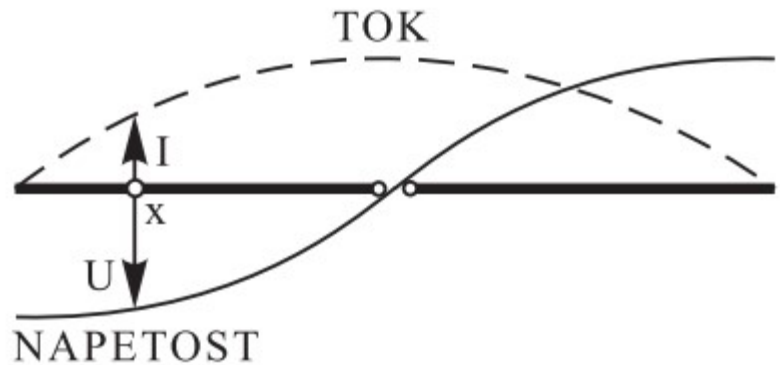
Napetost in tok fazno zamaknjena za 90° oz. $\frac{1}{4}\lambda$

$$Z = \frac{U}{I}$$

Resonančna antena: impedanca je **ohmska**

Antena **predolga**: pojavi se **induktivna reaktanca**
Antena **prekratka**: pojavi se **kapacitivna reaktanca**

**Impedanco antene** razumemo kot impedanco **v točki napajanja**



# Sevalna upornost

Z njo določamo več lastnosti antene

Računa se v **točki največje amplitude toka**
Ekvivalentna upornost, na kateri bi se porabila vsa moč oddajnika

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{R_i}{R_s}}$$

$\eta$ – (eta) izkoristek
$R_i$ – upornost žice
$R_s$ – upornost sevanja

Na upornost sevanja vplivajo:
**višina** antene, **predmeti v okolici**, kvaliteta tal, dimenzije oblika antene, ...

# Skrajševalni faktor

Ločimo **mehansko** in **električno dolžino antene**
*Enaki le v primeru neskončno tanke žice, v praznem prostoru*

**Faktor vitkosti**: debelejši vodnik ⇒ večja kapacitivnost
Nihajni krog: večja kapacitivnost ⇒ nižja frekvenca
Torej: debelejšo anteno moramo skrajšati
Za polvalni dipol iz žice okoli 0,98

Na KV področju se pojavi še **efekt koncev** (izolator + konec žice)
Iz prakse, najugodnejši skrajševalni faktor: 0,95

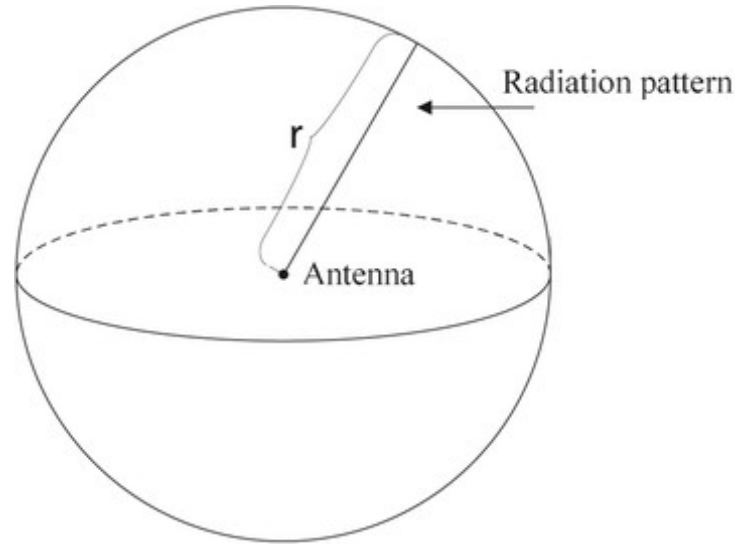
# Sevanje antene

**Izotropna antena:**

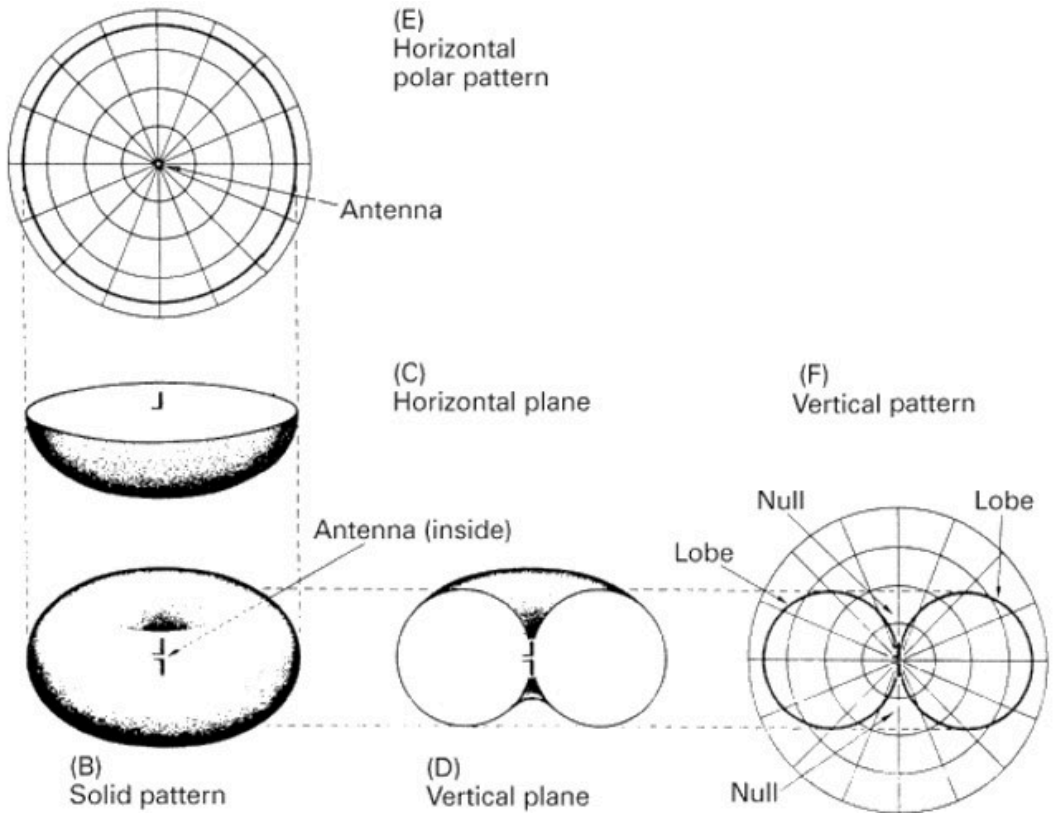
- Točkast izvor, seva v vse smeri enako
- V praksi je NE moremo narediti

**Usmerjenost sevanja** predstavimo s:

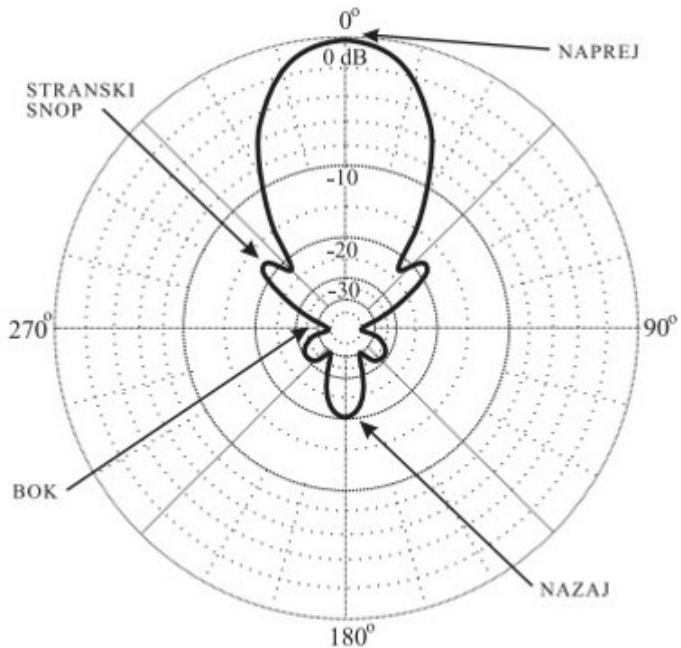
- 3D sliko, ali s
- horizontalnim / vertikalnim sevalnim diagramom



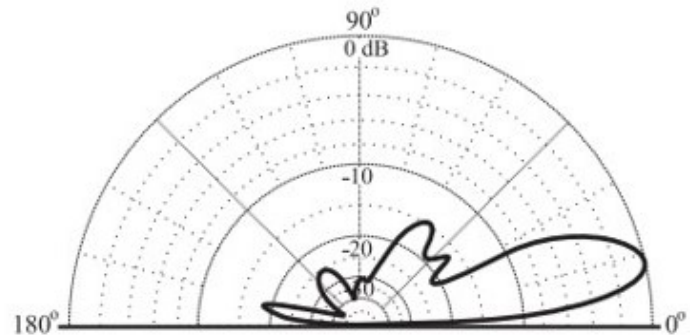
# Sevalni diagram



Horizontalni sevalni diagram



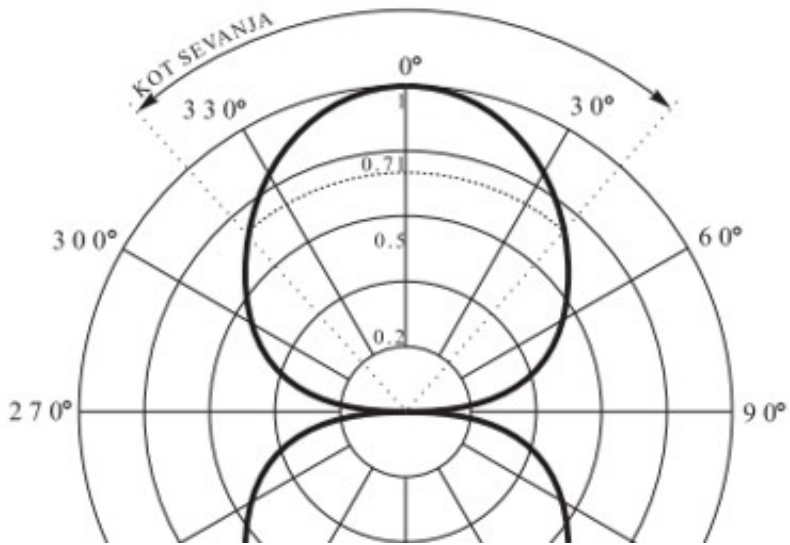

Vertikalni sevalni diagram

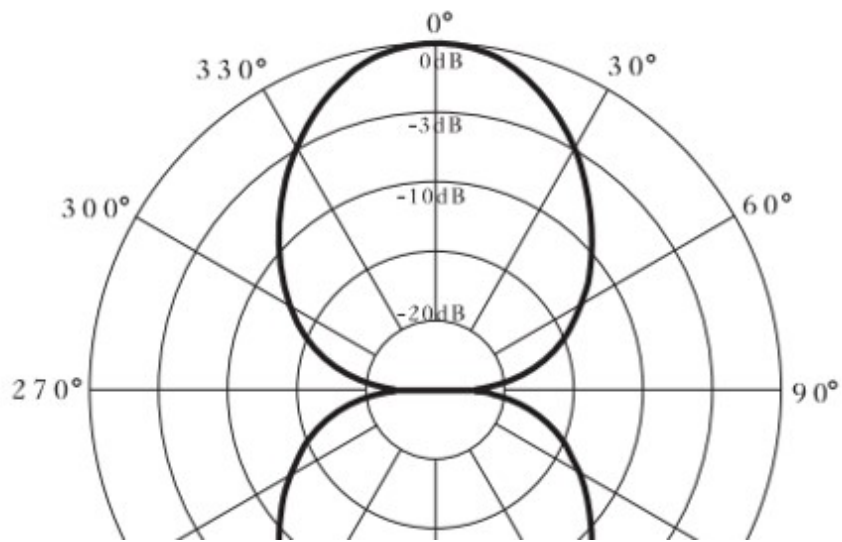


# Kot sevanja

## Širina sevanja antene v glavni smeri

V diagramu na glavnem snopu pri **0,71** maksimalne vrednosti.
To je 50 % padec moči oz. **-3dB**.

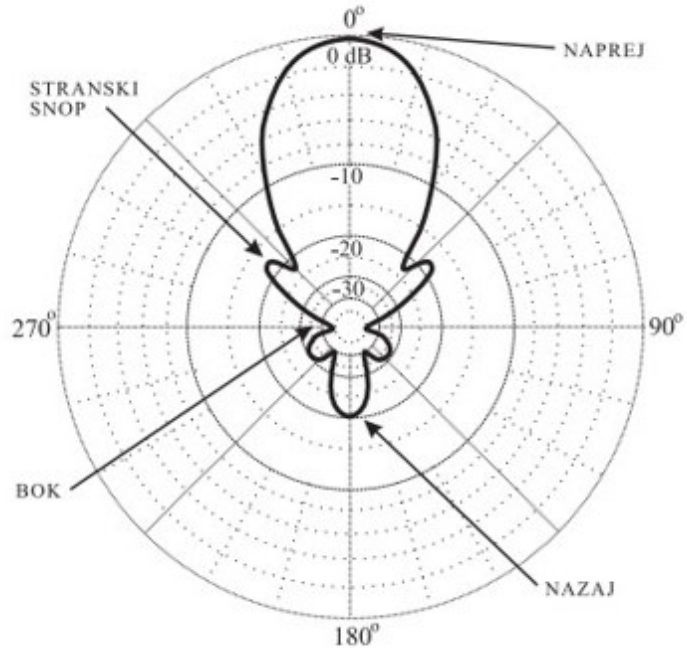


# Razmerja sevanja

**F/B ratio – front to back ratio:**
razmerje med napetostjo v smeri maksimalnega sevanja (0°) in njemu nasprotnega sevanja (180°)

**F/S ratio – front to side ratio:**
razmerje sevanja v direktni smeri in sevanja v bočni smeri (90°, 270°)



# Dobitek antene (ojačenje)

Gain

Razmerje ojačenja moči glede na referenčno anteno

$$G = \frac{P_1}{P_2}$$

$P_1$ – moč antene, ki se troši na anteni
$P_2$ – moč referenčne antene v istem polju

$$G(\mathrm{dB}) = 10 \cdot \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{U_1}{U_2}\right)$$

# Referenčne antene

**Izotropna (točkasta) antena:**
Ojačenje merimo z **dBi – decibel glede na izotropni radiator**

**Polvalni dipol:**
Ojačenje merimo z **dBd – decibel glede na dipol**

Ojačenje dipola glede na izotropni radiator je 2,14 dBi

# Efektivna izsevana moč – ERP

$$P_{\mathrm{ERP}} = G \cdot P$$

**Primer**:
Imamo oddajnik z močjo 25 W, anteno z ojačenjem 12 dBd in napajalni kabel, v katerem imamo 2 dB izgub. Iz navedenega je razvidno, da je skupno ojačenje antenskega sistema 10 dB oziroma 10-krat.

$$P_{\mathrm{ERP}} = 10 \cdot 25\ \mathrm{W} = 250\ \mathrm{W}$$

"Ob uporabi dipola bi za isto efektivno moč potrebovali 250 W oddajnik."

$$P_{\mathrm{EIRP}}(\mathrm{W}) = 1,64 \cdot P_{\mathrm{ERP}}(\mathrm{W})$$

$$P_{\mathrm{EIRP}}(\mathrm{dB}) = P_{\mathrm{ERP}}(\mathrm{dB}) + 2,15$$

# Praktične oblike anten

# Polvalni dipol

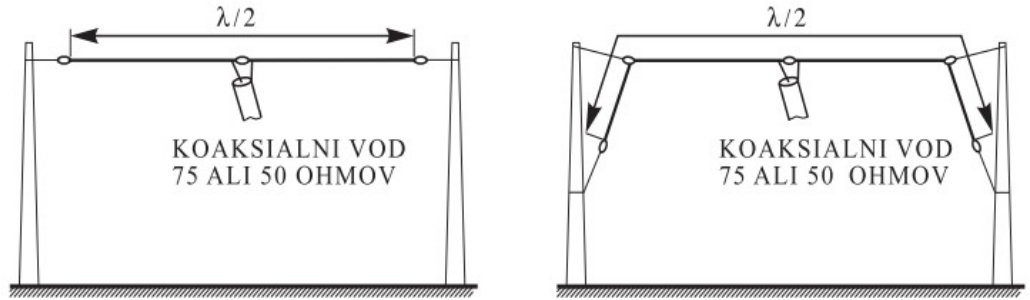
Še enkrat:

$$l(\mathrm{m}) = \frac{150}{f(\mathrm{MHz})} \cdot k$$

Na seva na vse strani enako

Ločimo:

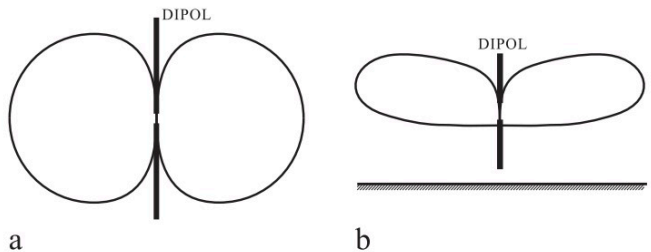
- horizontalni dipol
- vertikalni dipol




Če nimamo prostora lahko zavijemo konce proti tlom, to vpliva na sevalni diagram, resonanco in impedanco antene.

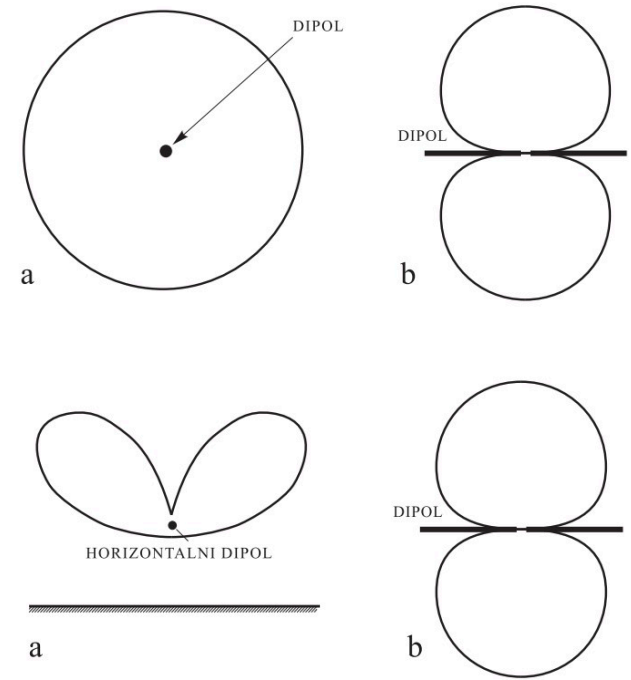
Idealno postavljen **vsaj ½ "λ" od tal**, če ni, se popači sevalni diagram.

Vertikalni sevalni diagram
vertikalnega dipola




a. v praznem prostoru
b. blizu tal

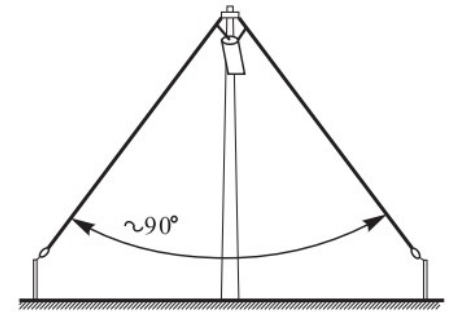
Horizontalni dipol



# Obrnjeni V – Inverted V

**Varianta dipola** (malenkost daljša, 5%)

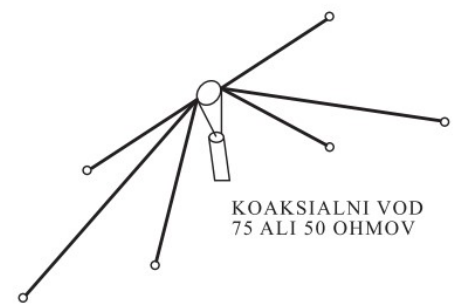
- Potrebuje le eno visoko točko
- Okoli 90° (60 - 120°)
- Konci vsaj 3 m od tal (zaradi varnosti mimoidočih)




Uglašujemo jo s:

- spreminjanjem **dolžine žice** in
- spreminjanjem **naklona**

Možno napajanje več anten različnih dolžin.

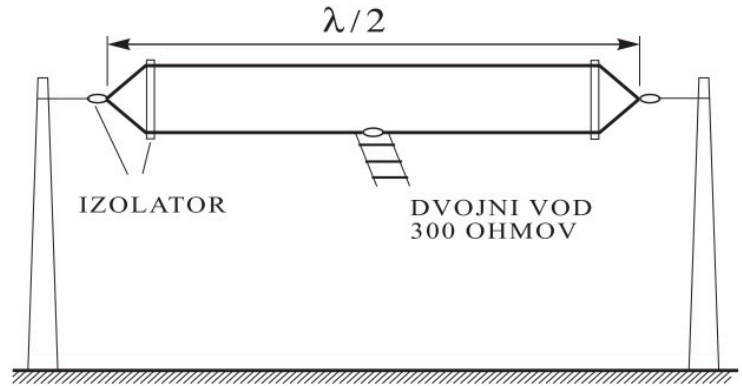


# Zaprt (zavit) polvalni dipol

Uporablja predvsem na UKV področju (tudi KV).
Tudi varianta dipola – bolj **širokopasoven**.

Impedanca je okoli 300 Ω, to pomeni, da anteno napajamo z:

- 300 Ω odprtim vodom ali pa
- 50 Ω koaksialnim vodom z 6:1 (balunom)



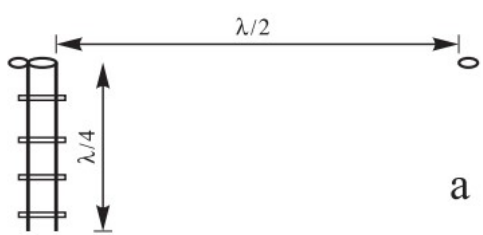
# Dipol antene za delo na več frekvenčnih pasovih

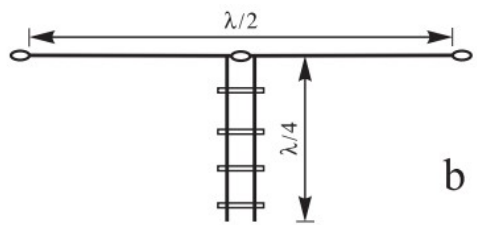
"Multiband dipoli"

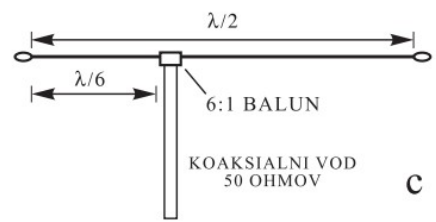
**Zepp antena**: polvalna antena, napajamo z odprtim vodom dolg $\frac{1}{4}\lambda$
Ločimo: **Enojni** (a) in **dvojni** (b) Zepp

**Windom antena** (c): polvalna antena, napajamo na $\frac{1}{3}$ dolžine antene (impedanca 300 Ω ⇒ 6:1 balun in koaksialni vod)

**Dvojna Windom antena**: dve anteni na istem balunu, pokrijemo več pasov



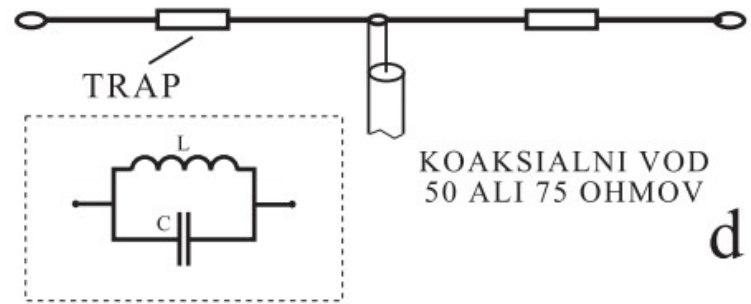
# "Trap" dipol

Dipol s pastmi

V antenski žici imamo **vgrajena posebna vezja**/pasti ali "trape"

Pasti so **vzporedni nihajni krogi** – pri resonanci **velika upornost**

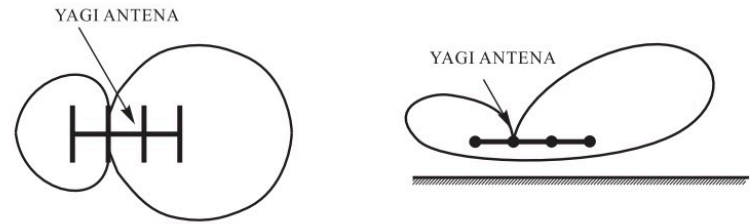
**W3DZZ** antena: z enim parom trapov pokrije več amaterskih pasov
To dosežemo s pravilnim razmerjem med L in C

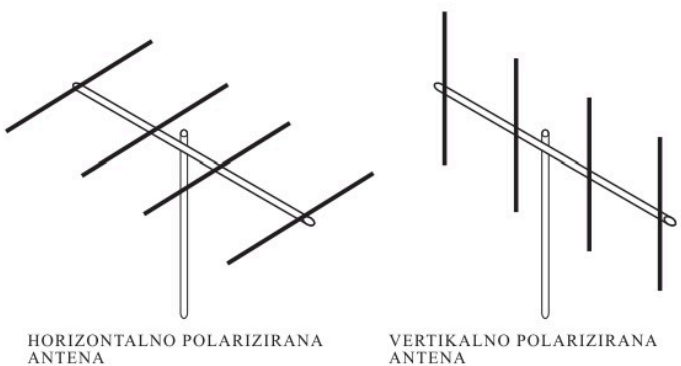


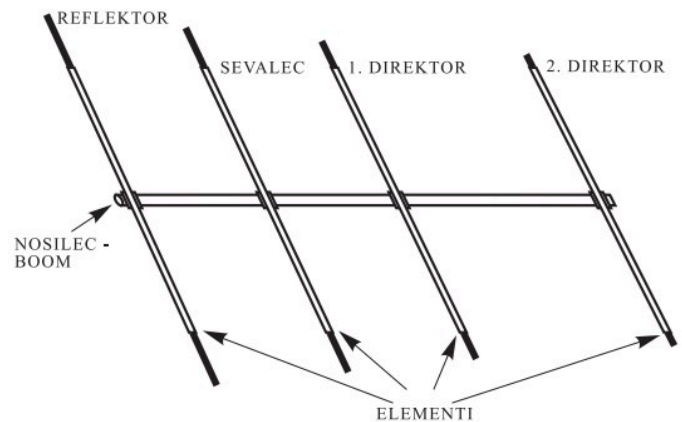
# Yagi–Uda antena

Tipična predstavnica **usmerjenih** anten

**Aktivni** element: **sevalec**
**Parazitni** elementi: **reflektor**, **direktorji**

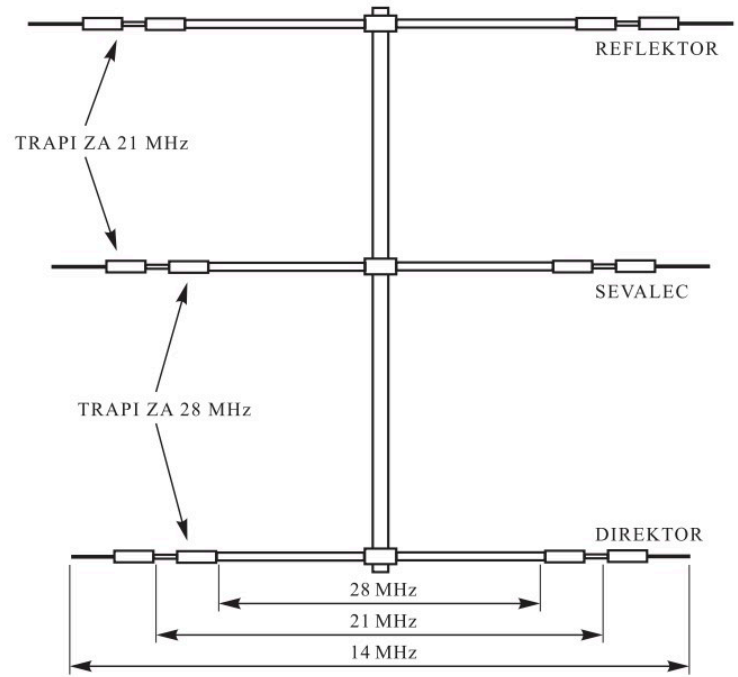


**Več direktorjev → ožji glavni snop**
Po določeni velikosti, ni smiselno povečevanje.

"Multiband" Yagi antena



# Zančne (loop) antene

**Quad** (4) in **Delta** (3) **Loop**

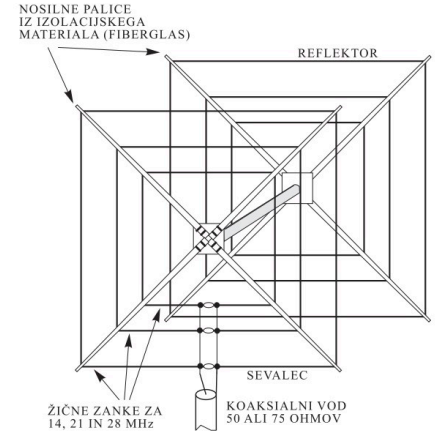
Dva ali več kvadratov/trikotnikov

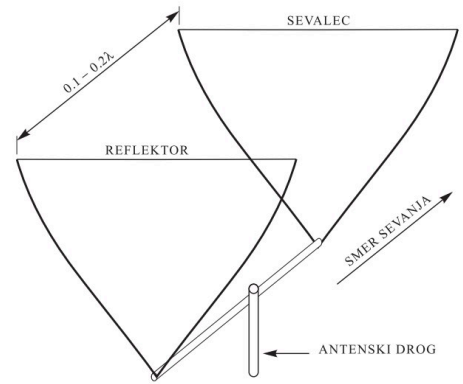
Sevalec (dolg λ), reflektor (λ + 3-5%), direktorji (λ - 3-5%)

Razmik približno 0,2 λ

Nižji vertikalni kot sevanja na majhnih višinah
Manj občutljive na šum
Slabša odpornost na vreme

KV – prevladujejo loop, UKV – yagi



# Logaritmično – periodične dipol antene (LPDA)

"log-periodik" (LP)

Najpogostejše za TV sprejemnike

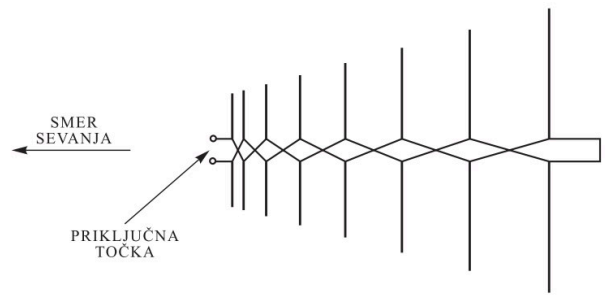
Pokrivajo **širok frekvenčni pas**, konstantno obnašanje

Najdaljši in najkrajši določata zgornjo in spodnjo mejo frekvenčnega pasu

Razmiki določajo ojačenje antene

**Napaja na sprednjem delu**

Predolgi – reflektorji, prekratki – direktorji



# Long – wire antena (LW)

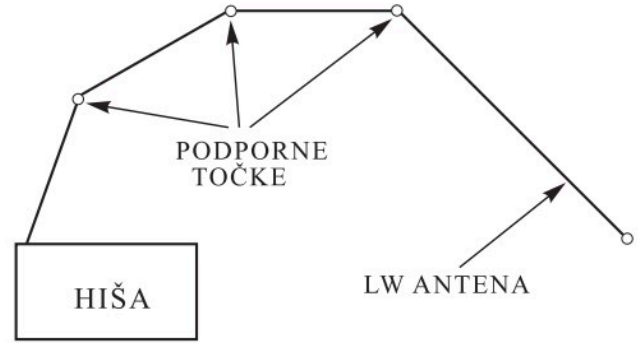
Ko nimamo prostora za polvalni dipol ali usmerjeno anteno

Žica postavljena čim višje, ne nujno v ravni liniji

**Moramo** uporabljati **prilagoditveno vezje** (prilagodimo impedanco)

Idealna dolžina je nekaj valovnih dolžin

Na najnižji frekvenci mora biti dolga vsaj $\frac{3}{4}\lambda$



# Vertikalne antene

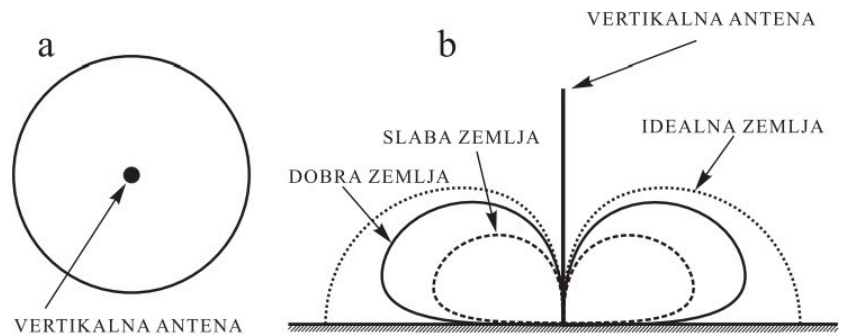
Malo prostora, delo iz vozila, ročne postaje

**Dobro narejena** in primerno **ozemljena**!

Horizontalno seva v vse smeri enako ("omnidirekcionalna"), vertikalno precej usmerjena

Polovica vertikalnega dipola ($\frac{1}{4}\lambda$), druga polovica je zemlja pod anteno

Ozemljimo z **radiali** (na ali pod zemljo) 0,2 - 0,5 λ



Na KV pogosto dodamo "trape"

$\frac{1}{4}\lambda$ najbolj razširjena,
**AMPAK** optimalni kot sevanja dosežemo z $\frac{5}{8}\lambda$

Problemi: **ni napajalnih vodov** s pravilno impedanco
in antena **ni resonančna** (kapacitivna)

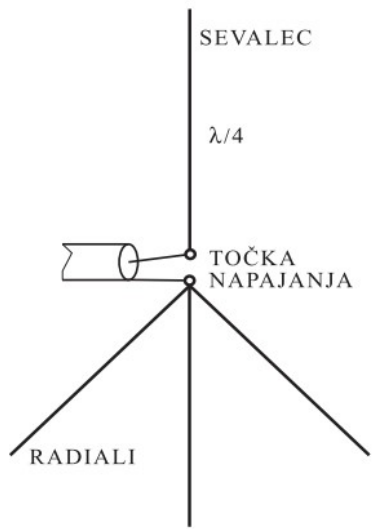
Pomagamo si s tuljavo pri vznožju

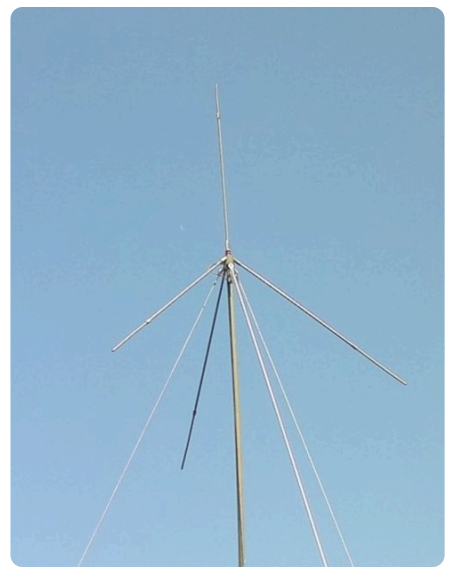
Oddaja: odlična
Sprejem: **več šuma** kot horizontalne

# Ground plane – GP antene

Vertikalna antena postavljena visoko nad zemljo – potrebujemo "**umetno zemljo**" ali "ground plane"

Radiali – žica (KV) ali aluminijaste cevi





# Parabolična antena

Predvsem na UHF in SHF

Zakaj? Na 144MHz je premer reflektorja okoli 15m

Reflektor – "**parabolično zrcalo**"
**Sevalec** – **v gorišču**

Sevalci različnih oblik – z menjavo, različni frekvenčni pasovi

**VELIKO ojačenje** in **ozek kot sevanja**

Satelitske in EME (lahko tudi tropo) zveze

# Umetna antena

**Ne seva** energije v prostor

Upori primerne moči

Predstavljajo popolnoma prilagojeno breme

**Uglaševanje in testiranje** oddajnikov

# Postavljanje anten

**VARNOST!!**

# Napajanje anten

# Antenski / napajalni vod

Poveže anteno in oddajnik

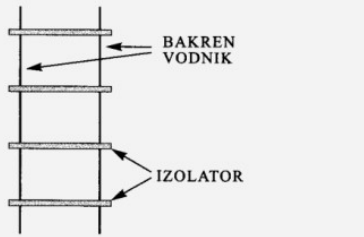
Največji prenos moči: končna stopnja oddajnika in antena **impedančno prilagojena**

Dober vod:

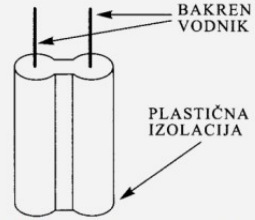
- **ne sme sevati**
- **energija** pri prenosu **se ne sme izgubiti**
- mora imeti **konstantne električne karakteristike**
- mora biti odporen na **vreme**

# Vrste antenskih vodov

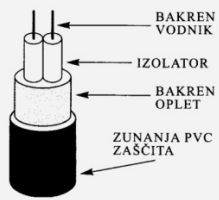
Dve glavni vrsti: **dvožilni** in **koaksialni** vod



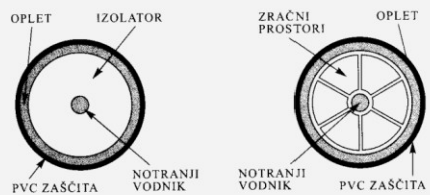

Dvožilni vod z zračnim izolatorjem




Dvožilni vod z izolatorjem iz plastične mase

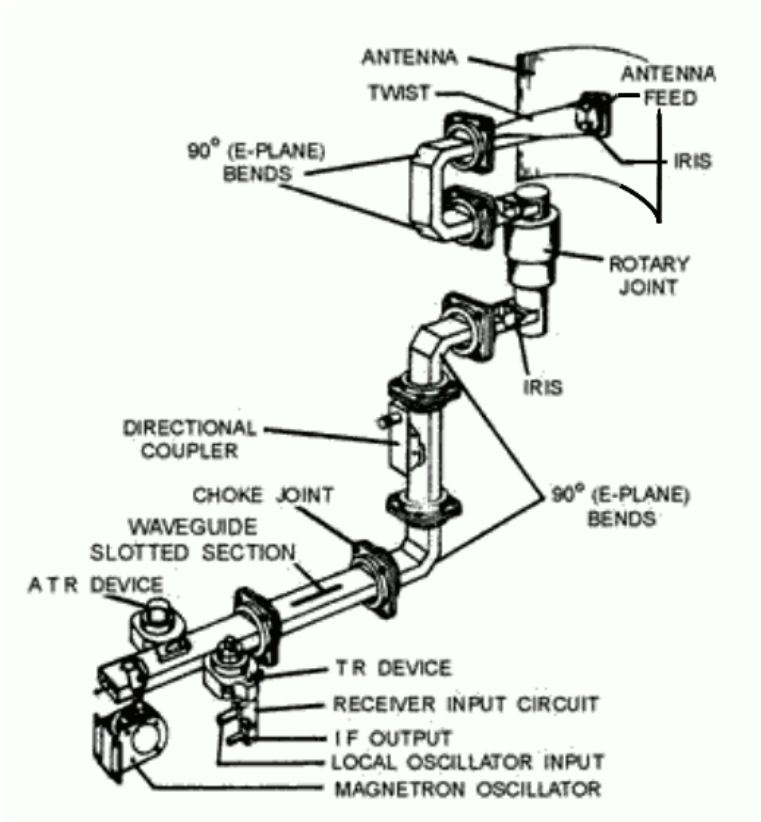



Dvožilni oklopljeni simetrični vod




Zgradba koaksialnega voda

**Valovod** (Waveguide) – cev ustreznega preseka (za mikrovalovno področje)



# Karakteristična impedanca voda (Z)

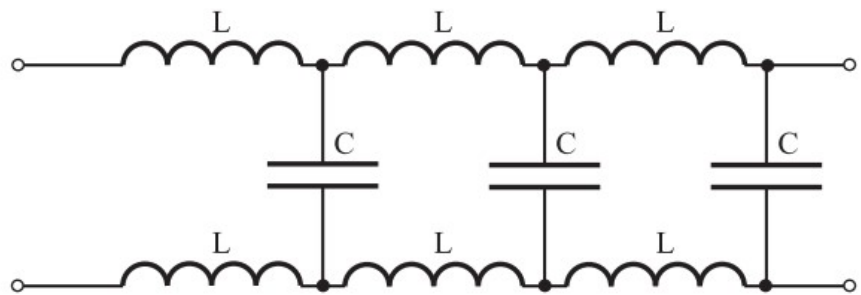
Razmerje napetosti U in toka I na neskončno dolgem vodniku

Impedanca (zračni izolator):

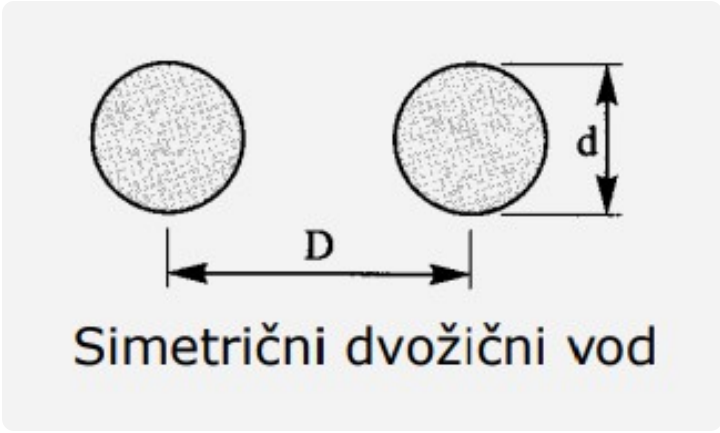
$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$L$ – "debelina vodnika"

$C$ – "medsebojna razdalja"

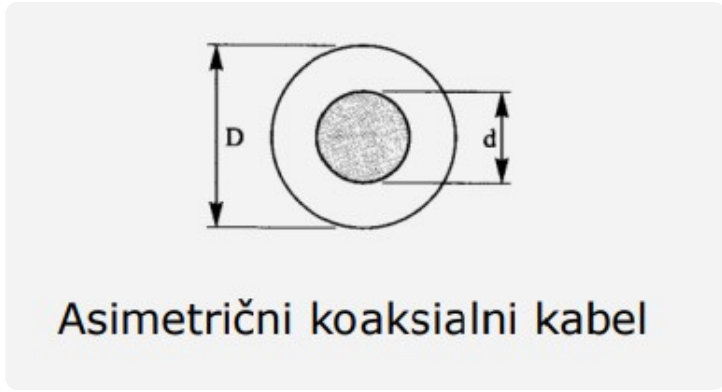


Dvožilni antenski vod




$$Z(\Omega) = \frac{120}{\sqrt{\varepsilon_r}} \cdot \ln \frac{2 \cdot D(\mathrm{mm})}{d(\mathrm{mm})}$$

Koaksialni vod




$$Z(\Omega) = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_r}} \cdot \ln \frac{D(\mathrm{mm})}{d(\mathrm{mm})}$$

# Vpliv dielektrika

Hitrost širjenja valovanja v snovi:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}}$$

$v$ – hitrost v snovi ($\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$)
$c$ – hitrost svetlobe (300000 $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$)
$\varepsilon_r$ – relativna dielektrična konstanta

Skrajševalni faktor koaksialnega voda:

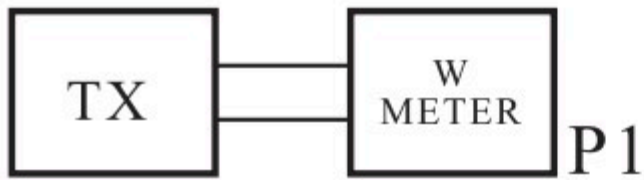
$$V = \frac{v}{c} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}}$$

| **Snov** | $\varepsilon_r$ |
|---|---|
| Zrak | 1,0 |
| Teflon | 2,0 |
| Polietilen | 2,3 |
| Pleksi steklo | 3,0 … 3,6 |
| Polivinil (PVC) | 3,1 … 3,5 |
| Epoksi smola | 3,5 |
| Porcelan | 6,5 |

| **Tip koaksialnega kabla** | $V$ |
|---|---|
| RG58 | 0,66 |
| RG | 0,66 |
| RG | 0,66 |
| RG | 0,71 |
| RG | 0,72 |
| H155 | 0,81 |
| H500 | 0,81 |

# Izgube v napajalnih vodih

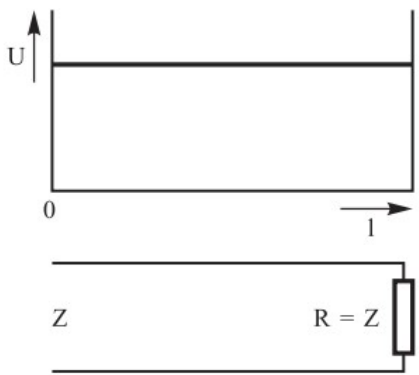
**Izgube** zaradi ohmske **upornosti žice** (skin efekt), **izgube v dielektriku** in **sevanja voda**



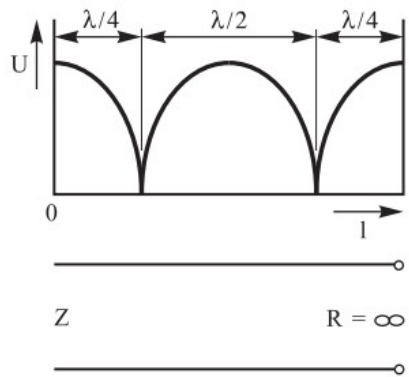

$$G_{IZG}(dB) = 10 \cdot \lg \frac{P2}{P1}$$

# Porazdelitev toka in napetosti vzdolž voda
# Stojno valovanje

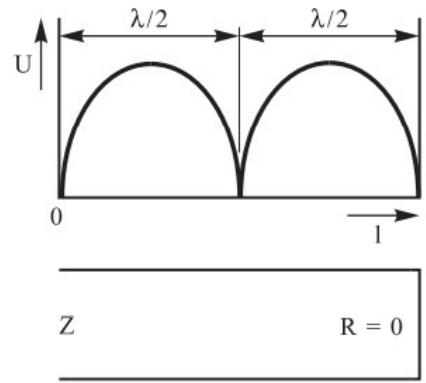
Prilagojeno breme
R = Z




Odprt vod
R = ∞

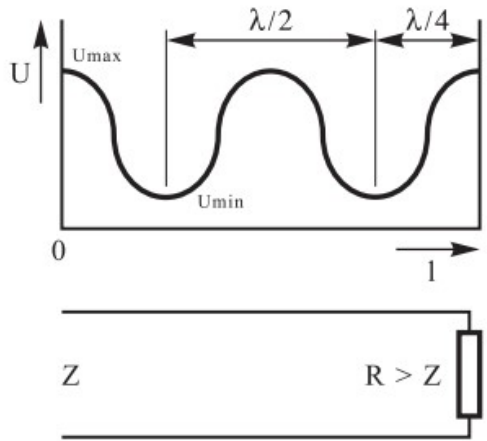



Kratko sklenjen vod
R = 0

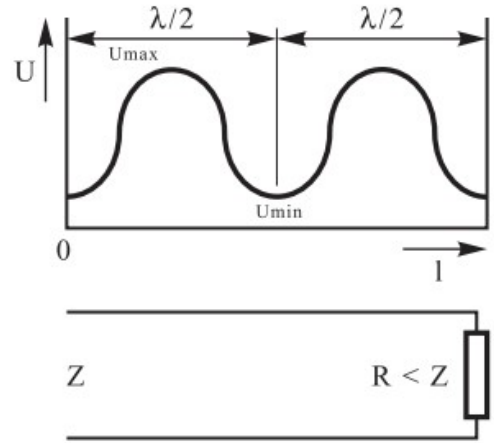


Del VF energije se potroši na bremenu, preostali del se vrne

R > Z




R < Z



# Razmerje stojnega valovanja (SWR)

"Standing wave ratio"

$$\mathrm{SWR} = \frac{U_{\max}}{U_{\min}}$$

Merimo s **SWR metrom**

Slab SWR povzroči:

- Izgube / gretje / poškodbe na antenskem vodu
- Manjša izsevana moč
- **Poškodba končne stopnje** na oddajniku!

Dopustna meja: SWR = 3 (25% moči)

| SWR | % Izgube moči |
|---|---|
| 1,0 | 0,0 % |
| 1,2 | 0,8 % |
| 1,4 | 2,7 % |
| 1,6 | 5,0 % |
| 1,8 | 8,0 % |
| 2,0 | 11,0 % |
| 2,2 | 14,0 % |
| 2,4 | 17,0 % |
| 3,0 | 25,0 % |
| 6,0 | 55,0 % |
| 10,0 | 70,0 % |

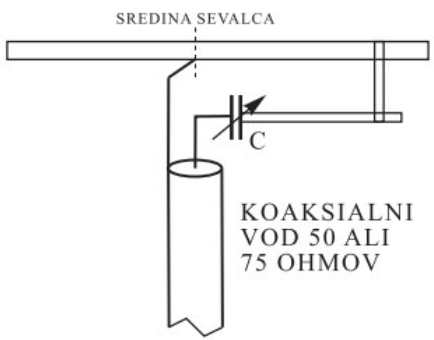
# Elementi za prilagoditev in transformacijo

**Gama**: s kratkostično objemalko in spremenljivim kondenzatorjem prilagajamo SWR

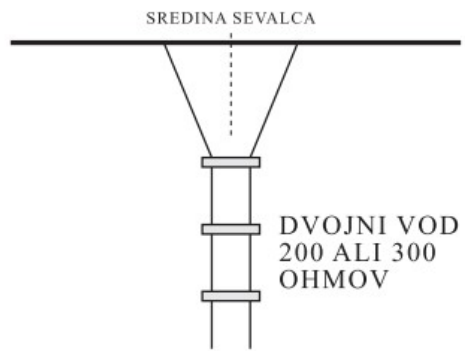
**Delta**: priključne žice na sredino dipola, sredino lahko ozemljimo

**Hairpin**: Lažje kot gama, ampak mora sevalec biti prekinjen in v primeru koaksa potreben člen za simetriranje (balun)

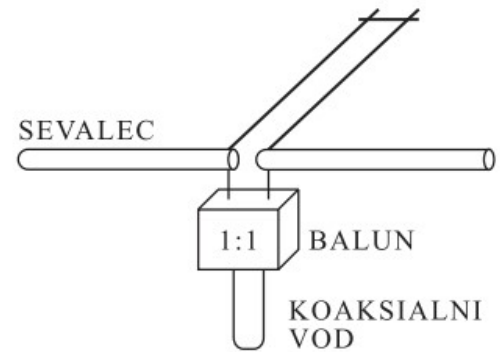
Gama



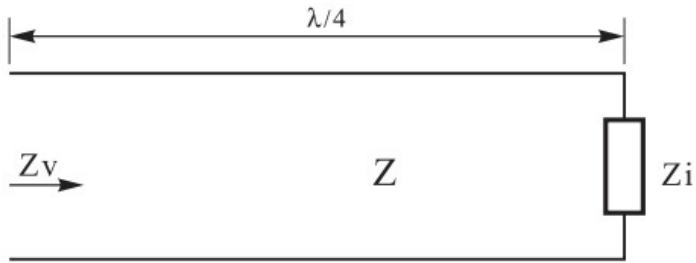

Delta




Hairpin



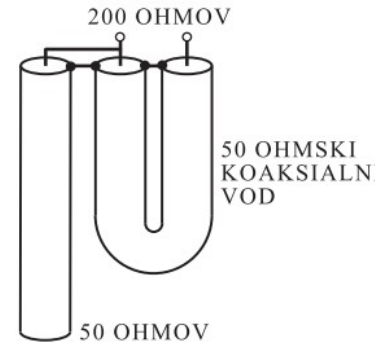
# Transformatorji impedance




$$Zv = \frac{Z^2}{Zi}$$

**Četrtvalni transformator** impedance

$Z_v$ – vhodna impedanca
$Z_i$ – izhodna impedanca




**Polvalna zanka**

Transformira impedanco 4:1
Omogoča simetriranje

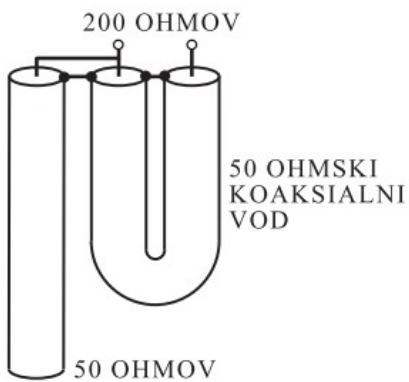
Upoštevamo skrajševalni faktor voda!

# Transformatorji za simetriranje

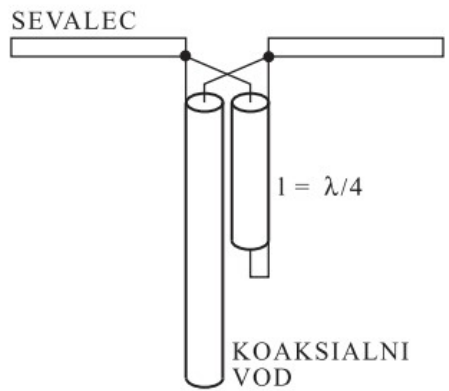
Polvalni dipol (simetrični) -?- koaksialni vod (nesimetrični)

Balun (**bal**anced-**un**balanced) – prehod, simetrično na nesimetrično

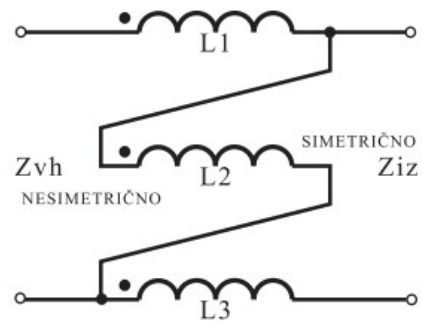
**Polvalna zanka**




**Bazooka** simetrirni člen

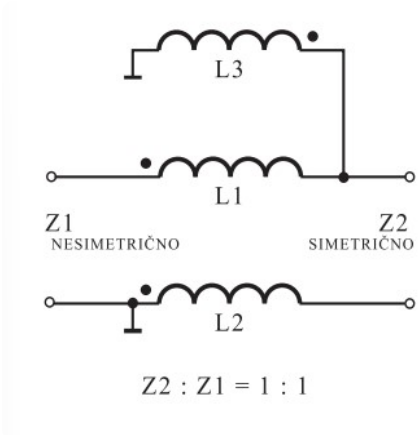



Trifilarno navitje

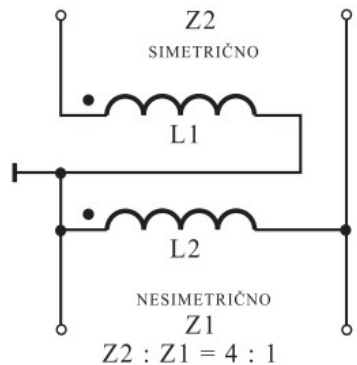



Zvh : Ziz = 1 : 1

1:1 Balun




4:1 Balun



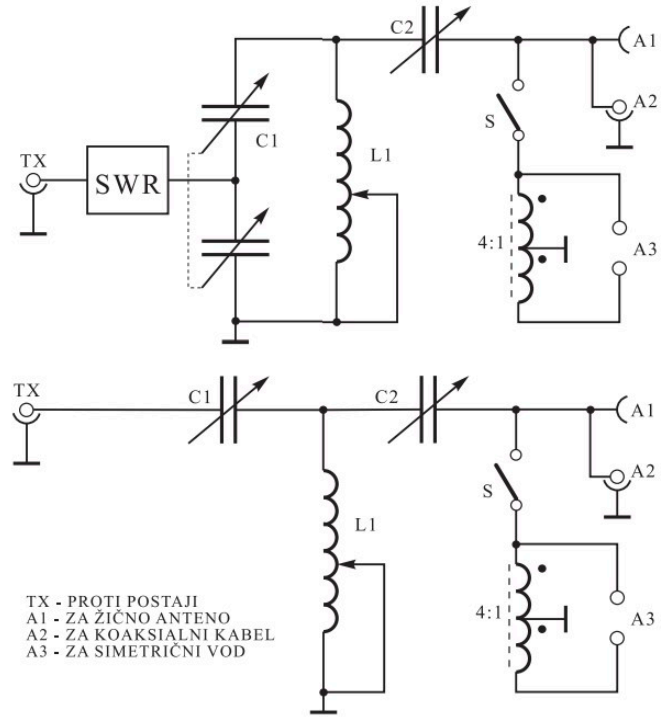

1:1 Balun

In še mnogo več ...

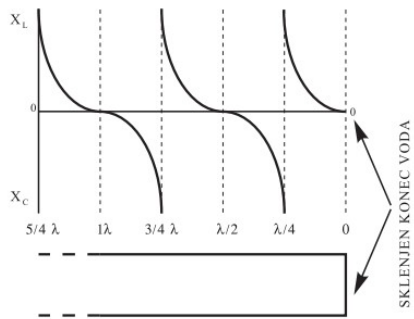
# Antenski tunerji

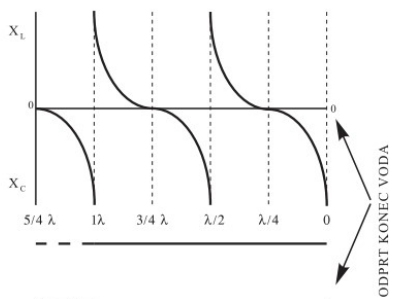
Anteno prilagodi na impedanco oddajnika

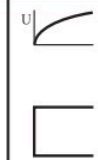
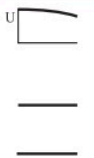
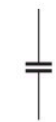
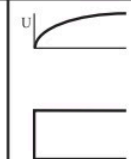
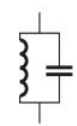
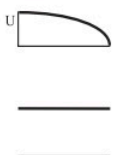
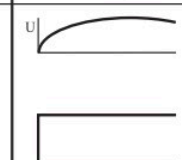
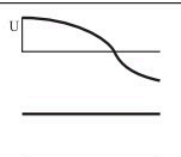
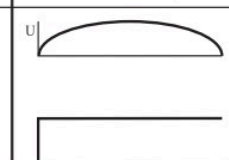
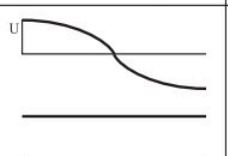
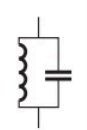
Tuner **NE naredi antene resonančne**



# Napajalni vod kot element za uglaševanje




| DOLŽINA VODA | SKLENJEN VOD | | ODPRT VOD | |
|---|---|---|---|---|
| | PORAZDELITEV NAPETOSTI | DELUJE KOT | PORAZDELITEV NAPETOSTI | DELUJE KOT |
| $l < \lambda/4$ |  |  |  |  |
| $l = \lambda/4$ |  |  |  | |
| $l > \lambda/4$ in $l < \lambda/2$ |  | |  |  |
| $l = \lambda/2$ |  | |  |  |

# Motnje

# Vzroki za nastanek in ukrepi za preprečevanje

**Antene**
Napajanje z oklopljenim antenskim vodom → manj sevanja v okolico

**Priključek na električno omrežje**
Motnje iz električnega omrežja lahko odpravimo z vgradnjo filtrov in dušilk

**Parazitne oscilacije** (višji harmoniki)
Da zmanjšamo pojav, pazimo na pravilno gradnjo oddajnikov, ojačevalnikov in anten

**Motnje zaradi intermodulacijskih popačenj**
Premočni signali → sprejemnik pride v nelinearno območje

**Preprečevanje motenj**
Oklapljanje in blokiranje vseh delov naprav, ki generirajo neželeno VF energijo

# Vrste motenj

**Radijske motnje** (RFI – Radio Frequency Interference):
radioamaterska postaja lahko vzrok ali žrtev
Radijski šum je posledica iskrenja, razelektritev, delovanja električnih strojev, ...

**Televizijske motnje** (TVI – Television Interference):
preobremenitev sprejemnika, ko je oddajna antena preblizu televizijski anteni

**Druge vrste motenj**
Motnje zaradi predolgih (audio/video) kablov (delujejo kot antene)

# Meritve

# Napake pri meritvah

Merilni napaki pravimo tudi pogrešek

**Netočnost inštrumenta**:
Zaradi težavnosti odčitavanja, občutljivosti inštrumenta, merilnih pogojev, vgrajenih elementov in ostalega ...

**Vpliv frekvence**:
Pri izmeničnih veličinah lahko frekvenca vpliva na meritev toka ali napetosti. Vsi inštrumenti so frekvenčno omejeni in lahko merijo signale do neke maksimalne frekvence.

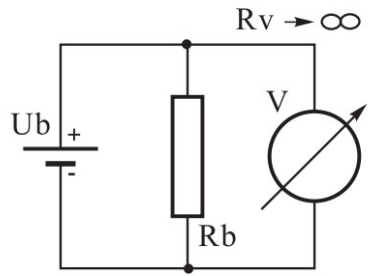
**Vpliv notranje upornosti inštrumentov**:
Notranja upornost voltmetra/ampermetra vpliva na meritev napetosti/toka.

**Vpliv oblike merjene napetosti**:
Tudi oblika napetosti vpliva na meritev veličin, ponavadi imamo inštrumente, ki merijo sinusno napetost oz. tok

# Merjenje napetosti

**Voltmeter** priključimo **vzporedno** z bremenom

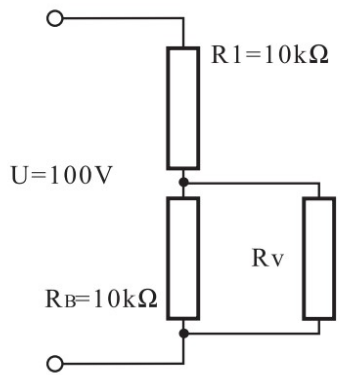
Upornost voltmetra podajamo v ohmih na volt (**Ω/V**),
**želimo večjo notranjo upornost** (digitalni voltmetri),
s tem manj vpliva na rezultat meritve




$$U_v = U \cdot \frac{R_N}{R_1 + R_N} \qquad R_N = \frac{R_B \cdot R_V}{R_B + R_V}$$

$U_v$ – izmerjena napetost

$R_N$ – nadomestna upornost ($R_B$, $R_V$)



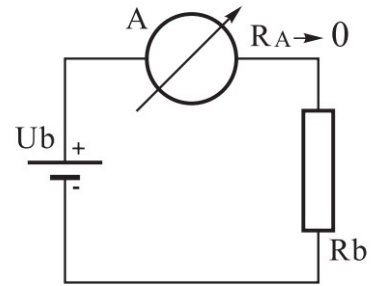
# Merjenje toka

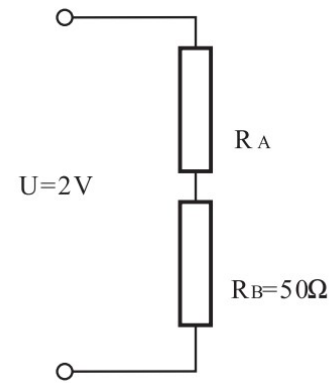
**Ampermeter** priključimo **zaporedno** bremenu

**Želimo čim nižjo notranjo upornost**

$$I = \frac{U}{R_A + R_B}$$

$R_A$ – upornost ampermetra

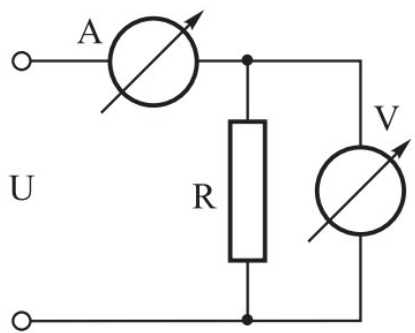


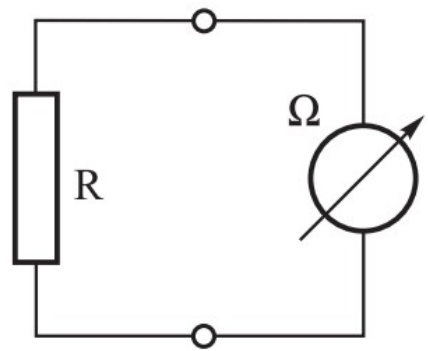
# Merjenje upornosti

$$R = \frac{U}{I}$$

Posredno merjenje upornosti




Merjenje upornosti z **ohmmetrom**



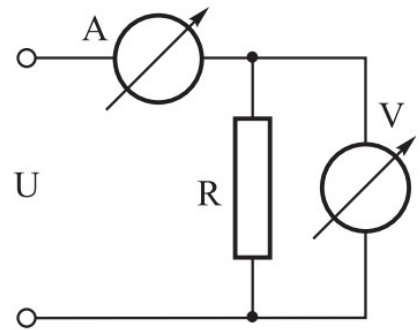
# Merjenje moči

$$P = U \cdot I \qquad P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$$

Če želimo prave podatke o moči,
moramo pravilno obremeniti izhod (50 Ω)

Želimo φ čim bližje 0°

Posredno merjenje moči

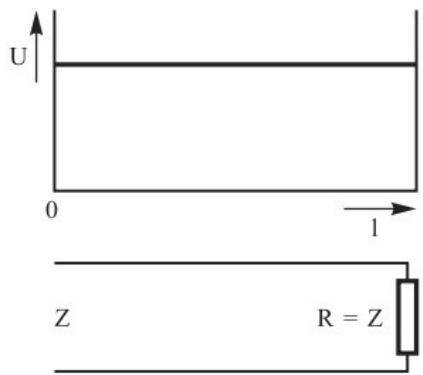


# Merjenje stojnega valovanja

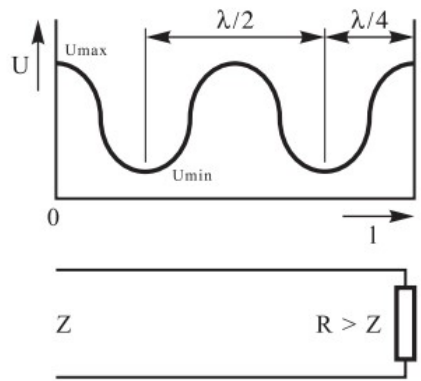
Uporabimo **reflektometer** oz. SWR meter

$$\mathrm{SWR} = \frac{U_{\max}}{U_{\min}}$$

SWR: 1,0



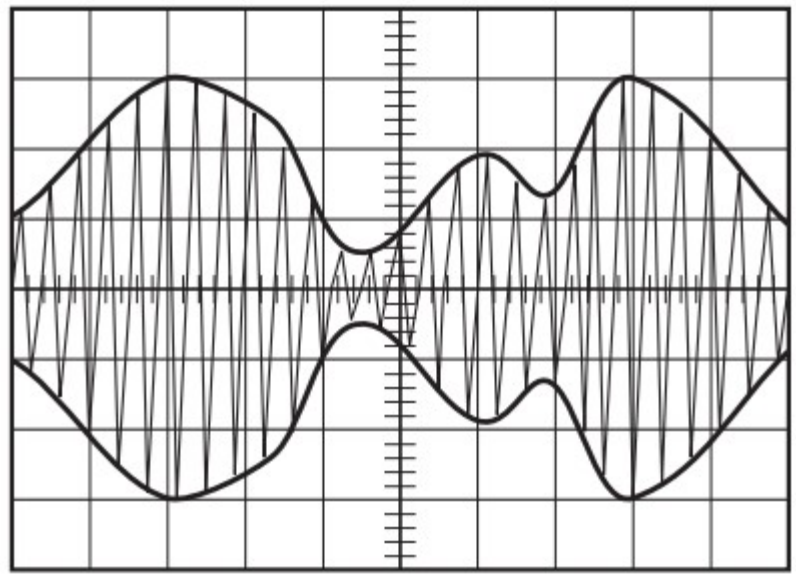

SWR: > 1,0



# Merjenje oblike VF signala

Uporabimo **osciloskop**

Amplitudna modulacija



# Merjenje frekvence

Več možnosti:

- Štejemo število impulzov v določenem času $f = \frac{N}{T}$
- Uporabimo VF indikator
  - Nihajni krog, ki ga nastavimo na določeno frekvenco
- Uporabimo Grid-Dip meter
  - Meri frekvenco pasivnih nihajnih krogov, kondenzatorjev, tuljav

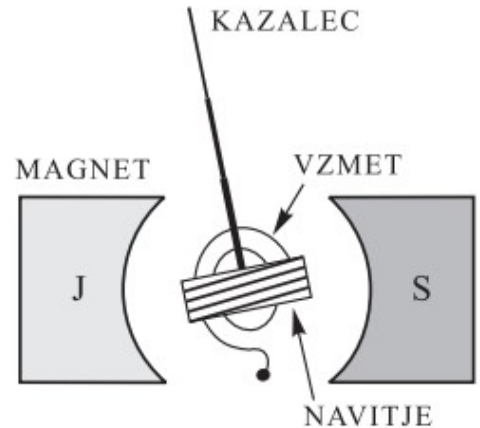
# Inštrument z vrtljivo tuljavico

**Merilni inštrumenti**

Tok skozi navitje povzroči zasuk zaradi magnetnega polja

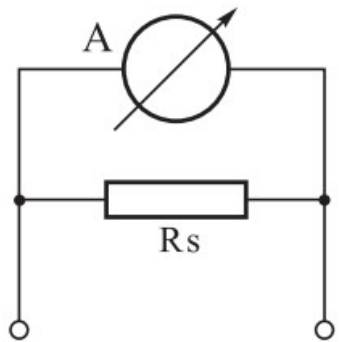
Proti magnetni sili deluje sila vzmeti

Lahko teče le majhen tok (50 μA)

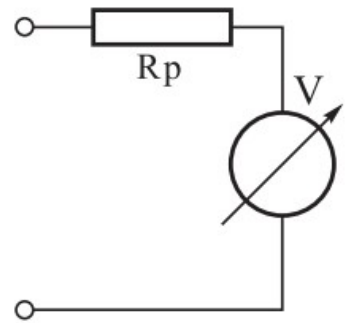


Da zmanjšamo tok / napetost skozi tuljavico, vežemo dodatni soupor / predupor odvisno od maksimalne vrednosti, ki jo želimo meriti

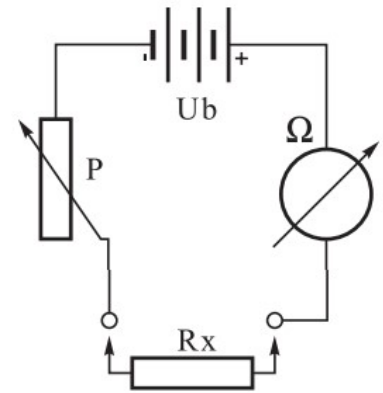
Soupor




Predupor




Merjenje upornosti

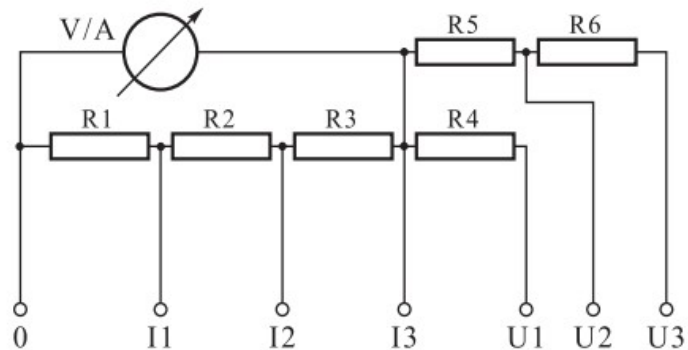


# Multimeter

**Merilni inštrumenti**

Multimeter – merilnik, ki meri več različnih veličin

AVO meter – Amper Volt Ohm meter



Analogni multimeter

Digitalni multimeter

# Reflektometer

**Merilni inštrumenti**

Merilec odbitih (reflektiranih) valov

Odbojnost lažje izmerimo kot impedanco bremena

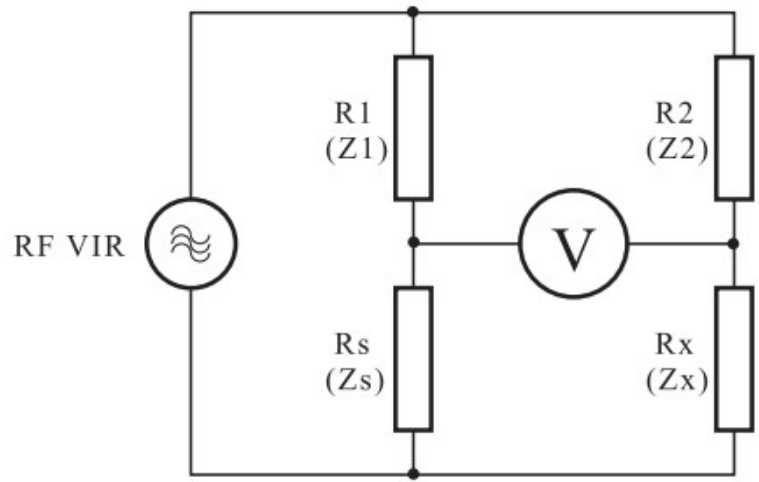
Vrednosti od 0 (popolnoma prilagojeno) do 1 (popolnoma neprilagojeno)

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$

$Z$ – impedanca bremena

$Z_0$ – referenčna impedanca (50 Ω)

$\Gamma$ (Gama) – velikost odbojnosti



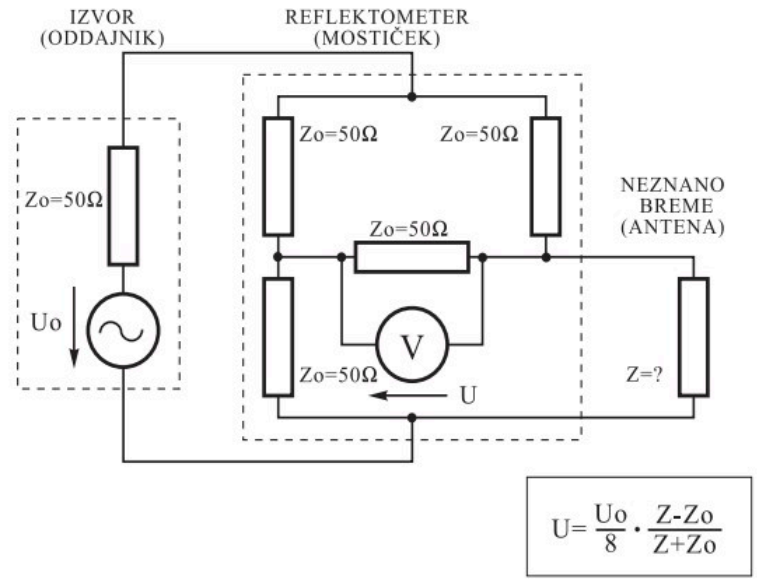
# SWR meter

**Merilni inštrumenti**

Valovitost (SWR) – razmerje stojnega vala

Vrednosti od 1 (popolnoma prilagojeno) do ∞ (popolnoma neprilagojeno)

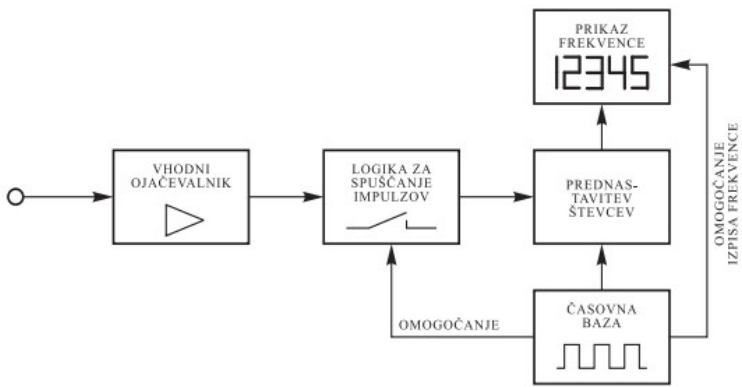
$$\mathrm{SWR} = \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma}$$



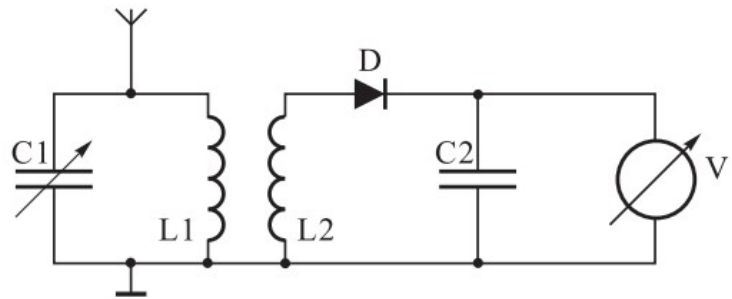
# Frekvenčni merilnik

**Merilni inštrumenti**

Števec frekvence




Frekvenčni indikator

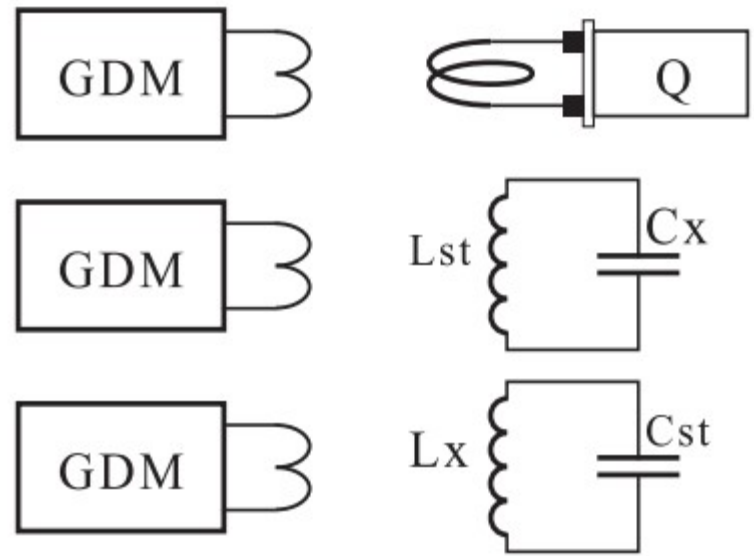


# GRID-DIP meter

**Merilni inštrumenti**

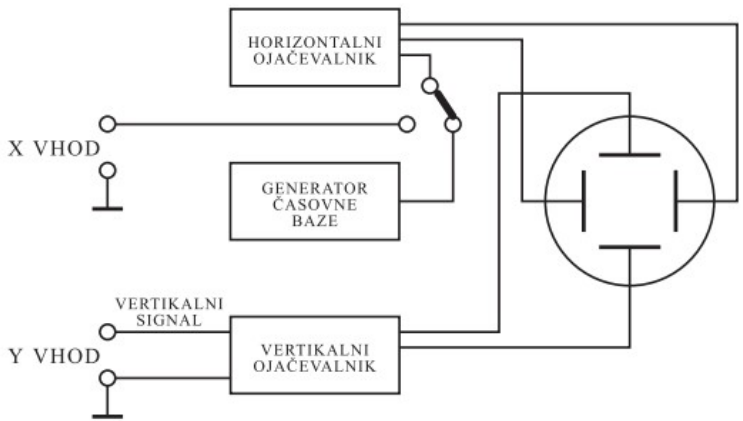
Merimo:

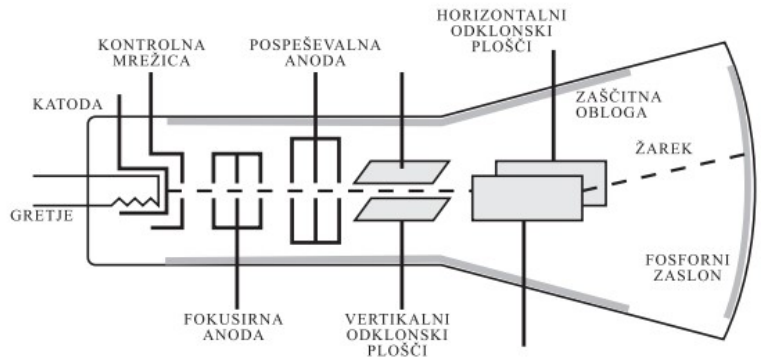
- **Resonančno frekvenco** nihajnega kroga
- **Kapacitivnost** kondenzatorja
- **Induktivnost** tuljave

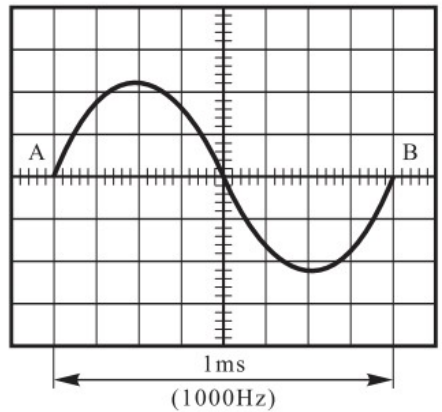


# Osciloskop

**Merilni inštrumenti**






$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1000\ \text{s}} = 1000\ \text{Hz}$$

# Varstvo pri delu

Nevarnost pri delu z električnim tokom: izogibajmo se napetostim, višjim od 50 V, ki so že lahko nevarne!

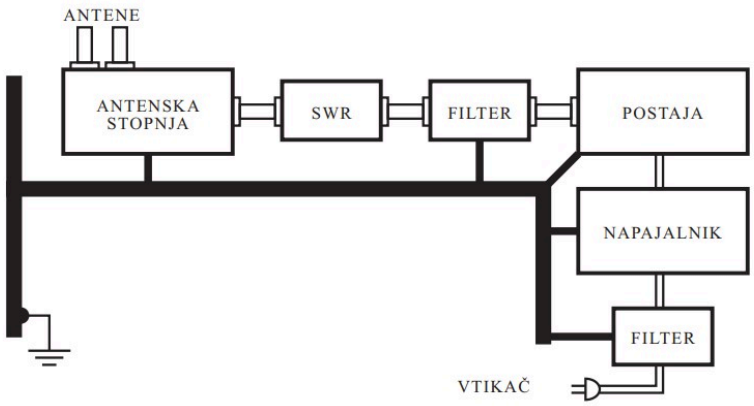
Nevarnost VF energije: Nikoli se ne dotikajmo naprav v obratovanju! Pri visokih oddajnih močeh lahko pride do opeklin kože. Opekline lahko zaznamo že pri 10 W. Pri 1500 W oddajniku se na priključnih sponkah antene pojavi napetost:

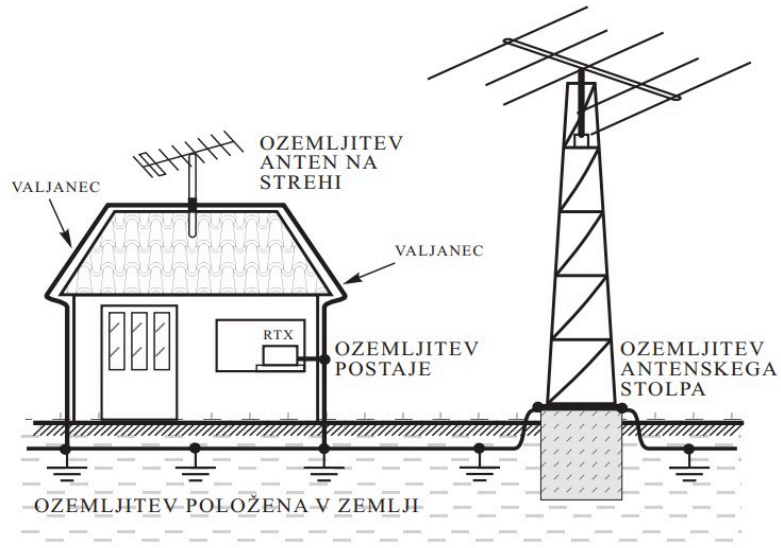
$$U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{1500\ \mathrm{W} \cdot 50\ \Omega} = 273\ \mathrm{V}$$

Nikoli ne glejmo v usmerjene antene, saj so oči slabo prekrvavljene in lahko pride do trajnih posledic

# Nevarnost udara strele

Dobra ozemljitev zmanjša verjetnost nastanka motenj



# Primeri vprašanj

Kaj naredimo z varovalko, ki je pregorela?

a) Varovalko zamenjamo z novo, ki je predvidena za večji tok
b) Varovalko premostimo s kosom žičke
c) Varovalko zamenjamo z novo, ki je predvidena za isti tok

Pred odpiranjem usmernika, ki deluje pri napetosti 220 V, moramo:

a) izključiti stikalo usmernika
b) iz usmernika odstraniti varovalko
c) dovodni 220 V omrežni kabel izključiti iz omrežja

MY KIDNAPPERS RETURNING ME AFTER I'VE BEEN TEACHING THEM ABOUT THE HAM BANDS, PROPOGATION, CALLSIGNS, DIFFERENT MODULATION MODES, POWER REQUIREEMENTS FOR DIGITAL, METHODS FOR LEARNING MORSE, TNCS AND INTERFACES, WATERFALLS, INTERFERENCE...