



**DRUŠTVO ELEKTRONIKOV
SLOVENIJE**

in

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za elektrotehniko*



NAČRTOVANJE IN IZDELAVA TISKANIH VEZIJ

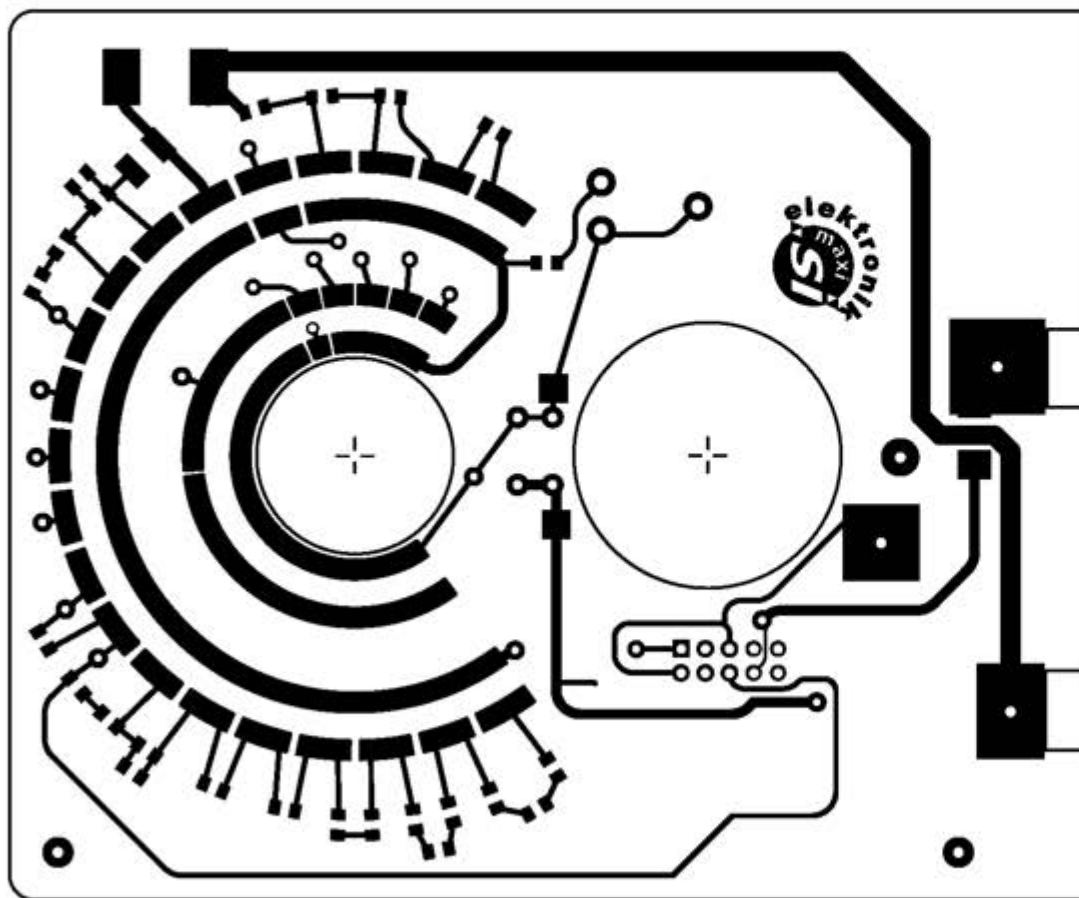
**Zgodovina, razvoj, materiali in zasnova
tiskanih vezij**

Darko Volk

Ljubljana 2013

Tiskana vezja

Kaj tiskano vezje sploh je ?



TIV - Tiskano vezje
PCB - Printed Circuit Board

Tiskana vezja

Kaj tiskano vezje sploh je ?

Zgodovina elektronskih vezij



Od načrta do realizacije

TIV - Tiskano vezje
PCB - Printed Circuit Board

- * Električni načrt
- * Sestava vezja
- * Preizkus (meritve)
- * Servisiranje

Tiskana vezja

Kaj tiskano vezje sploh je ?

Zgodovina elektronskih vezij

TIV - Tiskano vezje

PCB - Printed Circuit Board

Od načrta do realizacije

V amaterskih pogojih je enostavno,.....



Tiskana vezja

Kaj tiskano vezje sploh je ?

Zgodovina elektronskih vezij

TIV - Tiskano vezje
PCB - Printed Circuit Board



Tiskana vezja

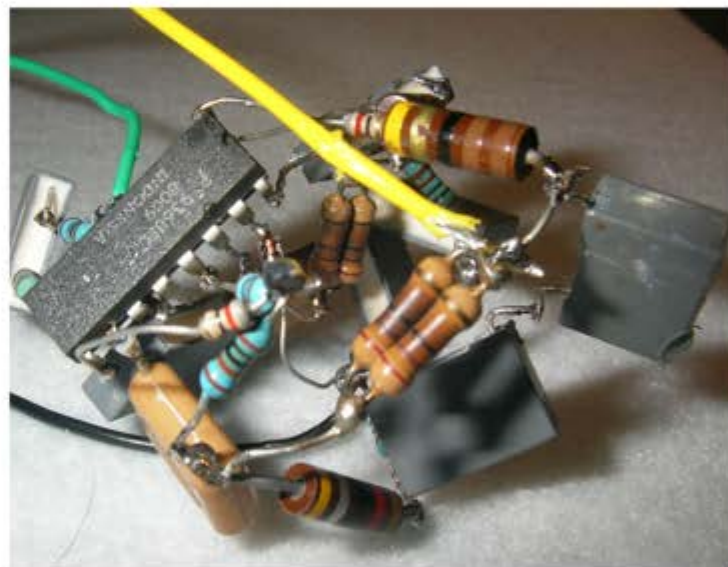
Kaj tiskano vezje sploh je ?

Zakaj vezje zdaj ne deluje ?



Zgodovina elektronskih vezij

Napačna vprašanja !



Tiskana vezja

Kaj tiskano vezje sploh je ?



⁶
Zgodovina elektronskih vezij

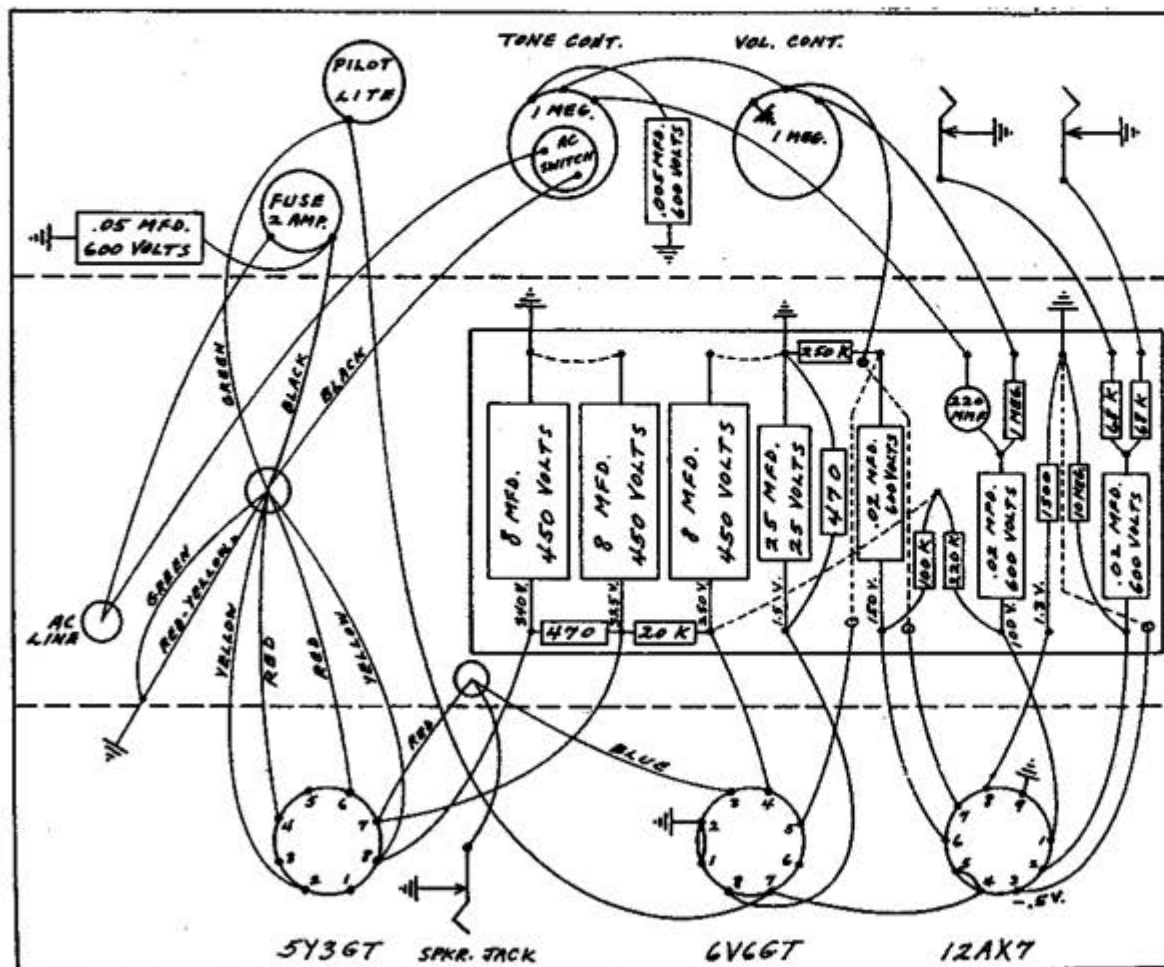
Pravilna vprašanja !

Zakaj vezje sploh deluje ?



Tiskana vezja

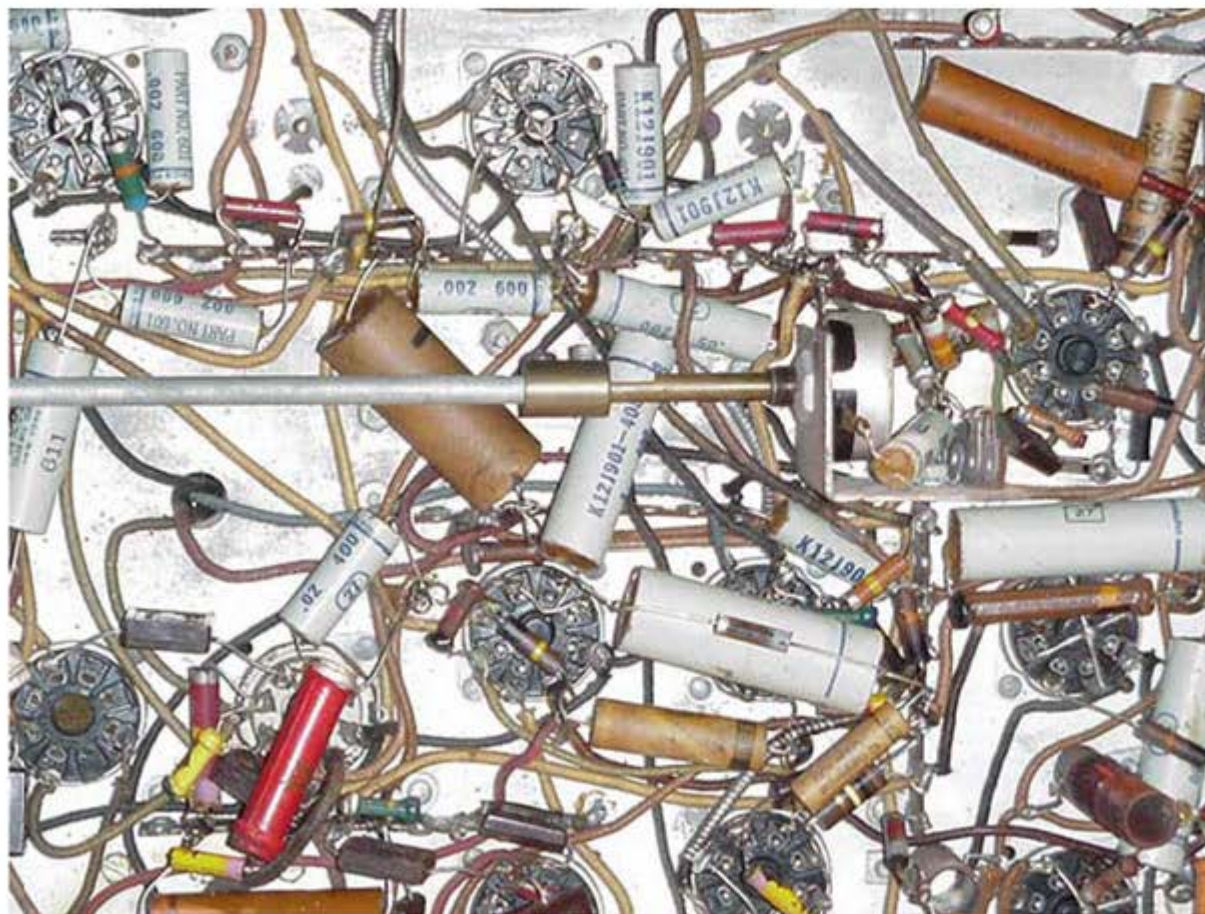
V pogojih proizvodnje je potrebno zagotoviti ponovljivost !



° Radio
° TV

Tiskana vezja

V pogojih proizvodnje je potrebno zagotoviti ponovljivost !



- Radio
- TV

Tiskana vezja

9
Servisiranje

V pogojih proizvodnje je potrebno zagotoviti ponovljivost !



- Radio
- TV

Tiskana vezja

Servis sodobne opreme temelji na povsem drugih osnovah !



- Radio
- TV

1903 Albert Hanson je opisal več izolacijskih plošč z vodniki med njimi. To je ideja, ki se je kasneje razvijala dalje.

1904 Thomas Edison eksperimenti z kemičnimi metodami galvanizacije na platnen papir.

1913 Arthur Berry patent izdelave vzorcev z jedkanjem

Max Schoop patent bruzganja raztaljene kovine preko maske

1927 Charles Durcase patent metode galvanizacije na že narejene vzorce.

Paul Eisler je izumitelj tiskanega vezja.

Angleži že 1936 leta uporabijo TIV v radijskem sprejemniku. II svetovna vojna je prinesla uporabo TIV v vojaške namene. Uporabili so celo keramiko.

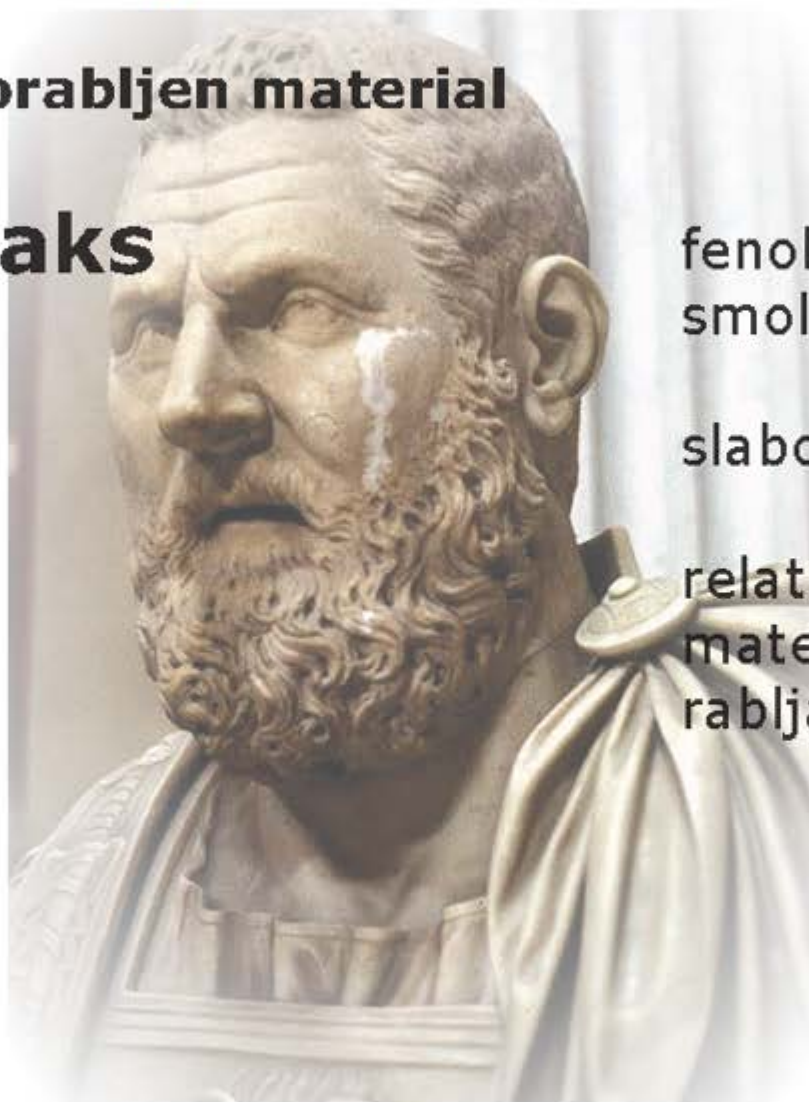
Prvi povoji komercializacije se začno šele leta 1950.

1980 začne se uveljavljati SMD tehnika

Glede na uporabljen material

◦ **Pertinaks**

- FR4
- CEM
- PTFE
- ostalo



fenolne formaldehidne smole + papir

slabo gori.

relativno nekvaliteten material, ki se ne uporablja več.

Tiskana vezja

Delitev tiskanih vezij

Glede na uporabljen material

- Pertinaks
- **FR4**
- CEM
- PTFE
- ostalo

Parameter	Value
Specific gravity/density	1850 kg/m ³
Water absorption	< .125" < .10 %
Temperature index	140 °C
Thermal conductivity	1.7 W/(mK) ⁽¹⁾
Rockwell hardness	110 M scale
Bond strength	> 1000 kg
Flexural strength-LW-A-.125"	> 440 MPa
Flexural strength-CW-A-.125"	> 345 MPa
Tensile strength (.125") LW	> 310 MPa
Izod impact strength-LW	> 54 Nm/m
Izod impact strength-CW	> 44 Nm/m
Compressive strength-flatwise	> 415 MPa
Dielectric breakdown-A	> 50 kV
Dielectric breakdown-D48/50	> 50 kV
Dielectric strength	20 kV/mm
Permittivity-A	4.8
Permittivity-D24/23	4.8
Dissipation factor-A	0.017
Dissipation factor-D24/23	0.018
Dielectric constant permittivity	4.70 max, 4.35 @ 500 MHz, 4.34 @ 1 GHz
Glass Transition Temperature	Can vary, but is over 120 °C
Young's modulus - LW	3.5x10 ⁶ psi
Young's modulus - CW	3.0x10 ⁶ psi
CTE x-axis	14 ppm/°C
CTE y-axis	13 ppm/°C
CTE z-axis	175 ppm/°C
Poisson's ratio - LW	0.136
Poisson's ratio - CW	0.118

Glede na uporabljen material

- Pertinaks
- FR4
- **CEM**
- PTFE
- ostalo

Več vrst :

CEM-1 je nizka cena, zavira gorenje, celulozno papirni laminat z eno samo plastjo tkane steklene tkanine.

CEM-2 ima za jedro celulozni papir + tkano stekleno površino.

CEM-3 je zelo podoben najpogosteje uporabljen materiala za FR4. Njena barva je bela in je negorljiv.

CEM-4 precej podobno kot CEM-3, vendar ni negorljiv.

CEM-5 (imenovan tudi CRM-5) ima pleteno stekleno sredico iz poliestra.

Glede na uporabljen material

- Pertinaks
- FR4
- CEM
- **PTFE**
- ostalo

Polytetrafluoroethylene

Property	Value
Density	2200 kg/m ³
Melting point	600 K
Thermal expansion	$135 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [15]
Thermal diffusivity	0.124 mm ² /s [16]
Young's modulus	0.5 GPa
Yield strength	23 MPa
Bulk resistivity	$10^{16} \Omega\text{-m}$ [17]
Coefficient of friction	0.05–0.10
Dielectric constant	$\epsilon=2.1, \tan(\delta)<5(-4)$
Dielectric constant (60 Hz)	$\epsilon=2.1, \tan(\delta)<2(-4)$
Dielectric strength (1 MHz)	60 MV/m

Glede na uporabljen material

- Pertinaks
- FR4
- CEM
- PTFE

- **ostalo**

keramika

Glinica (Al₂O₃) se pogosto uporablja zaradi svoje nizke cene. Ni ravno dober toplotni prevodnik, pa še krhka je

Aluminij nitrida (AlN) je dražji, a ima veliko boljše toplotne lastnosti.

Berilijev oksid (BeO) ima dobre toplotne lastnosti, vendar se mu raje izognemo zaradi toksičnosti.

fleksibilni materiali - kapton

poly(4,4'-oxydiphenylene-pyromellitimide)

stabilne lastnosti v temperaturnem območju od -273 do 400 °C.

Glede na debelino laminata (ANSI/IPC-D-275)

L1	0.002	0.05	L9	0.028	0.70
L2	0.004	0.10	L10	0.035	0.90
L3	0.006	0.15	L11	0.043	1.10
L4	0.008	0.20	L12	0.055	1.40
L5	0.010	0.25	L13	0.059	1.50
L6	0.012	0.30	L14	0.075	1.90
L7	0.016	0.40	L15	0.090	2.30
L8	0.020	0.50	L16	0.122	3.10

Tiskana vezja

Delitev tiskanih vezij ¹⁸

Glede na prevoden material

◦ **Bakrena folija**

- Bakrena plošča
- Aluminijska plošča

Običajno 35 mikronov.

druge debeline so še
70, 140,...

manjše debeline so tudi
17/18 mikronov.

Elektrogalvanski nanos.

Glede na prevoden material

- Bakrena folija
- **Bakrena plošča**
- Aluminijska plošča

**Odvod toplote
RF ojačevalniki**

Glede na prevoden material

- Bakrena folija
- Bakrena plošča
- **Aluminijasta plošča**

**Odvod toplote
LED diode**

Glede na število slojev prevodnega materiala

◦ enoslojna vezja

Najenostavnejša oblika tiskanih vezij.
Ena sama folija na laminatu.

◦ dvoslojna vezja

◦ več slojna vezja

Glede na število slojev prevodnega materiala

◦ enoslojna vezja

◦ **dvoslojna vezja**

◦ več slojna vezja

Vežja imajo z vsake strani po en bakren sloj. oba sloja povezujejo luknje, ki so metalizirane.

Glede na število slojev prevodnega materiala

◦ enoslojna vezja

◦ dvoslojna vezja

◦ **več slojna vezja**

Večslojna vezja se uporabljajo predvsem tam, kjer je stiska s prostorom velika, ali pa je kompleksnost vezja prevelika za dvoslojno vezje

GSM telefoni
matične plošče,...

Glede na vrsto elementov

- Trough-Hole vezja
- SMD vezja
- BGA vezja
- kombinacije zgoraj naštetega

Tiskana vezja

Delitev tiskanih vezij ^{. 25}

Glede na namen uporabe

- digitalna
- analogna
- močnostna
- RF
- kombinacije zgoraj naštetega

Tiskana vezja

Delitev tiskanih vezij ^{. 25}

Glede na namen uporabe

- digitalna
- analogna
- močnostna
- RF
- kombinacije zgoraj naštetega

Tiskana vezja

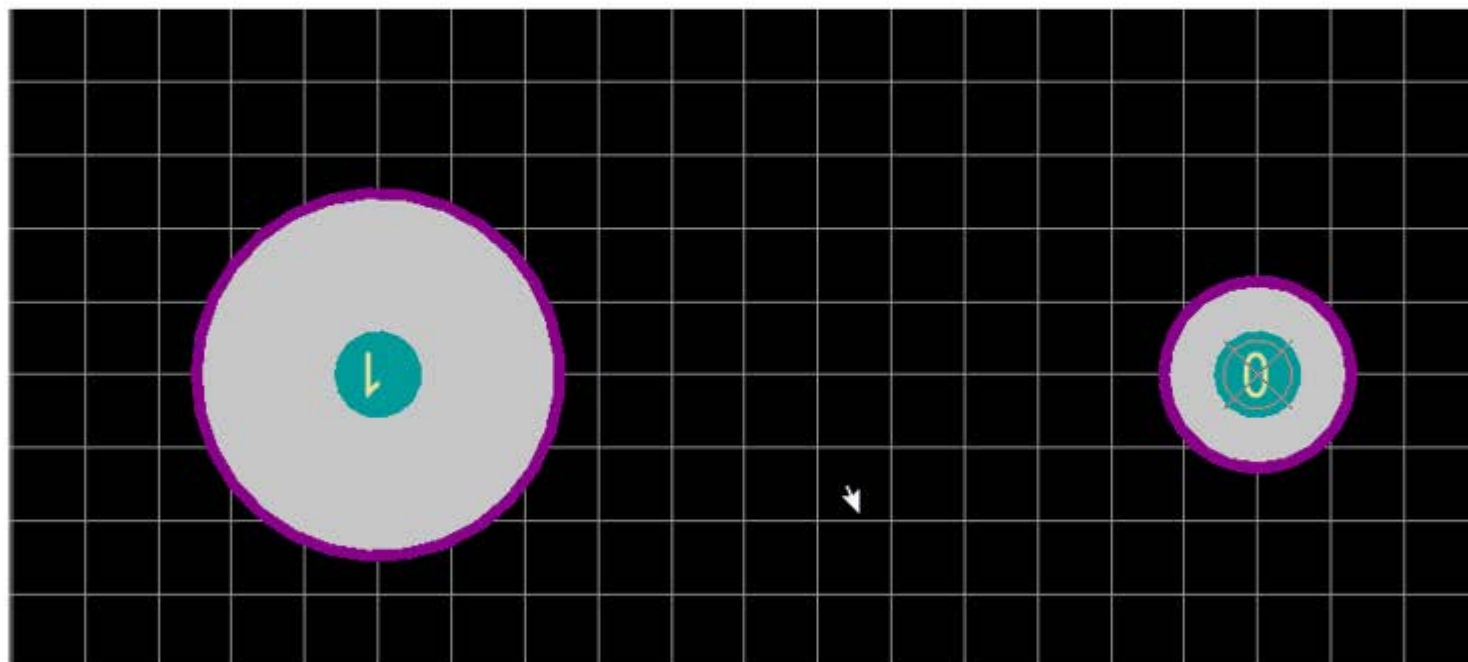
Padi

26

Glede na način izdelave

amaterska izdelava

profesionalna izdelava



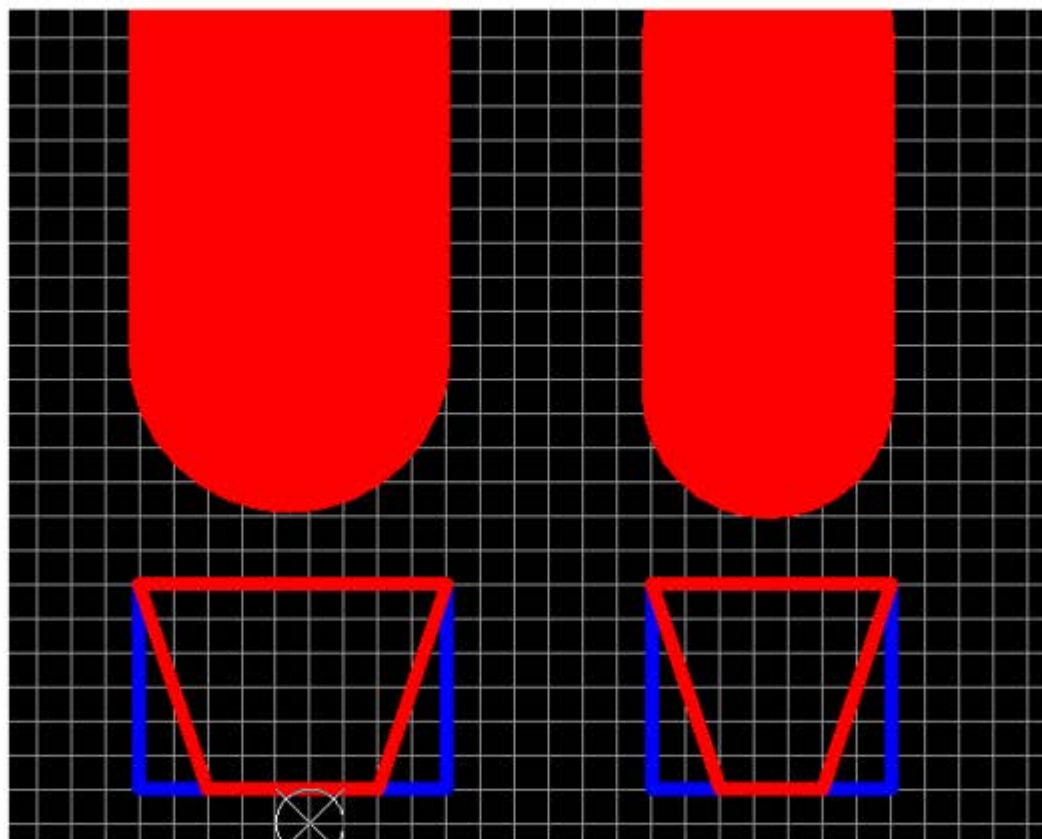
Tiskana vezja

Vezi - piste

27

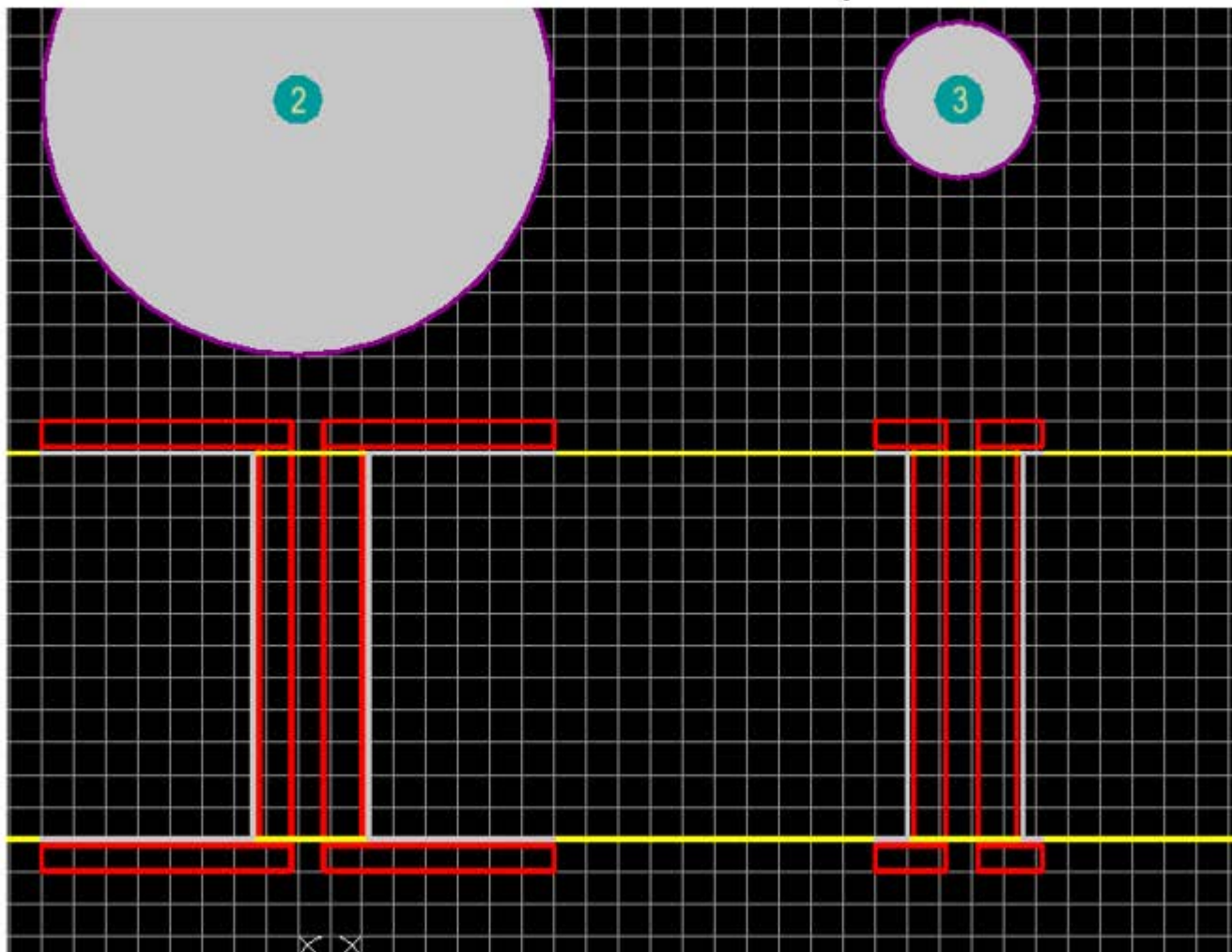
amaterska izdelava

profesionalna izdelava



Tiskana vezja

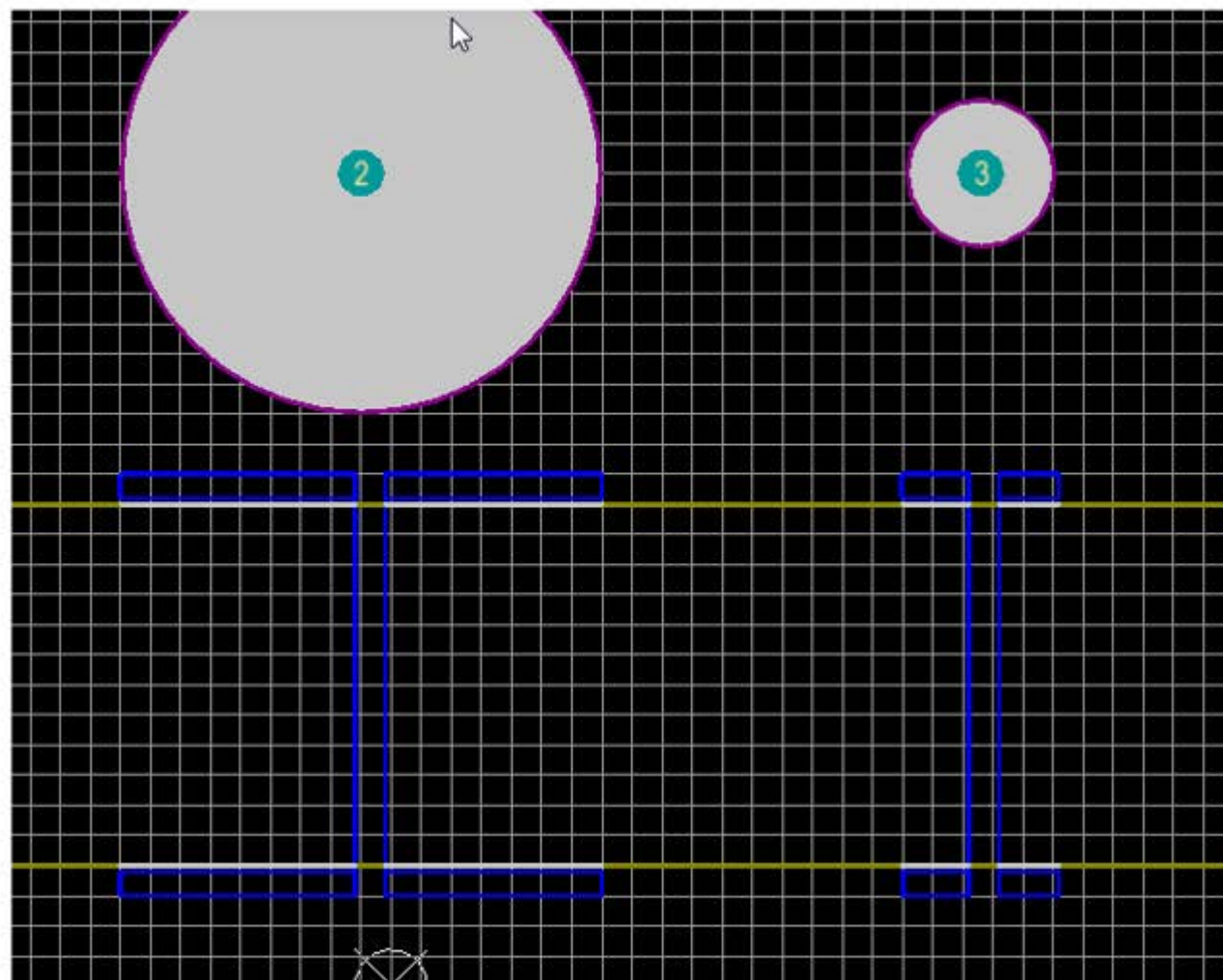
Dvostranska vezja padi²⁸
profesionalna izdelava



Tiskana vezja

amaterska izdelava

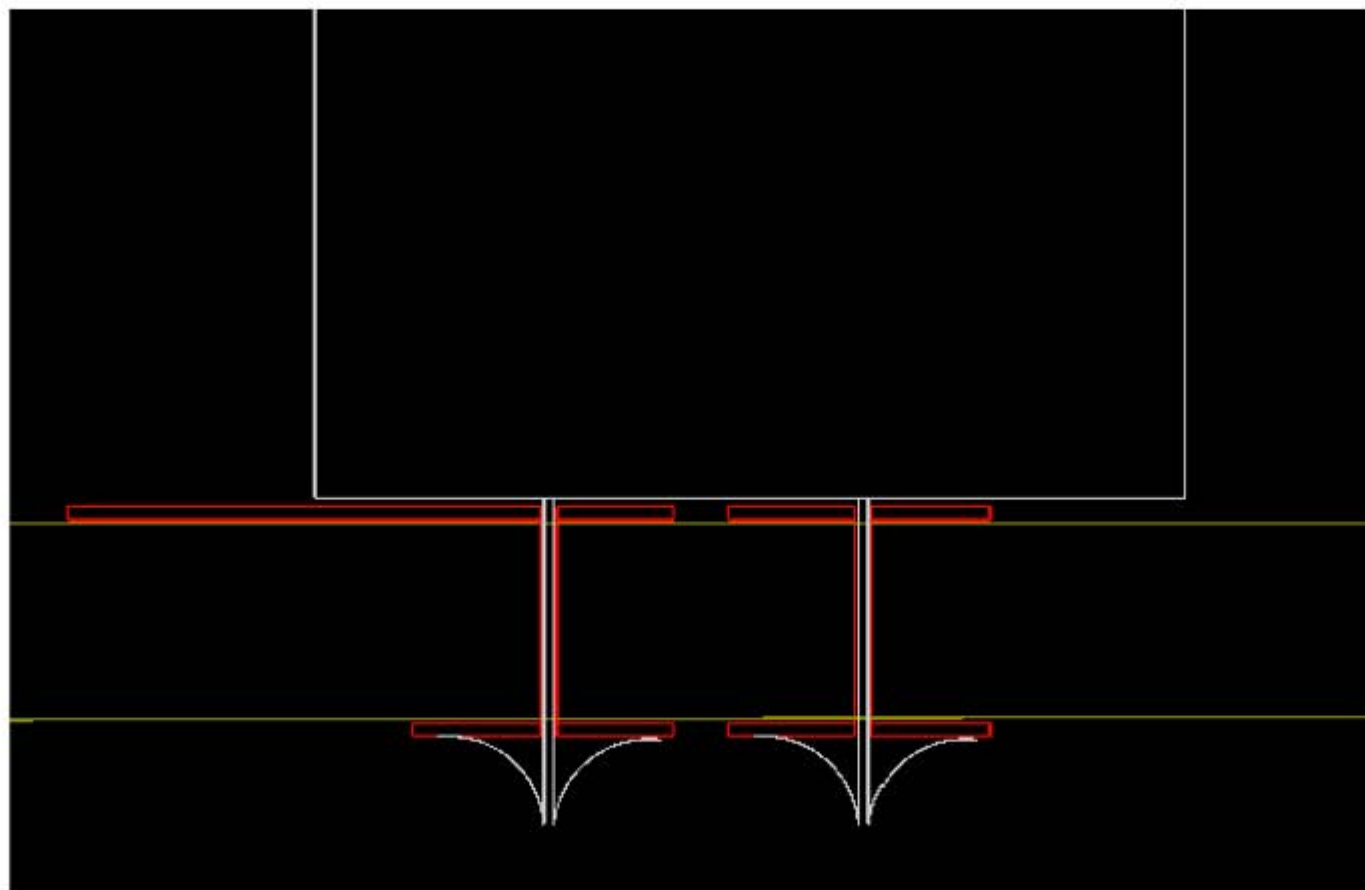
Dvostranska vezja²⁹
padi



Tiskana vezja

Dvostranska vezja padi³⁰

amaterska izdelava problemi pri elektrolitskih kondenzatorjih in pri njim podobnih elementih.



Tiskana vezja

Dvostranska vezja vije ³¹

amaterska izdelava

profesionalna izdelava

