

J. Zupan

F. Jan

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

Kemijski inštitut Boris Kidrič,

ISKRA - IEZE, Ljubljana

MODIFIKACIJA TERMIČNEGA IZRAČUNA ZA DEBELOPLASNA  
VEZJA

## UVOD

Pri optimizaciji elektronskega vezja je eden od najvažnejših faktorjev termični izračun vezja, ki zajema določitev maksimalne temperature in temperaturne porazdelitve po celotnem vezju. Izdelani so bili računalniški programi za termično analizo debeloplastnih vezij s katerimi so zajeti najrazličnejši faktorji in vplivi (<sup>1,2</sup>). Namen pričujočega dela je izboljšava programa (<sup>1</sup>), termičen izračun realnega vezja ter diskusija vpliva dolžine priključkov na temperaturno porazdelitev po vezju.

## MATEMATIČNI PRISTOP

Ker je podrobno matematično ozadje programa podano že v referenci (<sup>1</sup>), bomo opisali samo vključitev dodatnega člena, ki prispeva k ohlajanju vezja zaradi odvajanja toplote preko priključkov. Ker so priključki kovinski (toplotna prevodnost bakra znaša 4 W/cm st) je ta vpliv precej velik.

K osnovni enačbi:

$$\nabla^2 T + P - Q_1 - Q_2 = 0$$

moramo dodati še člen  $P_p$

$$\nabla^2 T + P - Q_1 - Q_2 + P_p = 0 \quad ,$$

ki opisuje odvajanje toplote preko kontaktnih žic.

$$j = - \lambda \frac{dT}{dx}$$

$$P_p = - \lambda S \frac{\Delta T}{\Delta l} \quad (1)$$

kjer je  $\lambda$  toplotna prevodnost materiala iz katerega so priključki (W/cm st), S presek in  $l$  dolžina priključka. Ustrezen element substrata (i,j) ima temperaturo:

$$T_{i,j} = \frac{T_{i+1,j} + T_{i-1,j} + T_{i,j+1} + T_{i,j-1}}{4} - \frac{l^2 h}{2Kd} (T_{i,j} - T_a)$$

$$- \frac{6\epsilon l^2}{2Kd} (T_{i,j}^4 - T_a^4) + \frac{l}{4Kd} (P_{i,j} - P_{p_{i,j}}) \quad (2)$$

Vse oznake, uporabljene v izrazu (2), ustrezajo oznakam iz reference (1).

#### REZULTATI IN DISKUSIJA

Na sliki 1 je prikazano uporovno vezje izdelano v laboratorijih Inštituta Jožef Stefan. Vezje je narejeno v debeloplastni tehnologiji na substratu velikosti 1" x 0,5". Pod njim je prikazana modelna shema tega vezja preko katere smo računali termične lastnosti. Polni pravokotniki predstavljajo upore oz. izvore moči, prazni pa pritrdišča priključkov, odnosno ponore moči. Elementi  $P_{i,j}$  so le na teh področjih različni od nič.

Slika 2 prikazuje izračunane izoterme (razlika med izotermmi je označena z  $\Delta T$ ), na tem vezju v dveh primerih: na slikah a in b so upori obremenjeni z močjo 0,1 W/□, na slikah c in d pa z močjo 0,01 W/□. V obeh primerih predstavlja zgornja slika (a oz. c) izračun izoterm brez upoštevanja, spodnja slika (b oz. d) pa izračun izoterm z upoštevanjem odvoda toplote preko priključkov. V vseh primerih so na slikah navedene temperature nad okolico, ki znaša 300°K.

Ko primerjamo maksimalne temperature izračunane brez in z upoštevanjem priključkov vidimo, da se v obeh primerih razlikujeta za faktor 2, kar govori v prid dejstvu, da tega vpliva pri termičnih izračunih ne smemo zanemariti. Celo nasprotno; z izbiro primerne dolžine priključkov lahko dosežemo optimalno delavno temperaturo vezja, kakor tudi povsem preoblikujemo temperaturno porazdelitev po vezju.

Izračuni temperaturnih porazdelitev pri istih obremenitvah ( $0,01 \text{ W}/\square$ ) a pri različnih dolžinah priključkov kaže slika 3. Tako iz te slike, kakor tudi iz Tabele I je razvidno, da je

Tabela I

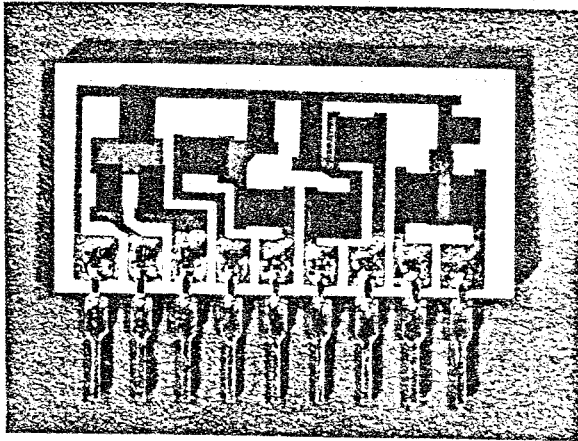
Dolžina (mm) priključka	5	10	20	30	50	200
$T_{\text{max}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ nad ok.)	7,1	8,5	11,1	13,2	13,7	29,0

maksimalna temperatura nad okolico pri dolžini priključka 5 mm (kar je okvirna spodnja meja za to vrsto vezij) za faktor 1,6 nižja kot v primeru ko so priključki dolgi 20 mm. To dejstvo lahko izkoristimo zlasti pri priključkih, ki so v bližini uporov z največjimi obremenitvami, tako da zmanjšamo prevelike temperaturne gradiente, ki so kvaliteti vezja vedno škodljivi. Pri optimizaciji realnega vezja je omenjeni izračun nujno potreben saj z njegovo pomočjo omejimo izbor in mesto posameznih kritičnih uporov ali skupin drugih elementov vezja.

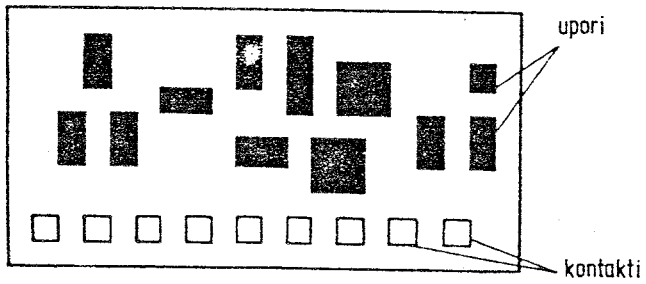
Delo je bilo izvršeno s finančno pomočjo Sklada Borisa Kidriča.

## LITERATURA

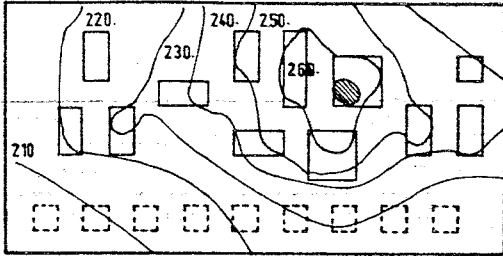
1. F. Jan, J. Zupan, M. Hrovat, D. Kolar, Zbornik referatov ETAN, Ulcinj 1974, str. 1013-1021 in tam navedene reference
2. J. T. Hughes, Thermal Consideration in Hybrid Forms of Construction, Proceedings of the International Conference on Hybrid Microelectronics, Kent 1973.



b



Slika 1

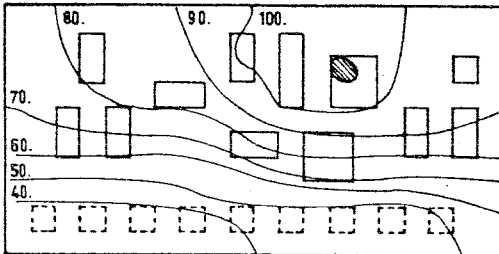


$\Delta T = 10^\circ\text{C}$

$T_{\text{max}} = 270^\circ\text{C}$

$P = 0.1\text{W}/\square$

b

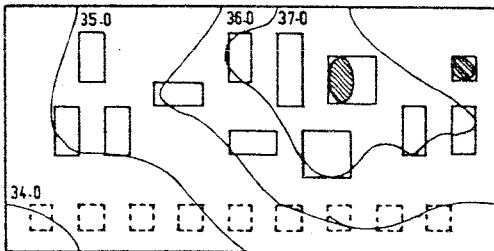


$\Delta T = 10^\circ\text{C}$

$T_{\text{max}} = 107^\circ\text{C}$

$P = 0.1\text{W}/\square$

c

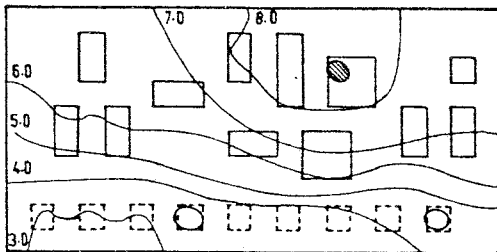


$\Delta T = 1^\circ\text{C}$

$T_{\text{max}} = 37.8^\circ\text{C}$

$P = 0.01\text{W}/\square$

d



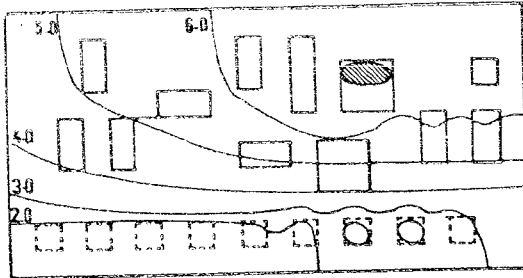
$\Delta T = 1^\circ\text{C}$

$T_{\text{max}} = 8.5^\circ\text{C}$

$P = 0.01\text{W}/\square$

Slika 2

a



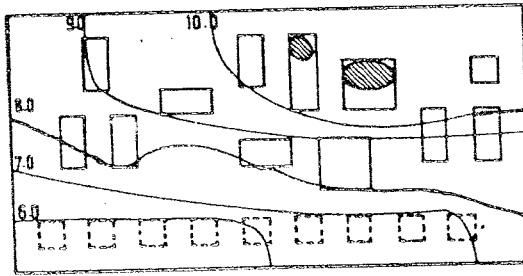
$\Delta T = 1^\circ\text{C}$

$T_{\text{max}} = 7.1^\circ\text{C}$

$P = 0.01\text{W}/\text{cm}^2$

$l = 0.5\text{ cm}$

b



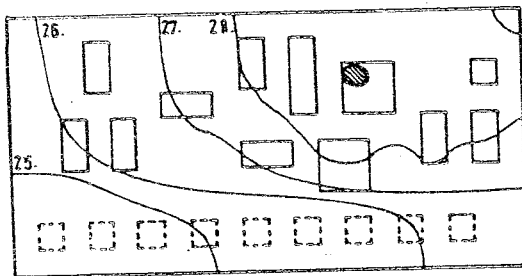
$\Delta T = 1^\circ\text{C}$

$T_{\text{max}} = 11.1^\circ\text{C}$

$P = 0.01\text{W}/\text{cm}^2$

$l = 2\text{ cm}$

c



$\Delta T = 1^\circ\text{C}$

$T_{\text{max}} = 29.0^\circ\text{C}$

$P = 0.01\text{W}/\text{cm}^2$

$l = 20\text{ cm}$

Slika 3