

Hűtőfelületek, hűtőbordák – házilag

Dr. Fábián Tibor okl. villamosmérnök, itaf70@gmail.com

Ma már muzeálisnak számító hűtőborda-katalógusokban számos, az amatőrműhelyben könnyen elkészíthető hűtőborda, hűtőlemez rajza, disszipációs görbéje található. A minimálisan szükséges ismeretek összefoglalása után néhányukat az alábbiakban mutatom be.

A termikus Ohm-törvény és alkalmazása

A félvezető eszköz által disszipált teljesítményt – a fizikai mennyiségek törvényes jelölési rendszerében, természetes hűtés esetén – általánosan a $\Delta T = \Phi \cdot \Sigma R$ egyenlet írja le. Itt Φ a félvezető által disszipált hőáram wattban, ΔT a hő terjedése következtében adott felületek között fellépő hőmérséklet-különbség kelvinben, ΣR pedig a hőáram útjában lévő termikus ellenállások („hőellenállások”) összege. Az egyenletet *termikus Ohm-törvénynek* nevezik. Egyes szakirodalmakban, angol-szász katalógusokban a hőáramot Q -val vagy P_D -vel, a termikus ellenállást R_{th} -val vagy Θ_{th} -val jelölik, a Δt hőmérséklet-különbséget rendszerint $^{\circ}C$ -ban fejezik ki, a P_{Dmax} helyett néha P_{tot} rövidítést használnak.

Attól függően, hogy a hőmérséklet-különbség hol lép fel, egy vagy több, egymással sorba kapcsolódó hőellenállást kell figyelembe vennünk (1. ábra).

$$\phi_{(1)} = (T_j - T_a) / (R_{jc} + R_{cs} + R_{sa});$$

vagy

$$\phi_{(2)} = (T_c - T_a) / (R_{cs} + R_{sa});$$

vagy

$$\phi_{(3)} = (T_s - T_a) / R_{sa}.$$

Az indexek jelentése a katalógusokban megszokott angol nyelvű rövidítéseknek megfelelően: j = junction = félvezető réteg; a = ambient = környezet; c = case = tok; s = (mounting-, cooler-) surface = a hűtőnek a tok-

kal érintkező felülete (szokás h-val is jelölni: heat sink); t = tab = hűtőfül. A továbbiakban – az egyszerűbb írásmód kedvéért – T helyett t -t, Φ helyett P_D -t használok.

A részletesebb félvezető katalógusok rendszerint közlik a maximális réteghőmérséklet, az R_{ja} és/vagy az R_{jc} értékét. Az R_{jc} – egy adott pontban – a katalógus-adatokból is kiszámítható. Például a TO-220 tokozású BD241-nél $P_{Dmax} = 40$ W ($t_c = 25$ $^{\circ}C$ esetén) és $t_{jmax} = 150$ $^{\circ}C$, így az $R_{jc} = (t_{jmax} - t_c) / P_{Dmax} = (150 - 25) / 40 = 3,125$ $^{\circ}C/W$.

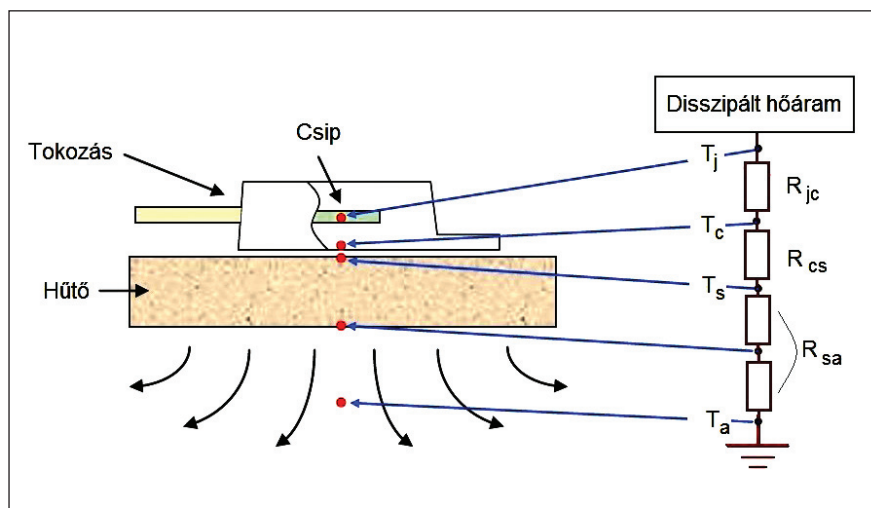
A gyakorlatban leginkább a hűtőfelület és a környezet közötti R_{sa} ellenállás kiszámítására alkalmas egyenletet használják, s ennek alapján választják ki az alkalmas hűtőbordát, hűtőfelületet. Egy hűtőfelület annál jobb, minél kisebb az R_{sa} értéke.

Ha az előbbi BD241 tranzisztor egy adott kapcsolásban 5 W-ot disszipál, $R_{jc} = 3,125$ $^{\circ}C/W$ és a környezeti hőmérséklet $t_a = 25$ $^{\circ}C$, akkor a tok maximális hőmérséklete $t_c = t_{jmax} - P_D \cdot R_{jc} =$

$150 - 5 \cdot 3,125 = 134,4$ $^{\circ}C$. Ha csilám szigetelést használunk a tok és a hűtő között ($R_{cs} = 1$ $^{\circ}C/W$), a hűtő tok felőli oldalának maximális hőmérséklete $t_s = t_c - P_D \cdot R_{cs} = 134,4 - 5 \cdot 1 = 129,4$ $^{\circ}C$. Így az adott környezeti hőmérséklet mellett a hűtő termikus ellenállásának kisebbnek kell lennie $R_{sa} = (t_s - t_a) / P_D = (129,4 - 25) / 5 = 20,88$ $^{\circ}C/W$ -nál, azaz pl. 10...15 $^{\circ}C/W$ termikus ellenállású hűtő felelne meg az adott feladatra. Ha nem ismert a szigetelő lemez/fólia termikus ellenállása, akkor a „legrosszabb eset” elvét alkalmazva $R_{cs} = 2$ $^{\circ}C/W$ értékkel számolhatunk.

A tokozás termikus ellenállása

A műanyag tokozású szilícium tranzisztoroknál az esetek többségében a réteghőmérséklet maximális értéke 150 (ritkábban 125) $^{\circ}C$, a fém tokozásúaknál pedig 150, 175 vagy 200 $^{\circ}C$ lehet. A tranzisztoroknál a P_{Dmax} -ot úgy értelmezik, hogy



1. ábra

Tokozás jele	Tokozás jellege	R_{ja} °C/W	R_{jc} °C/W (* R_{jr} °C/W)
TO-3	fém	30...50	0,7...2,0
TO-18	fém	220...500	60...200
TO-39 (TO-5)	fém	150...290	25...60
TO-46	fém	440	80
TO-72	fém	650...1000	400...450
TO-92 (TO-226)	plasztik	160...420	90...125
TO-99, TO-100	fém	120...185	30...40
TO-220	plasztik + fém hűtőzászló	30...80	1,0...4,2
TO-247	plasztik + fém hátlap	30...40	0,3...1,5
TO-263	SMD, plastik + fém hátlap, hűtőfül	70...90	1...3
SOT-23 (TO-236)	SMD, kerámia	240...350	70...130
SOT-32 (TO-126)	plasztik + fém hátlap	90...100	1,5...10
SOT-93 (TO-218)	plasztik + fém	-	0,6...2,1
SOT-128 (TO-202)	plasztik + fém hűtőzászló	-	10...12,5
SOT-223	SMD, plastik + fém hűtőfül	60...140	12...15
SOIC-4	SMD, plastik	75...80	8...12
SOIC-8	SMD, plastik	150...210	25...42
SOIC-14	SMD, plastik	90...120	25...35
SOIC-16	SMD, plastik	90...150	23...30
SOIC-18, SOIC-20	SMD, plastik	120...180	22...27
SOIC-24, SOIC-28	SMD, plastik	100...140	15...30
MSOP-8, MSOP-10	SMD, plastik	150...215	40...45
DIL-8	plasztik	130...200	40...50
DIL-8	kerámia	110...150	30...40
DIL-12	plasztik + fém hűtőfül	70...80	10...12*
DIL-14, DIL-16	plasztik	100...150	35...50
DIL-14, DIL-16	kerámia	90...110	25...35
DIL-20, DIL-24	plasztik	80...120	20...45
DIL-20, DIL-24	kerámia	55...80	10...35

ha ez a teljesítmény disszipálódik, akkor a félvezető réteg hőmérséklete az eszközre megengedett legnagyobb (t_{jmax}) értékű, a tokozás hőmérséklete pedig a katalógusban adott érték. Ez rendszerint 25 °C, de előfordulhat akár 45...100 °C is. Ha pl. a tok hőmérséklete 25 °C, a $t_{jmax} = 175$ °C, akkor a P_{Dmax} disszipálása 150 °C különbséget jelent. A gyakorlatban ezt nem ajánlott tartósan megengedni a paraméterek romlása, az öregezés stb. miatt. A félvezető hőmérsékletét 100...125 °C-on, a hűtőfelületét 50...55 °C-on kell tartani. Ebből következik, hogy a 45...75 °C hőmérséklet-különbséghez tartozó disszipáció a P_{Dmax} -nak csak a harmada...fele! A kis és közepes teljesítményű tranzistoroknál a P_{Dmax} értékét rendszerint 25 vagy 45 °C környezeti hőmérsékletre vonatkoztatják.

Az integrált bipoláris áramkörök működtetésekor a maximális környezeti hőmérséklet kereskedelmi minőség esetében +60...70 °C, ipari kivitelnél +85 °C, katonai kivitelnél +125 °C, a CMOS áramköröknél pedig +85 °C, ill. +125 °C.

A gyakoribb tokozások esetén – a gyártástechnológiától függően – a táblázatban tájékoztató jelleggel adott termikus ellenállásértékek fordulhatnak elő.

Miután a gyártók által adott értékek eléggé szórnak, a „legrosszabb eset” elvét alkalmazva mindig a legnagyobb R_{ja} , R_{jc} értékkel célszerű számolni.

A hűtőfelületre csavarral rögzíthető eszközök esetén – főleg akkor, ha nem használnak hővezető pasztát – az R_{ja} függ a csavar meghúzási nyomatékától is. Ennek függvényében nagyságrendileg 5...10% változás lehet. Az SM tokozásoknál a gyártók csak

ritkán közlik, hogy mekkora felületű és milyen vastagságú rézfóliát alkalmaztak az R_{ja} meghatározásakor. A 2. ábrán látható, hogy miként változik a SOT-223 tokozású eszköz termikus ellenállása a 35 um vastag (1 oz, azaz 1 ounce/foot² fajlagos tömegű) fólia felületének függvényében.

A tok és a hűtőfelület közötti termikus ellenállás

Az R_{cs} csak közelítőleg határozható meg, miután igen sok tényezőtől, pl. a tok és a hűtőfelület közötti szigetelő- (ragasztó-, levegő-) réteg vastagságától, az érintkező felületek anyagától, nagyságától és minőségétől függ. A TO-220 tokozásra vonatkozó tipikus R_{cs} értékekről az alábbiak tájékoztatnak:

– a tok és hűtő közötti szilikonpaszta réteg esetén $R_{cs} = 0,2...0,5$ °C/W,