

Elektronika alapjai 11. gyakorlat

A gyakorlaton megoldott feladatok

1. Feladat

Egy retrofit LED világítótest tápegységébe olyan elektrolit kondenzátorokat szerelnek, amelyek várható élettartama 2000h 105°C-on. A belső hőmérséklet az 50°C-ot nem haladja meg. A kereskedő 3 év garanciát vállal.

- A) Érdemes-e megőrizni a vásárláskor kapott számlát?
- B) Keressünk bele olyan kondenzátort, ami épphogy kibírja a garanciális időszakot. Hány óra legyen az élettartalma 85°C-on?

Megoldás

- A) Igen. A számla sosem árt, mert a megbízhatósággal kapcsolatos számítások valószínűségi számításokon alapulnak.

Mérnöki szemmel nézve és használva a 10°C hőmérséklet csökkenés kétszeres élettartam közelítést:

$$t_F = 2000 \cdot 2^{\frac{105-50}{10}} \approx 10 \text{ év}$$

- B) Most fordítva kell számolnunk. 35°C a hőmérséklet növekedés, $2^{3,5}$ részére csökkenti az élettartamot, azaz

$$t_{F85} = 3 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 2^{-3,5} = 2323h$$

Tehát olyan érdemes beleszerelni, ami kb. 2500 órát bír 85°C-on. Mivel nem az idő teljes részében használjuk, valószínűleg jó sokáig fog működni, bőven 3 év felett.

2. Feladat

Egy mikroprocesszor adatai a következők: $TDP=20W$, $R_{thjc}=0,3K/W$. A processzorra egy $0,7K/W$ hőellenállású hűtőrendszer kerül. A processzor felszíne $2cm^2$, a processzor és a hűtőborda közé pedig átlagosan $60\mu m$ vastagságú hővezető pasztát viszünk fel, amelynek hővezetési tényezője $1W/m\cdot K$.

- A) Mekkora lesz a processzor belső hőmérséklete, ha környezetének hőmérséklete $22^\circ C$?
- B) Mekkora lehet a maximális teljesítmény, ha a belső hőmérséklet max. $85^\circ C$ lehet?
- C) Mennyit növekszik meg a processzor hőmérséklete, ha a TIM hővezetőképessége kiszáradás miatt az ötödére csökken?

Megoldás

- A) Ki kell számolnunk az összes hőellenállást, amiből még nem ismerjük a hővezető paszta réteg ellenállását.

$$R_{CS} = \frac{1 L}{\lambda A} = \frac{1 \cdot 60 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = 0,3 K/W$$

A teljes hőellenállás:

$$R_{TH} = R_{JC} + R_{CS} + R_{SA} = 0,3 + 0,3 + 0,7 = 1,3W$$

Ezen átáramló hő:

$$\Delta T = PR_{TH} = 20 \cdot 1,3 = 26^\circ C$$

emelkedést okoz a környezethez képest. Tehát a processzor belső hőmérséklete $22^\circ C + 26^\circ C = 48^\circ C$ lesz.

- B) Most a teljesítményt keressük, a hőmérséklet emelkedés pedig $63^\circ C$

$$P_{MAX} = \frac{\Delta T}{R_{TH}} = \frac{85 - 22}{1,3} = 48,5W$$

- C) Ha a hővezetőképesség az ötödére csökken, a hőellenállás ötszörösére növekszik. Ebben az esetben a hőellenállás $R_{CS}^* = 5R_{CS} = 1,5K/W$ Ezzel újraszámolva a környezethez képest $50^\circ C$ a hőmérséklet növekedés, azaz a processzor belső hőmérséklete $72^\circ C$ lesz.

3. Feladat

Egy mikroprocesszor adatai a következők: $TDP=15W$, $R_{jc}=0,25K/W$. Ekkor a processzor $1,5V$ -os magfeszültséggel $2GHz$ órajelfrekvencián üzemel. A processzor környezetében $55^{\circ}C$ a külső hőmérséklet.

- A) Mekkora lehet a hűtőrendszer hőellenállása, hogy a processzor belső hőmérséklete a $100^{\circ}C$ -ot ne haladja meg?
- B) Tételezzük fel, hogy a hűtőventillátor meghibásodása miatt a hűtőrendszer hőellenállása kétszeresére növekedik, emiatt a mikroprocesszor automatikusan a legkisebb fogyasztású állapotba vált át, ahol a tápfeszültség $1V$, az órajel frekvencia pedig $800MHz$. Mekkora lesz így a processzor belső hőmérséklete? (Tételezze fel, hogy a fogyasztás nagy részét a töltéspumpálás okozza)

Megoldás

- A) Mivel a processzor környezetében $55^{\circ}C$ a külső hőmérséklet, így a teljes hőmérséklet különbség maximum $45^{\circ}C$ lehet a környezet és a processzor magja között. Ebből:

$$R_{TH} = \frac{\Delta T}{P} = 3K/W$$

Azaz a hűtőrendszer ellenállása:

$$R_{CA} = R_{TH} - R_{JC} = 3 - 0,25 = 2,75K/W$$

- B) Ebben az esetben a teljes hőellenállás:

$$R_{TH} = 0,25 + 2 \cdot 2,75 = 5,75K/W$$

A legkisebb fogyasztású állapotban a fogyasztás változása

$$\frac{P'}{P} = \frac{f \cdot V'^2}{fV^2} = \frac{800}{2000} \frac{1^2}{1,2^2} = 0,277$$

azaz kevesebb mint harmadára esik vissza. Így a processzor hőmérséklete:

$$T_J = T_A + R_{TH}P = 55 + 24 = 79^{\circ}C$$

4. Feladat

A TMP35 hőmérsékletmérő szenzor tápfeszültsége 3V, a szenzor árama $50\mu\text{A}$, $R_{\text{thjc}}=120\text{ K/W}$. A szenzor érzékenysége $10\text{mV}/^\circ\text{C}$.

- A) Mekkora hibát okoz az önfűtés?
- B) Hány bites A/D átalakító kellene, hogy ezt a hibát észrevegyük? Az A/D átalakító referencia feszültsége legyen a tápfeszültség, azaz 3V.

Megoldás

- A) A szenzor $P = V_{DD}I = 3 \cdot 50 = 150\mu\text{W}$ teljesítményű. A környezetéhez képest $\Delta T = P \cdot R_{TH} = 150\mu\text{W} \cdot 120 \frac{\text{K}}{\text{W}} = 0,018^\circ\text{C}$ hőmérséklettel mérünk többet, ez feszültségben $\Delta V = S \cdot \Delta T = 0,18\text{mV}$

- B) Az LSB értéknek kell kisebbnek lenni, mint az önfűtésből eredő hiba, azaz

$$V_{LSB} = \frac{V_{DD}}{2^N} < \Delta V$$

azaz

$$N > \log_2 \left(\frac{V_{DD}}{\Delta V} \right) = 14,02$$

Tehát pl. egy 12 bites A/D esetén nem kell aggódnunk az önfűtés miatt, egy 16 bites A/D esetén viszont már foglalkozhatunk vele.

5. Feladat

Egy 1W-ot disszipáló alkatrésze egy szobahőmérsékletű 1cm³-es alumínium kockát helyezünk. A környezet hőmérséklete 25°C. Az alumínium hővezetési tényezője 237W/m·°C, sűrűsége 2,7g/cm³, fajlagos hőkapacitása 0,9 kJ/kg·°C

- A) A legegyszerűbb közelítéssel élve hogyan alakul az alumínium kocka átlagos hőmérséklete?
- B) Hány másodperc múlva éri el a végleges hőmérsékletet?

Megoldás

A legegyszerűbb közelítéssel egy termikus RC tagról van szó. A hőellenállása egy 1cm-es alumínium kockának:

$$R_{TH} = \frac{1}{\lambda} \frac{A}{L} = \frac{1}{237} \frac{10^{-2}}{10^{-4}} = 0,422K/W$$

A hőkapacitása pedig:

$$C_{TH} = c \rho V = 900 \cdot 2700 \cdot 10^{-6} = 2,43J/K$$

Ebből az időállandó:

$$\tau = R_{TH} C_{TH} = 1,025 \approx 1s$$

(itt most ez olyan durva közelítés, hogy nincs értelme pontosabb számításnak)

A hőmérséklet időfüggvénye:

$$\Delta T(t) = P R_{TH} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = 0,422(1 - e^{-t})$$

Azaz kb. 5 másodperc múlva éri el végleges hőmérsékletét, ami kb. 25,4°C lesz.

6. Feladat

Mekkora hő távozik hűtadással egy 2,5" HDD esetén, ha az a környezeténél 20°C-al magasabb hőmérsékletű és az

- A) Vízszintesen, gumi lapra van szerelve (ezt hőszigetelőnek tekintjük), vagy rövidebb élével függőlegesen van szerelve a tartóra, szintén gumilap hőszigeteléssel

Használja az előadás 21. diáján lévő közelítő összefüggéseket!

- B) Mekkora közelítőleg a sugárzással távozó hő, mindkét esetben, ha a környezet 25°C-os?

Megoldás

A 2,5" HDD form factorhoz tartozó méretek: $L=100\text{mm} \times W=70\text{mm} \times H=9,5\text{mm}$.

- A) Ki kell számolni a karakterisztikus hosszakat, abból az egyes hűtadási tényezőket és összeszorozni a megfelelő felületekkel és a hőmérsékletváltozással. Jobban járunk, ha leprogramozzuk.

Vízszintesen csak a felső felületet és az oldallapokat számoljuk, függőlegesen meg kihagyjuk az alját és a tetejét, így 1,35W illetve 1,79W távozó hőáramot kapunk.

Tehát oldalt szerelve kb. 30% több hő tud távozni, azaz jobban hűl, ezekkel a közelítő összefüggésekkel körülbelül ezt lehet nagy biztonsággal kijelenteni.

- B) Ugyanígy kiszámítjuk a hőszugárzást a megfelelő felületekre. Arra kell figyelni, hogy a hőmérsékletet abszolút hőmérsékletben, Kelvinben kell behelyettesíteni.
1,36W ill. 2,04W –ot kapunk. (azaz közelítőleg annyi hő távozik hőszugárzással, mint konvekcióval)

Ezek az eredmények fokozott **óvatossággal kezelendők** és csak **nagyságrendileg helyesek**, mert egyrészt a számítások közelítő, másrészt **olyan feltételezéssel éltünk**, hogy a teljes HDD felszíne egyforma hőmérsékletű, **ami nyilvánvalóan nem igaz.**