

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK



## 1 ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

### 1-01 ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK TERVEZÉSE, FELÉPÍTÉSE ÉS AZOK TERMÍKUS KONSTRUKCIÓJA

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA ÉS ANYAGISMERET  
VIETAB00



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS  
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

---

---

---

---

---

---


---

---

## KÉSZÜLÉKEK FEJLESZTÉSI FÁZISAI

1. Műszaki specifikáció meghatározása (50%\*):  
Egyeztetés, marketing, bench-marking, meglévő és várható előírások, hatósági előírások.
2. Prototípus kifejlesztése (30%\*):  
Specifikáció, tesztelés, gyárthatóság, ár.
3. Gyártástechnológia kidolgozása (10%\*):  
Gyártási költségek, gyártáskapacitás, tesztelés.
4. Próbagyártás (10%\*):  
Tesztelés (kihozatal/selejt arány).
5. Gyártás (0%\*):  
Minőségellenőrzés, SPC.

\*: a termék sikerességében való szerep aránya



Elektronikus alkatrészek 2/47

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

---

---

---

---

---

---

---

---

## ÚT A MŰSZAKI SPECIFIKÁCIÓIG

### 1. Mit kell létrehozni?

A mérnöki gyakorlatban olyan készülékekkel foglalkozunk, amelyekre igény mutatkozik.

Az igény lehet:

- valós:
  - Egyedi (pl. atomerőmű),
  - nem egyedi, vagy piaci (pl. autó),
- látens (pl. SMS),
- a kitalálás pillanatában még nem létező (pl. Rubik kocka).



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

---

---

---

---

---

---

---

---

## Készülékek tervezése, felépítése

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## ÚT A MŰSZAKI SPECIFIKÁCIÓIG

### 2. Ki lesz a felhasználó? (jelen és jövő)

- Gyerek, felnőtt (férfi vagy nő),
- idős/beteg,
- átlagos fogyasztó,
- szakember,
- specialista.

⇒ **funkciók, ergonómiai szempontok**

### 3. Hol használjuk? (jelen és jövő)

- Beltér/kültér, hideg/meleg (konyha, fürdőszoba),
- strandon, víz alatt, 20 000 m magasan,
- kemencében, váltóban (forró olajban), kipufogócsőben,
- műholdon.

⇒ **a működés környezeti feltételei** ( $T, RH, p$  stb.)



Elektronikus alkatrészek

4/47

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

---

---

---

---

---

---

---

---

## ÚT A MŰSZAKI SPECIFIKÁCIÓIG

### 4. Mikorra kell elkészíteni? Mennyire szigorú a **határidő**?

- A piaci megjelenés időpontjának optimuma van:
  - hosszabb fejlesztési idő alatt a készülék tulajdonságaival lehet megelőzni a konkurenciát,
  - gyors piaci megjelenéssel a készülék újdonságereje nagyobb,
- egyéb szempontokat figyelmen kívül hagyva, a piaci megjelenés idejének csökkentésével a költségek meredeken növekszenek,
- a határidő betartása:
  - az esetek többségében fontos, de csúszás tolerálható,
  - egyes esetekben kulcsfontosságú (pl. Spirit Rover)



Elektronikus alkatrészek

5/47

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

---

---

---

---

---

---

---

---

## ÚT A MŰSZAKI SPECIFIKÁCIÓIG

### 5. Mennyibe fog kerülni a készülék?

Pontosabban megfogalmazva: **gazdaságos-e** a készülék kifejlesztése, előállítása, gyártása? Mennyibe fog kerülni a piacra dobásig?

Az előzetes költségbecslés a tervet még a megszületése előtt keresztbehúzhatja. Hiába jó (és megvalósítható, eladható, stb.) egy ötlet, ha a gyártó számára nem gazdaságos a megvalósítás.

A költségek fontosabb összetevői:

- fejlesztés,
- gyártástervezés, gyártósor felállítása,
- gyártás,
- utóélet:
  - (üzemeltetés),
  - termékátmozgatás (alkatrész utánpótlás),
  - karbantartás,
  - garanciális problémák kezelése,
  - újrahazsnosítás.



Példa: Pro/Primo, Microkey  
(minden szempontból megfelelő, de gazdaságtalan)



Elektronikus alkatrészek

6/47

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

---

---

---

---

---

---

---

---

## Készülékek tervezése, felépítése

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## ÚT A MŰSZAKI SPECIFIKÁCIÓIG

### 6. További kérdések

(sokszor már ezen a szinten pontos kell választ adni)

- a készülék tervezett és megvalósítható térfogatigénye, tömege,
- a készülék energiaigénye,
- tervezett élettartam,
- megfelelés a szabványoknak és direktíváknak.

Elkerülhetne valami a figyelmünket a stratégiai kérdésekben?

Komplex fejlesztési projektekben megvalósíthatósági tanulmányt kell készíteni.

---

---

---

---

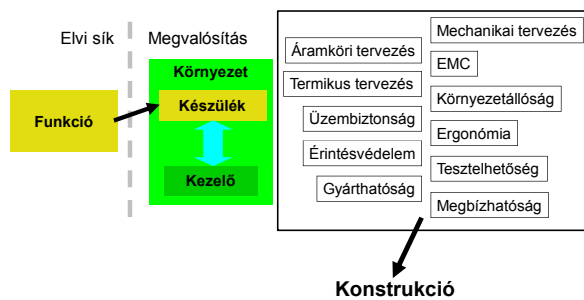
---

---

---

---

## A KONSTRUKCIÓ KIALAKÍTÁSA



---

---

---

---

---

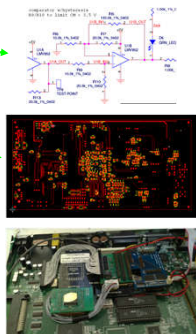
---

---

---

## ÁRAMKÖR TERVEZÉS - ELEKTROMOS KONSTRUKCIÓ

1. Kapcsolási rajz készítés,
2. részegységekre bontás, csatlakozó kiosztás,
3. nyomtatott áramköri tervezés:
  - számítógépes tervezőrendszerek (ORCAD, Pads...),
  - alkatrész elrendezés (placer),
  - összehuzalozás (router),
4. készülékhuzaázás.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Készülékek tervezése, felépítése

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

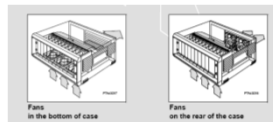
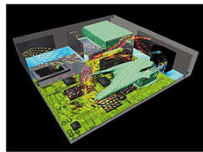
## MECHANIKAI TERVEZÉS, SZERKEZETI KONSTRUKCIÓ

- Készülék mechanikai vázszerkezet tervezése,
- doboz és burkolat kialakítás – formatervezés,
- részegységek belső elrendezése:
  - sínrendszerű szerelés,
  - alaplapp,
  - többkártyás rendszer,
- előlap-, kezelőlap-, hátlaptervezés – ergonómia.



## TERMIKUS TERVEZÉS

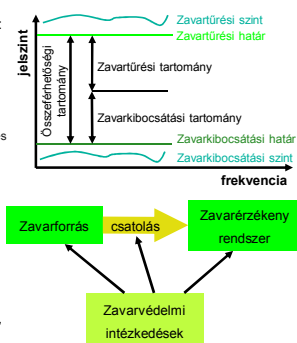
- Különösen fontos nagy elemsűrűségű (laptop) és nagy teljesítményű (tápegység) készülékek esetén
- Szoftver eszközök:
  - termikus szimuláció,
- hardver eszközök:
  - termikus interface,
  - hűtőbordák,
  - ventilátorok,
  - heat pipe.



(Részletesen az előadás második felében.)

## ELEKTROMÁGNESES ZAVARVÉDELMI TERVEZÉS 1.

- EMC (elektromágneses kompatibilitás):
  - a készülék által kibocsátott zavar megfelelően kicsi,
  - a készülék immunitása megfelelően nagy.
- Zavarforrások:
  - természetes
    - villámítás, elektromos energia kisülés
    - kozmikus sugárzás,
    - naptevékenységgel kapcsolatos zavarok,
    - légkörből, ionoszférából érkező zavarok,
  - mesterséges:
    - műsorszórók: rádió és TV adók,
    - mobiltelefonok,
    - rádiótelefonok,
    - radarok,
    - teljesítmény kapcsolók, relék,
    - féltvezetős teljesítményszabályozók,
    - motorok, egyenirányítók.



Készülékek tervezése, felépítése

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## ERGONÓMIAI TERVEZÉS

- Készülékek kezelés szempontjából történő optimális kialakítása – előlap, kezelőlap tervezés. Példa: elektronikus műszerek
  - egyértelmű, esztétikus feliratozás,
  - kijelzők és kezelőszervek működési elv szerinti összerendezése,
  - összetartozó elemek egy csoportban, színnel jelölve, keretbe foglalva,
  - fontos kezelőszervek mellett LED indikátor,
  - nagyteljesítményű nyomógomb és kapcsoló – nagyobb méret,
  - hálózati főkapcsoló az előlap valamelyik szélén,
  - legfontosabb indikátor az előlap bal felső sarkában.
- Optimális munkakörülmények, munkahelyek kialakítása. Példa: szerelő munkahely



---

---

---

---

---

---

---

---

## ÜZEMBIZTONSÁGRA TERVEZÉS

- Üzembiztonság fogalomköre:
  - életvédelem, balesetvédelem, vagyonvédelem,
  - rendeltetésszerű és meghibásodott állapotban sem okozhat kárt, veszélyt,
  - az okozott kárért, balesetért a tervező és gyártó a felelős!
  - Safety Engineer.
- Üzembiztonsági, környezetállósági témakörök:
  - környezeti hatások elleni védelem:
    - klimatikus,
    - kémiai, biológiai,
    - mechanikai igénybevételek, autópárház rezgések elleni védelem,
  - túláramvédelem,
  - túlmelegedés elleni (tűz) védelem,
  - káros sugárzások elleni védelem,
  - robbanásvédelem.

---

---

---

---

---

---

---

---

## ÉRINTÉSVÉDELMI TERVEZÉS

- A készülékek fémes részei, amelyek üzemszerűen nincsenek feszültség alatt, meghibásodás esetén se okozhassanak áramütést. A szabványok betartása kötelező!
- Érintésvédelmi osztályok:
  - I.Érintésvédelmi osztály:
    - Üzemi szigetelés + megérinthető fémrészek összekötve (pl. készülékház + ajtó) és a hálózati védőföldre kötve (védőeres hálózati kábel, színjelzés: zöld-sárga).
  - II.Érintésvédelmi osztály:
    - Szigetelőanyag burkolat: az összes fémrészt burkolja (pl. hűtőszigetítő). A külső burkolat egyben a védőszigetelés is.
  - III. Érintésvédelmi osztály:
    - Érintési feszültség 24 - 50 Veff AC
    - Nincs olyan áramköri rész, amely ennél nagyobb feszültségen üzemel.

---

---

---

---

---

---

---

---

Készülékek tervezése, felépítése

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## GYÁRTHATÓSÁGRA TERVEZÉS (DFM)

- Minőségügy, 6 szigma,
- terméktervezés, amely figyelembe veszi a gyártási követelményeket,
- olyan tervezési lépés, amelyben csoportmunkát alkalmazunk a termék kifejlesztésére,
- több eszközt és technikát magába foglaló keret a gyártható termék létrehozására.

### Előnyök:

- alacsonyabb fejlesztési költség,
- rövidebb fejlesztési idő,
- rövidebb idő a gyártás megkezdéséig,
- alacsonyabb szerelési és tesztelési költségek,
- jobb minőség.



---

---

---

---

---

---

---

---

## GYÁRTHATÓSÁGRA, TESZTELHETŐSÉGRE TERVEZÉS (DFM)

### Irányelvek:

- minimalizáljuk az alkatrészek számát,
- használjunk szabványos és azonos elemeket,
- minimalizáljuk a szerelési sikok számát (Z-axis),
- használjunk standard szerszámfejeket, fúrókat, eszközöket,
- kerüljük a szűk furatokat (forgácsok, egyenesség, eltömődés),
- használjunk közös méretet a szerszámrögzítéshez,
- minimalizáljuk a szerelési irányokat,
- maximalizáljuk a hozzáférhetőséget; szerelésre tervezés,
- minimalizáljuk a kézi műveleteket,
- küszöböljük ki az utólagos állítást,
- használjunk ismételhető, jól ismert folyamatokat,
- tervezzük az alkatrészeket a hatékony tesztelés lehetőségére,
- kerüljük a rejtett részleteket,
- hozzunk létre szimmetriát két irányban,
- kerüljük az összekuszálás lehetőségét,
- tervezzünk önmegvezető (önpozicionáló) elemeket.



---

---

---

---

---

---

---

---

## MEGBÍZHATÓSÁGI TERVEZÉS

### Soros struktúrájú (redundanciamentes) rendszer jellemzői:

- a rendszer véges számú elemből áll,
- egy elem meghibásodása a rendszer meghibásodásához vezet,
- a meghibásodások egymástól függetlenek,
- a kommersz elektronikai berendezések soros struktúrájúak.

### Melegtartálékolt (párhuzamos) rendszer jellemzői:

- a rendszer n azonos elemből áll,
- a rendszer működéséhez egy elem működése szükséges,
- hibafelismerő elem, kapcsolóelem esetenként szükséges,
- a tartalék állapota ismert,
- a tartalék is fogyaszt energiát, elhasználódik.

### Hidegtartálékolt rendszer jellemzői:

- a rendszer n azonos elemből áll,
- a rendszer működéséhez egy elem működése szükséges,
- a tartalékban lévő elem nincs bekapcsolva, nem fogyaszt energiát,
- a tartalékban lévő elem nem hibásodhat meg,
- hibafelismerő és kapcsolóelemre van szükség,
- a tartalékelem bekapcsolása időt vesz igénybe.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Készülékek tervezése, felépítése

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

A meghibásodási sűrűségfüggvény „felhasználása”:

- megmutatja, hogy adott működési idő mekkora valószínűséggel várható,
- adott időintervallumban történő meghibásodás valószínűsége:

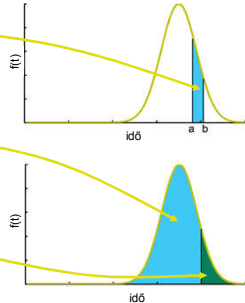
$$P(a \leq \tau \leq b) = \int_a^b f(t) dt$$

- adott időpontig bekövetkező meghibásodás valószínűsége (meghibásodási függvény,  $F(t)$ ):

$$F(t) = P(\tau \leq t) = \int_0^t f(t) dt$$

- adott időpontig történő működés valószínűsége (megbízhatósági függvény,  $R(t)$ ):

$$R(t) = P(t \leq \tau) = \int_t^\infty f(t) dt = 1 - F(t)$$



---

---

---

---

---

---

---

---

## A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

A megbízhatósági vizsgálatok legfontosabb kérdése:

Ha üzemeltetünk egy alkatrészt, vagy készüléket, milyen gyakran számíthatunk meghibásodásra?

Erre a kérdésre a hibaráta függvény (hazard függvény) ad választ, amely: egy alkatrészpoblációban történt meghibásodások száma osztva a meghibásodásig (vagy a vizsgálat végéig) eltelt idők összegével.

$$\text{Hibaráta függvény meghatározása: } \lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{\Delta t \cdot R(t)} = -\frac{R'(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

A hibaráta függvény meghatározásának lehetőségei:

- alkatrészek modellezésével (bonyolultsága miatt erősen korlátozott lehetőségek),
- kísérletek segítségével:
  - szabvány alapján (pl. MIL-HDBK 217F),
  - saját mérésekkel és azok kiértékelésével.

---

---

---

---

---

---

---

---

## A HIBARÁTA FÜGGVÉNY

Egy alkatrész megbízhatósága (hibaráta függvénye) nagyban függ az alkatrész kivitelétől és az üzemeltetés körülményeitől. Elektronikus alkatrészek esetén a legfontosabb tényezők:

- kiviteli típus (kereskedelmi, ipari, katonai...),
- előállítás technológiája (pl. nagy és kis értékű ellenállások gyártástechnológiája eltérő),
- hőmérséklet,
- terhelés,
- a készülék (amely az alkatrészt tartalmazza) üzemeltetési körülményei:
  - hőmérséklet ingadozása,
  - páratartalom és ingadozása,
  - rázás, ütés (pl. asztali, mobil, autóelektronikai készülék),
  - egyéb hatások (pl. korrozív környezet).

Bizonytalan!

A hibaráta függvény meghatározásának lehetőségei:

- alkatrészek modellezésével (bonyolultsága miatt erősen korlátozott lehetőségek),
- kísérletek segítségével:
  - szabvány alapján (pl. MIL-HDBK 217F),
  - saját mérésekkel és azok kiértékelésével.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Készülékek tervezése, felépítése

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## A HIBARÁTA FÜGGVÉNY, ALKATRÉSZEK FAJTÁI

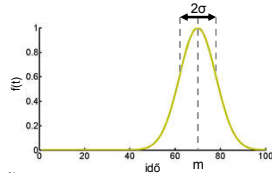
A meghibásodásért felelős mechanizmusok a különböző alkatrész típusoknál eltérőek, ezért az alkatrészek megbízhatóságának időfüggése is eltérő. Az egyes csoportokat az  $f(t)$ -re illeszthető függvények szerint különböztetjük meg:

### 1. normál (Gauss),

- a meghibásodásért felelős jelenség a bekapcsolt állapotban nagyságrendekkel gyorsabb,
- $\lambda(t)$  az időben monoton nő (folyamatos öregedés),

- leírás:  $f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}}$

$m$ : várható élettartam,  
 $\sigma$ : szórás (bizonytalansági paraméter)



Példák: izzólámpa, relé, kapcsoló, potencióméter



Elektronikus alkatrészek

22/47

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

---

---

---

---

---

---

---

---

## A HIBARÁTA FÜGGVÉNY, ALKATRÉSZEK FAJTÁI

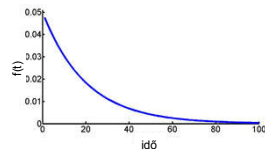
### 2. Exponenciális:

- a meghibásodásért felelős jelenség sebessége bekapcsolt állapotban nem mutat jelentős eltérést a kikapcsolt állapothoz képest,
- $\lambda(t)$  az időben állandó,  $\lambda(t) \Rightarrow \lambda$  (az alkatrész nem öregszik, ún. örökifjú tulajdonságot mutat),

- leírás:  $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$   $R(t) = e^{-\lambda t}$   $\lambda(t) = \lambda = \frac{1}{T_0}$

- a matematikai reprezentáció egyszerűsége miatt használata elterjedt (szabványokban gyakran minden alkatrész típust ezzel a leírással közelítenek).

Példák: ellenállás, tranzistor, integrált áramkörök



Elektronikus alkatrészek

23/47

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

---

---

---

---

---

---

---

---

## A HIBARÁTA FÜGGVÉNY, ALKATRÉSZEK FAJTÁI, ÉS AZ ÚN. „KÁD GÖRBE”

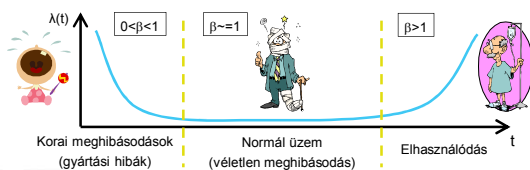
### 3. Weibull:

- összetett rendszerek leírására alkalmas, melyeknél az élettartam kezdeti szakaszában korai meghibásodások lehetnek, az élettartam végén pedig elhasználódás jellegű hibajelenségek léphetnek fel,

- $\lambda(t)$  az élettartam során csökken, stagnál, majd növekszik,

- leírás:  $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$   $\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}$

$\eta$ : karakterisztikus élettartam,  $\beta$ : alakparaméter



Elektronikus alkatrészek

24/47

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

---

---

---

---

---

---

---

---

Készülékek tervezése, felépítése



# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## SZABVÁNYOKRA ÉPÜLŐ MEGVALÓSÍTÁS

Előnye:

- nem szükséges intuitív tervezés,
- minden paraméter (méret, térfogategységre eső disszipáció, stb. szabványokból kiválasztható,
- rejtett hibák felbukkanásának esélye kisebb.



Hátránya:

- a tervező keze teljesen kötött,
- egyedi ötletek megvalósítása nem lehetséges,
- a készülék az esetek döntő többségében jelentősen „túltervezett”,
- nagyobb tételben a gyártás gazdaságtalanná válhat.



---

---

---

---

---

---

---

---

## SZABVÁNYOKAT RÉSZBEN KÖVETŐ MEGVALÓSÍTÁS

- Ez a gyakoribb eset,
- kötelező szabványok (EMC, érintés védelem, gép direktíva stb.) minden körülmények között betartandóak,
- lehetőség van az ár/költség/kihozatal/gyártási kapacitás optimalizálására,
- valamennyi tervezési fázis szükséges,
- lehetőség van minden paraméterben a folyamatos gyártmány fejlesztésre,
- példa: notebook konstrukció.

---

---

---

---

---

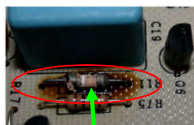
---

---

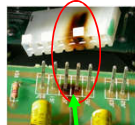
---

## A TERMIKUS KONSTRUKCIÓK

- Az elektronikus alkatrészekben működésük során hő keletkezik,
- a készülékeket kívülről különböző hőhatások érhetik,
- a hő és a hőmérséklet változása káros hatásokat gyakorolhat az elektronikus készülékek működésére.



Túlhevült  
furatszerelt ellenállás



Túláramtól sérült  
csatlakozóelemek



Túlhevült  
felületszerelt ellenállás

---

---

---

---

---

---

---

---

Készülékek tervezése, felépítése

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## AZ ESZKÖZÖKBEN, ANYAGOKBAN DISSIPÁLÓDÓ TELJESÍTMÉNY

- Rezisztív veszteség:  $P(t) = \frac{1}{T} \cdot \int U(t) \cdot I(t) dt$
  - Dielektromos veszteség:  $P_d = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \epsilon_0 \cdot k \cdot E_{eff}^2$
  - Hiszterézis veszteség:  $P_{hisz} = \gamma \cdot f \cdot V \cdot B_{max}^x$
- (f: frekvencia,  $E_{eff}$ : effektív térerősség,  $B_{max}$ : indukció maximális értéke, V: térfogat, k,  $\gamma$ , x: anyagjellemző állandók)

- MOSFET:  $P = I_D^2 \cdot R_{DS(ON)}$  (bekapcsolt állapot)

$$P = f \cdot \left( \int_0^{U_D} U_{DS}(t) I_D(t) dt + \int_0^{U_D} U_{DS}(t) I_D(t) dt \right)$$

- CMOS:  $P = C_L \cdot f \cdot U_{DD}^2$  (csak kapcsoláskor disszipál)

( $t_{s1}$ ,  $t_{s2}$ : kapcsolási idők, f: kapcsolási frekvencia,

$C_L$ : terhelő kapacitás,  $U_{DD}$ : tápfeszültség).

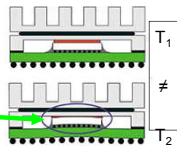


## A HŐ ÉS A HŐMÉRSÉKLETVÁLTOZÁS HATÁSAI

- Magas hőmérséklet:
  - anyagok vegyi bomlása,
  - diffúzió felgyorsul,
  - lágyulás, fémek korróziója
  - polimerek öregedése,
  - villamos paraméterek (irreverzibilis és reverzibilis) változása,
  - intermetallikus réteg képződés.
- Hőmérséklet változása:
  - anyagok hőtágulásának illetetlenségéből származó mechanikai feszültség léphet fel.

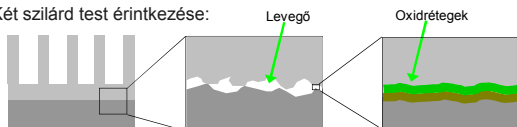


(szélsőséges példa: az elektrolit tágulása szétfeszítette a kondenzátort)



## A HŐÁTADÁS SPECIÁLIS ESETE

Két szilárd test érintkezése:



Az átmenetben mindhárom vezetési forma jelen van:

- vezetés (gyakran a szilárd test oxidjainak, vegyületeinek vezetése),
- hőátadás-szállítás,
- sugárzás.

Az átmenet igen nagy termikus ellenállást jelenthet, amely csökkenthető:

- a felületek polírozásával, és egymáshoz nyomásával,
- a felületek összehérszélésével,
- a felületek egymáshoz való forrasztásával,
- a felületek közé helyezett ún. termikus interfész alkalmazásával.

## Készülékek tervezése, felépítése

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## TERMIKUS INTERFÉSZ MEGOLDÁSOK

Termikus interfész anyagok:

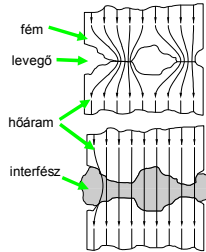
- rugalmasságuknak/viszkozitásuknak köszönhetően kitöltik a réseket,
- viszonylag nagy hővezető képességgel rendelkeznek (levegőhöz képest),
- reaktív komponenseik segítségével a felületek minőségét javíthatják.

Alkalmazásuk szempontjai:

- hővezető képesség,
- elektromos vezetőképesség,
- rugalmassági/területi jellemzők,
- hosszútávú stabilitás és megbízhatóság,
- kezelhetőség.

Megvalósítás:

- hővezető paszta,
- hővezető ragasztó,
- hővezető alátét,
- halmazállapotváltó anyagok.



Elektronikus alkatrészek

31/47

## TERMIKUS INTERFÉSZ MEGOLDÁSOK

Hővezető paszta:

- leggyakrabban (oxidált) fémpehely szuszpenziója,
- a felületeket összeszorítva kell tartani,
- alkalmazása körülményes.

Hővezető ragasztó:

- leggyakrabban kerámia por, UV-ra, illetve hőre keményedő szuszpenzióban,
- kikeményítés után a felületeket nem kell összeszorítva tartani,
- elektromosan vezető változata is elterjedt,
- hővezető képessége kisebb.

Hővezető alátét:

- leggyakrabban nagy hővezetőképességű polimerek,
- a felületeket összeszorítva kell tartani,
- a réseket nem töltik ki tökéletesen (kevésbé rugalmasak),
- szigetelőképességük és átütési ellenállásuk nagy.

Halmazállapotváltó anyagok:

- fémpehely vagy kerámia por szuszpenziója,
- a felületeket összeszorítva kell tartani,
- az alacsony olvadáspont miatt a réseket jól kitölti,
- alkalmazása jól automatizálható.



Elektronikus alkatrészek

32/47

## TERMIKUS KONSTRUKCIÓ

A tervezésnél figyelembe kell venni:



Elektronikus alkatrészek

33/47

Készülékek tervezése, felépítése

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – HŰTŐBORDÁK ÉS LEMEZEK

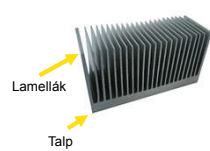
### A megvalósítás szempontjai:

- a hőt jellemzően kis felületről kell elvezetni,
- lehetőleg nagy felületen kell leadni,
- termikus ellenállást minimalizálni kell,
- a megoldás legyen gazdaságos (anyag, megmunkálás),
- hőleadást mesterséges konvekcióval javítani lehet.

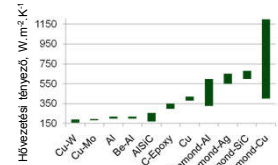
Hűtőlemez (heat spreader):



### „Klasszikus” hűtőborda felépítése:



### Alkalmazott anyagok hővezetési tényezői:



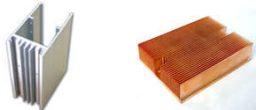
Elektronikus alkatrészec

34/47

## HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – HŰTŐBORDÁK ÉS LEMEZEK

### Hűtőbordák és lemezek anyagai:

- alumínium:
  - olcsó,
  - könnyen megmunkálható,
  - jó hőleadás.
- vörösréz:
  - magasabb ár,
  - nehezen megmunkálható,
  - jobb hővezetőképesség,
  - rosszabb hőleadás,
- (ezüst, fémhab, szénszálak kompozit, grafit, mesterséges gyémánt...).



### Hőleadási tényező javítása: mesterséges konvekció

#### Ventilátorok alaptípusai:

- axiális:
- radiális.

#### Legfontosabb jellemzők:

- fordulatszám,
- méret,
- lapátok dőlésszöge,
- lapátok kialakítása, felületének minősége.



axiális:



radiális:

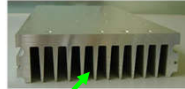


Elektronikus alkatrészec

35/47

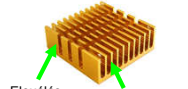
## HŰTŐBORDÁK MEGVALÓSÍTÁSI FORMÁI

### Egyszerű alumínium borda:



Elvékonyodó lamellák

### Továbbfejlesztett lamellák:



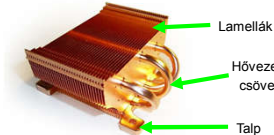
Eloxálás

Megnövelt felület

### Kereszthornyos:



### Szerelt borda, lemez lamellákkal:



Lamellák

Hővezető csövek

Talp

### Betétes borda:



Réz betét (talp), alumínium lamellák



Elektronikus alkatrészec

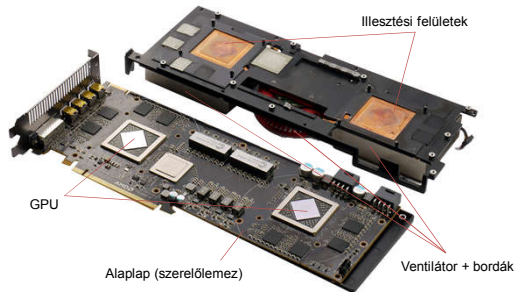
36/47

## Készülékek tervezése, felépítése

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## HŰTŐBORDÁK MEGVALÓSÍTÁSI FORMÁI

GPU kártyán komplex hűtőborda és ventilátor kialakítás.




---

---

---

---

---

---

---

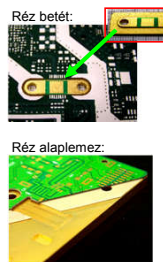
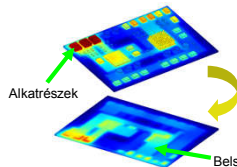
---

## HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – A SZERELŐLEMEZ

A szerelőlemez részt vesz az alkatrészekben disszipálódó hő elvezetésében.

A szerelőlemez termikus viselkedése javítható:

- több, egybefüggő rézréteg beépítésével a NYHL-be,
- fémbetét alkalmazásával,
- termikus viák alkalmazásával,
- nagy hővezető képességgel rendelkező hordozó alkalmazásával (pl. kerámia)




---

---

---

---

---

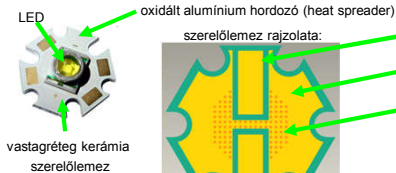
---

---

---

## HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – A SZERELŐLEMEZ

Termikus via alkalmazása (nagy teljesítményű LED példáján):



A hordozó alsó oldalán összefüggő rézfelület biztosítja a hő elvezetését, de hűtőborda is alkalmazható.




---

---

---

---

---

---

---

---

## Készülékek tervezése, felépítése

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## HŰTÉSI MEGOLDÁSOK - FOLYADÉKHŰTÉS

Kifejlesztésének motivációja:

- a folyadékok fajhője nagyobb a gázokénál, ezért azonos térfogatú folyadék nagyobb hőmennyiséget képes elszállítani (levegő:  $0,001 \text{ J.cm}^{-3}\text{K}^{-1}$ , víz:  $4 \text{ J.cm}^{-3}\text{K}^{-1}$ ),
- a folyadékok hővezetési tényezője nagyobb a gázokénál (levegő:  $0,026 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$ , víz:  $0,61 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$ ), ezért a határfelületek hőleadási tényezője folyadékhűtés esetén nagyobb (levegő:  $20 \dots 200 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$ , víz:  $500 \dots 10000 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$ ).

Jellemzői:

- nagy hűtési teljesítmény és alacsonyabb hőmérséklet érhető el (légűtéshez képest),
- alacsony működési zaj,
- hosszú élettartam, megbízható működés, zárt rendszer (környezetből szennyezés nem jut be),
- megvalósítása, gyártása körülményesebb,
- mérete, tömege nagy, rázás-, ütészállósága kicsi.

Megvalósítási lehetőségek:

- indirekt,
- direkt.



Elektronikus alkatrészek

40/47

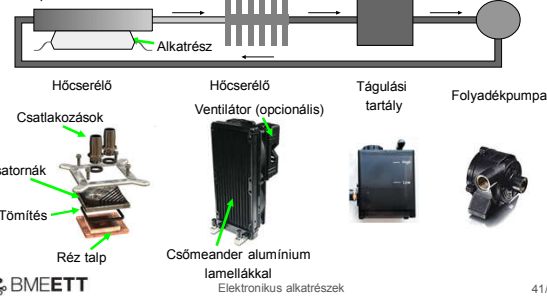
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

## HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – INDIREKT FOLYADÉKHŰTÉS

Indirekt folyadékhűtés:

a hűtőfolyadék közvetlenül nem érintkezik az elektronikus alkatrészekkel.

Felépítése:



Elektronikus alkatrészek

41/47

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

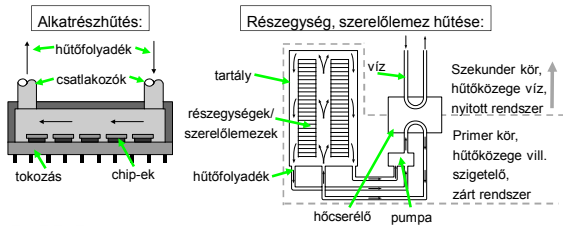
## HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – DIREKT FOLYADÉKHŰTÉS

Direkt folyadékhűtés:

a hőcserélő elhagyásával a hűtőfolyadék érintkezésbe kerül az alkatrészekkel.

Jellemzői:

- az alkatrészek és a hűtőfolyadék között a termikus ellenállás drasztikusan csökken,
- a hűtőfolyadék csak elektromosan szigetelő lehet,
- megvalósítása körülményes.



Elektronikus alkatrészek

42/47

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

## Készülékek tervezése, felépítése

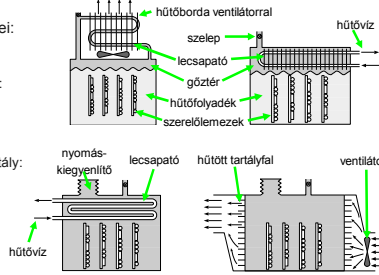
# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – FÁZISÁTALAKULÁS

Kifejlesztésük motivációja, hogy a folyadékok elforralásával nagyobb hőt lehet elvonni, mint az áramoltatásukkal ( pl. 1 kg víz 20-100°C-ra melegítése 0,335 MJ, elforralása 2,26 MJ energiát igényel).

Megvalósítás lehetőségei:

- direkt:
  - folyadéktartály gáztérrel:
    - külső lecsapatással,
    - belső lecsapatással,
  - folyadékkal feltöltött tartály:
    - lecsapatóval,
    - hűtött fallal.
- indirekt (heat pipe).



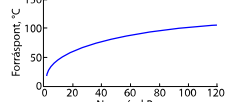
## HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – FÁZISÁTALAKULÁS

A hővezető cső (heat pipe): a fázisátalakulással működő hűtés megvalósítása kompakt kivitelben, a lehető legkisebb termikus ellenállás elérése érdekében. Hővezetőképessége 100...1000-szer akkora, mint a réz.

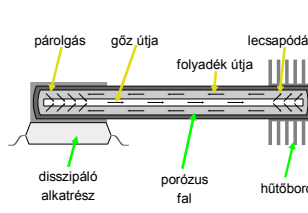
Felépítés: porózusfalú vákuumcső, kis mennyiségű folyadékkal (víz).



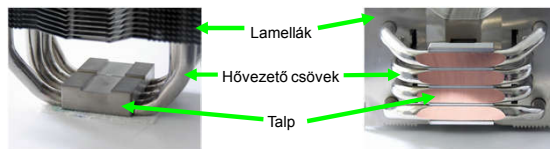
A csőben uralkodó nyomás szerepe:



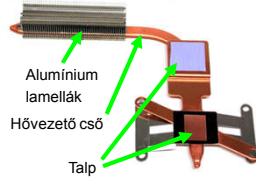
Működési elv:



## HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – HEAT PIPE, PÉLDÁK



Borda különböző talpakkal:



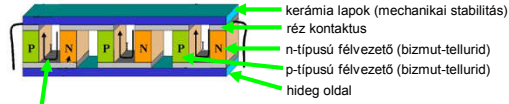
Készülékek tervezése, felépítése

# ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK

## HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – PELTIER-HŰTÉS

Peltier-elem: félvezető alapú hőszivattyú (a meleg oldalról disszipálni kell!)

Felépítés és működési elv:



az átmenetek elektromosan sorba, termikusan párhuzamosan vannak kapcsolva

a külső energiaforrás segítségével áthajtott elektronok az alacsonyabb energiaszinttel rendelkező n-típusú félvezetőből a magasabb energiaszinttel rendelkező p-típusú félvezetőbe lépve a szükséges energiát a környezetből veszik fel

Felhasználása üresközökben és termikus zaj csökkentése esetén indokolt (pl. CCD chip), többlépcsős változattal  $\sim -150^{\circ}\text{C}$  is elérhető.



## TARTALOMJEGYZÉK

- Elektronikus készülékek tervezési fázisai
  - Specifikáció
  - Áramköri tervezés
  - Mechanikai tervezés
  - Termikus tervezés
  - Egyéb szempontok: zavarvédelem, ergonómia, üzembiztonság, érintésvédelem, gyárthatóság, tesztelhetőség, életciklus
- A megbízhatóság mutatói
- Termikus tervezés, hűtési megoldások