

S1. A modellezés, szimuláció alapjai és szerepe az elektronikai gyártásban és minőségbiztosításban

1. Definiálja a modell fogalmát!

A modell egy tetszőleges entitás egyszerűsített formája (alakja). A modell az entitás vizsgálni kívánt jellegét tartalmazza –és csak azt tartalmazza –olyan formában, amely az adott eszközeinkkel, az adott szempontból vizsgálható.

Főbb jellemzők:

- a modell egy entitáshoz kapcsolódik, az entitás egyszerűsítése
- az entitás tetszőleges, akár nem létező is lehet.
- a modell egy adott feladat megoldására és egy adott cél elérésére alkalmas,

2. Csoportosítsa a modelleket a következő szempontok szerint: funkció, a feladat jellege, modellezett rendszer és a modell típusa alapján

1. funkció:

- felépítés szemléltetése
- teljesítmény vizsgálata
- paraméterei hatásának vizsgálata
- működésével kapcsolatos előírás megvalósíthatóságának vizsgálata
- működésével kapcsolatos probléma megoldása verifikációja (jól csináljuk?) és validációja (jót csinálunk?)
- vizsgálatához szükséges teszt vektorok generálása
- működésének optimalizálása,

2. a feladat jellege:

- direkt (kimenet ismeretlen),
- indirekt (bemenet ismeretlen),
- induktív (modell ismeretlen).

3. a modellezett rendszer:

- fizikai
- termelési

4. a modell típusa.

- Gondolati – fogalmi, jelképes
- Anyagi – geometriai, természetes, matematikai (elektromos, termikus, mechanikus...)

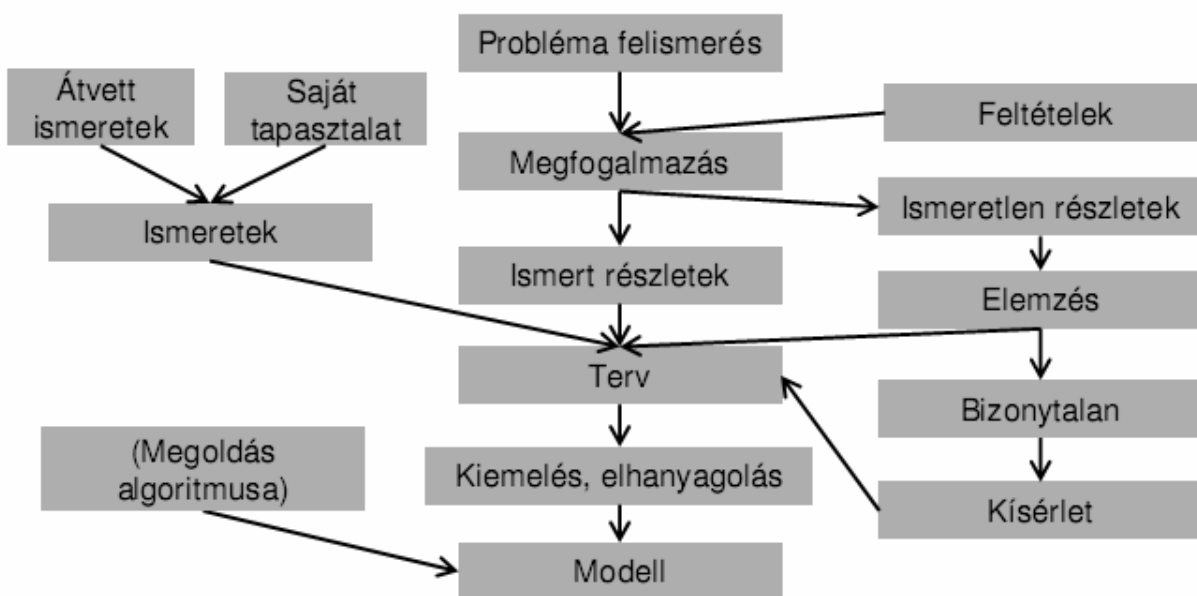
3. Definiálja a matematikai modell fogalmát!

A vizsgált rendszerben lejátszódó jelenség, folyamat, a vizsgálat szempontjából lényeges tulajdonságai közötti összefüggések matematikai megfogalmazása. A matematika szimbólumrendszerén keresztül teremt kapcsolatot a vizsgált rendszer be-és kimenő jellemzői között.

Részei:

- matematikai objektumok,
- relációk.
- fizikai objektumok < - > matematikai objektumok
- fizikai kapcsolatok < - > matematikai relációk

4. Adjon sémát egy valós probléma modelljének létrehozására!



5. Ismeresse az elektronikai technológia területén előforduló legfontosabb modellezési feladatokat!

- Termomechanikus,
- Mechanikai
- Áramköri
- Fáradás
- Elektromágneses
- Megbízhatósági
- Termikus

6. Fogalmazza meg az áramköri szimuláció szerepét!

- a számítógéppel segített tervezés fontos (nem melleleg első) területe,
- nagy mennyiségű számítás gyors elvégzése,

- a szimulációs programok hatékonyak, hiszen: rohamosan növekvő igényt kielégítik, a könnyen automatizálhatók és a visszacsatolást is képesek kezelni

7.Fogalmazza meg a mechanikai szimuláció szerepét!

A kezdeti-és peremfeltételek ismeretében a rendszerben előforduló feszültségek és deformációk számítása, melyek okozhatnak:

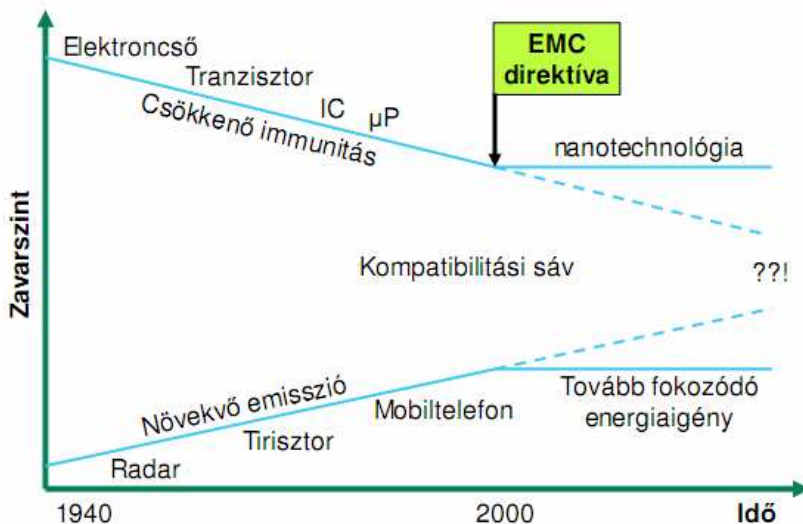
- nagy behatás esetén azonnali törést,
- magas hőmérsékleten kúszást,
- ismételt igénybevétel esetén fáradást.

A feszültség forrása lehet: külső, belső (hirtelen hűtés, hőtágulás)

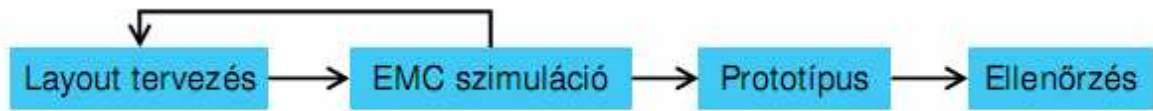
8.Milyen tényezők befolyásolják az anyagok hőtágulása miatt kialakuló belső feszültség mértékét?

- a hőtágulási tényezők illesztetlensége
- anyagok mechanikai paraméterei
- geometriai méretek
- alkatrészek kialakításának módja
- hőmérséklet
- hőmérsékleti gradiens

9.Fogalmazza meg az EMC szimulációk szerepét! Miért van kiemelt szerepe a modellezésnek ezen a területen?



A fokozódó energiaigény és a miniaturizálás előre haladtával az alkatrészek zavarvédelme és egymásra hatásának elemzése egyre hangsúlyosabb szerepet kap. A csökkenő immunitás és a növekvő emisszió miatt kompatibilitási sáv egyre szűkül, a tervezés egyre komplexebb lesz. Manapság az EMC modellezés elkerülhetetlen a tervezés során. Speciális jelenségek, mint pl.: elektrosztatikus kisülés (vezetett és sugárzott), villámcsapás elektromágneses impulzusa, nukleáris elektromágneses impulzus, vizsgálatát is jelenti.



10.Sorolja fel a megbízhatósági modellezés céljait!

Olyan modell létrehozása, melynek segítségével megkapjuk egy rendszer (készülék, egység, áramkör) megbízhatósági függvényét (várható élettartamát) az elemek megbízhatóságának (megbízhatósági függvényének) ismeretében.

Másodlagos célok:

- hibamód és hibahatás analízis: alkatrészek, és részegységek meghibásodása milyen hatással van a rendszer meghibásodására
- karbantartási analízis: a felmerülő hibák és javításuk szimulációja
- az egyes elemek élettartamának összevetése a teljes rendszer élettartamával

S2. Hatékony modellezőeszközök

1.Soroljon fel néhány, az elektronikai technológiában használatos szimulációs programot! Milyen két nagy csoportra lehet osztani ezeket a programokat?

Specifikus programok, modellezőeszközök:

- Áramköri – pl. Spice
- Mechanikai (fáradás) – pl. Algor
- Termomechanikai
- Elektromágneses – pl. Sonnet, CST
- Megbízhatósági – pl. Relex
- Termikus – pl. FloTHERM

Univerzális eszközök:

- Comsol
- Matlab-Simulink
- Abaqus
- Ansys

2.Milyen gyakorlati probléma nyomán jöttek létre az általános megoldó programok?

A (parciális) differenciálegyenletek megoldásához sokféle módszer létezik, azonban a konkrét feladatok megoldása időigényes.

A megoldás folyamata azonban mindig azonos:

- vizsgált geometria megadása,
- kezdeti-és peremfeltételek megadása,
- egyenletek megoldása,
- kiértékelés.

A megoldás szempontjából időigényes részletek automatizálásával (egyenletek megoldása), a gyakorlat szempontjából hatékony eszközök nyerhetők.

3.Milyen fő jellemzőket várunk el a gyakorlati feladatokra hatékonyan használható modellezőeszközöktől?

- GUI (szkript lehetőség)
- strukturálatlan, adaptív rácsgenerálás
- vizsgálandó geometria egyszerű megadása
- a differenciálegyenletek megadása mellett jelenjenek meg az „alkalmazási módok” is (application mode)
- a környezet fizikai jellemzőinek kezelése
- csatolt problémák kezelése
- egyenlet alapú modellezés egyszerű kezelése
- anyagparaméterek megadása saját függvényvel

4.Mi a legfontosabb különbség a Comsol Multiphysics és a Simulink programok között?

Simulink:

- főbb hátrányok: más módszerekhez képest lassabb, nem független program
- algoritmusok fejlesztése GUI-n keresztül (programozás nem szükséges)
- modellezési folyamat megvalósítása blokkdiagrammal

A Simulink koncentrált, a Comsol elosztott paraméterű modellező eszköz.

S3. Reflow kemence termikus modellezése, analízise, paraméter vizsgálata Simulink segítségével

1.Sorolja fel a hőterjedés formáit, írja le röviden ezek jellemzőit!

1. Hővezetés: a közeget alkotórészecskék elmozdulása nem számottevő, illetve rendezetlen, konkrét mechanizmusai:

- hőmozgás,
- diffúzió,
- elemi hullámok.

$$\frac{dQ}{dt} = -\lambda \cdot F \cdot \frac{dT}{dx}$$

ahol:

dQ/dt a hőáram,

λ a hővezetési tényező,

F a felület,

dT/dx a hőmérsékleti gradiens

2. Hőszállítás: a közeget alkotórészecskék rendezett elmozdulásával valósul meg, konkrét mechanizmusai:

- áramlás
- (molekuláris szintű) vezetés
- sugárzás (?)

3. Hősugárzás: az energia térbeli terjedésének elektromágneses hullámok formájában megvalósuló folyamata.

$$\frac{dQ}{dt} = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot F \cdot (T_{sz} - T_k)^4$$

(szürke testekre!)

Ahol:

dQ/dt a hőáram,

ε az emissziós tényező,

σ_0 a Stefan-Boltzmann állandó, $5,67e-8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$

F a felület

T_{sz} a szilárd test hőmérséklete,

T_k a környezet hőmérséklete.

2.Mi a fázisátalakulások közös jellemzője? Miért jelent ez a jellemző problémát termikus szimulációk során?

A forrasztás során a forraszfém fázisátalakulása következik be. Az átalakulás jellemzői:

- eutektikus fázisátalakulás történik (ötvezetek esetén a legegyszerűbben kezelhető)
- számos fizikai jellemző ugrásszerűen megváltozik.

A paraméterek ugrásszerű változásának kezelési módjai:

1. feltételek megadásával
2. speciális függvényekkel, melyek deriváltja folytonos

A szimulációs paraméterek módosítása mindkét esetben szükséges, de az első megoldás esetén így is problémák adódhatnak. A 2. megoldásnak olykor nagy a számítási igénye.

3.Hogyan lehet meghatározni az újraömlesztő kemencében kialakuló hőleadási tényezőket? Mi az egyes megoldások előnye, illetve hátránya?

A hőleadási tényező (irányfüggő!) meghatározása:

- szimulációval – olcsó, gyors, de kevésbé pontos, mint a valódi mérés
- méréssel - pontos, de speciális műszerek kellhetnek, nem biztos, hogy kifizetődő

4.Milyen megoldásokkal lehet kiküszöbölni az újraömlesztés forrasztás során kialakuló termikus inhomogenitásokat? Milyen hátrányokkal járnak ezek a megoldások?

A nagy hőkapacitású elemek közelében a paszta nem ömlött meg! Lehetőségek - hátrányok:

- növeljük a csúcshőmérsékletet – egyes alkatrészek esetleg nem bírják ki ezt a hőmérsékletet
- növeljük a beáramló gáz sebességét – egyrészt nem növelhető korlátok nélkül, mert nagy sebességeknél le lehet fújni az alkatrészeket a lemezről, másrészt, mivel az ipari kemencék nitrogén gázt fújnak be (nem ingyen van, mint a levegő), költségnövekedéssel jár.
- a hőprofil a csúcshőmérséklet emelése nélkül módosítjuk – az előmelegítés és a hőntartás nem lehet rövidebb, a beállításokat illetően eléggé megvan kötve a mérnök keze, sok paraméter rögzítve van. A megoldás itt az, hogy pontosabb szabályozás kell, és olyan kemence, amely több zónával rendelkezik, nyilván, ez szintén drágább lesz.

30. A nyomtatott huzalozású lemez mintázatkialakításának tervezési irányelvei

1. Ismertesse a nyomtatott huzalozású hordozók mintázatának kialakítási alapelveit, ismertesse a szerelhetőre tervezés alapjait.

mintázatának kialakítási alapelvek:

- Az alkatrész forrsemek, pad-ek, csatlakozófelületek a technológiának és alkatrésznek megfelelő raszterben tervezendők (hagyományosan 2,54; SMT 1,27, v. kisebb.).
- Furatszerelt alkatrészek egy oldalon, SMT mindkettőn elhelyezkedhet
- Fésűszerű táp-föld hozzávezetés, többretegűnél a belső rétegek táp-föld fólia kialakítása.
- Indokolatlan nagy, összefüggő felületek kerülendők (forrasztáskor hőelvonók).
- A huzalozás tervezésénél az éles sarkok, csúcsok kerülendők.

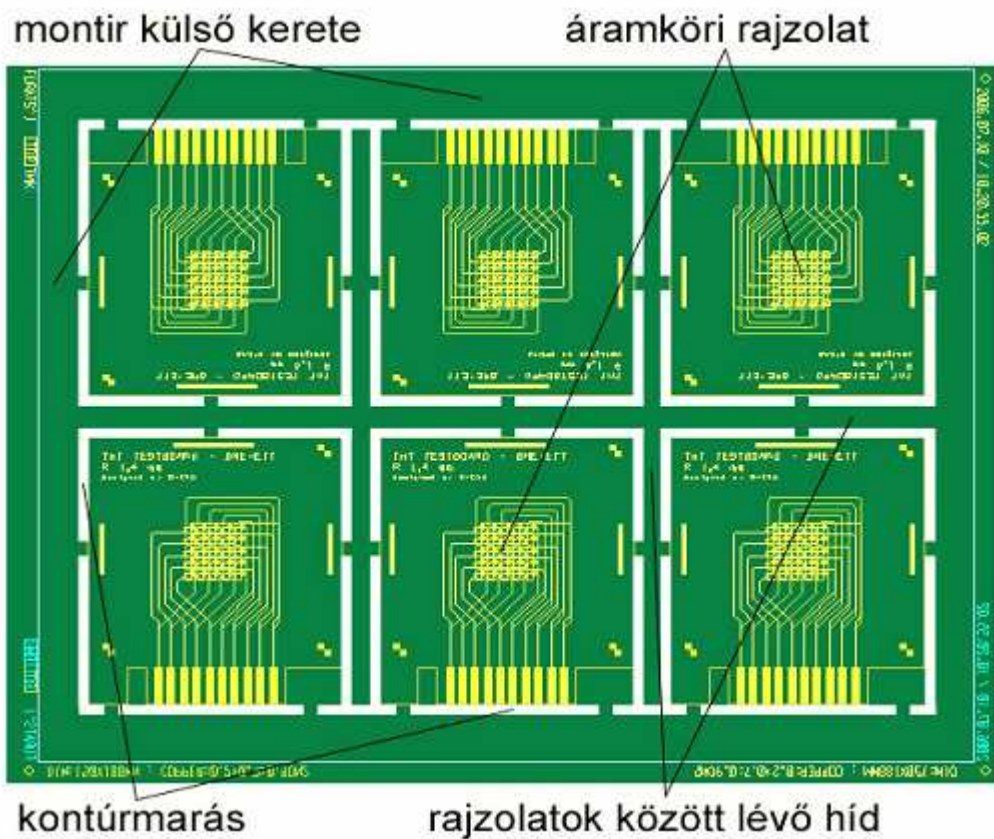
szerelhetőre tervezés:

- Csökkentsük az alkatrészek számát a funkciók integrálásával.
- Ne tessünk el fontos alkatrészeket (IC-eket).
- Az alkatrészek közé tervezzünk elegendő távolságot, azért, hogy könnyen be lehessen ültetni.
- Ne tervezzünk alkatrészt túl közel a hordozószéléhez.
- Két alkatrész rajzolatát ne tervezzük túl közel a rövidzár veszélye miatt.
- A polaritással rendelkező alkatrészek lehetőleg azonos irányban álljanak.
- a stencilt úgy tervezzük, hogy a lehető legjobban megelőzze a forrasztási hibák kialakulását (rövidzár, forraszgolyó-képződés).

2. Részletesen mutasson be rajzokkal egy furatszerelésre alkalmas 4 rétegű szerelőlemezt.

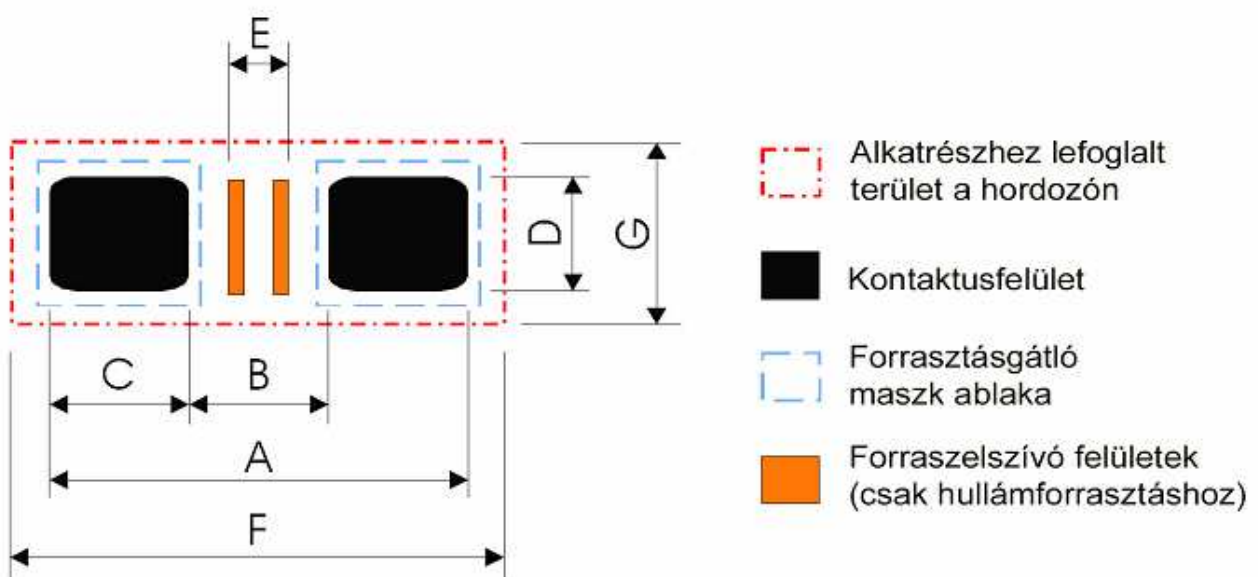


3. Mutasson be rajzzal részletezve egy montírozott áramkört.



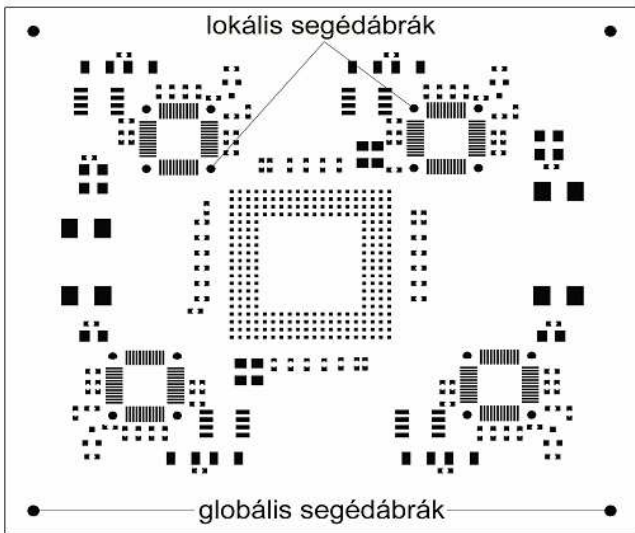
4. Mutasson be rajzzal részletezve egy felületszerelt, chipméretű diszkrét, passzív alkatrészhez alkalmas szerelőlemez-rajzolatot.

Chip méretű SM alkatrészek (ellenállás, kondenzátor, dióda)

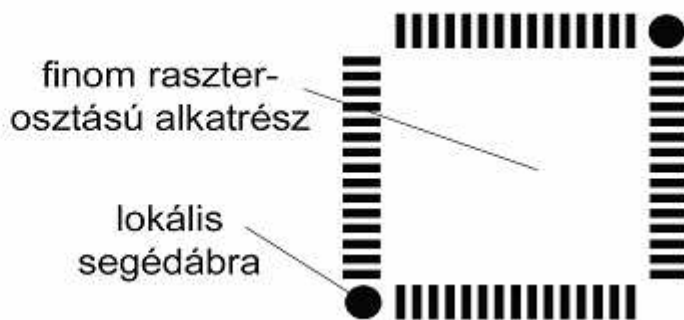
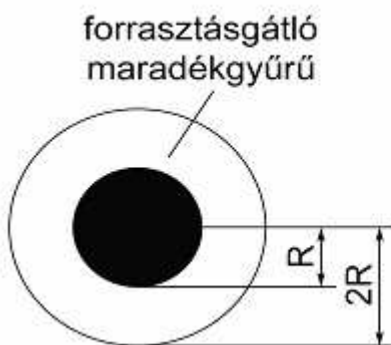


5. Ismertesse az illesztést segítő ábrák (fiducial) tervezési irányelveit.

- Pozícionálást segítő ábrák használatosak arra, hogy a szerelés fázisaiban a hordozópozícionálását a lehető a legpontosabban lehessen elvégezni (pl. hordozópozícionálása stencilhez, illetve az alkatrészek elhelyezésénél a koordináta tengely 0,0 pontjának meghatározása)
- A segéd ábrákat szintén a rézrétegre kell tervezni.
- Megkülönböztetünk globális és lokális segédábrákat (globaland local fiducials). Ezen kívül montirozott áramkörök esetén még a montirkeretén is alkalmaznak segédábrákat.
- A segédábrákat nem szabad forrasztásgátló lakkal takarni a nagyobb kontraszt érdekében.



- Lokális segédábrákat kell alkalmazni azoknál az IC-knél, amelyeknek raszter-osztása kevesebb, mint 0,63 mm.
- Legalább két segédábrát kell alkalmazni az alkatrész két átellenes sarkában.
- A segédábra minimális átmérője 1 mm, toleranciája 25 μm .
- A forrasztásgátlómaradékgyűrű ajánlott átmérője a segédábra átmérőjének a kétszerese, minimum 2 mm.
- A maradékgyűrű alatt a belső rétegeken lévő huzalozás megzavarhatja a pozícionálást, mert az is látható a kamerával.



6. Ismertesse az SMD (SolderMaskDefined) és az NSDM (Non Solder MaskDefined) forrasztásgátló kialakítási módokat.

NSMD – Non Solder Mask Defined

Nem a forrasztásgátló határozza meg a forrasztási felület méretét

Kisebb a forrasztási felület tapadása a hordozóhoz

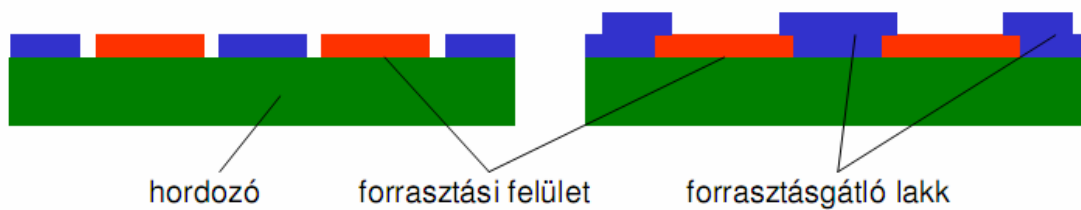
Kisebb a forrasztott kötésben kialakuló mechanikai feszültség

SMD – Solder Mask Defined

A forrasztásgátló határozza meg a forrasztási felület méretét

Nagyobb a forrasztási felület tapadása a hordozóhoz

Nagyobb a forrasztott kötésben kialakuló mechanikai feszültség



S5. Egyszerű áramkör megbízhatósági analízise

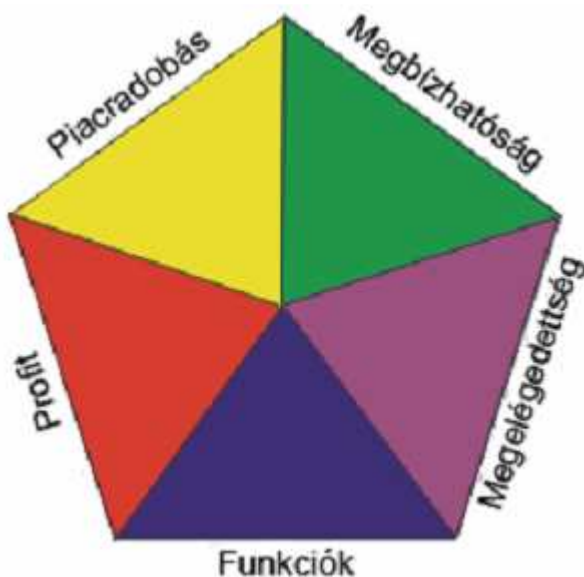
Simulink-kel

1.Mi a megbízhatósági modellezés, analízis menete (hogyan állítjuk elő egy áramkör megbízhatósági modelljét)?

1. Vizsgálatok, adatgyűjtés:
 - Alkatrész modellezés
 - Befolyásoló tényezők figyelembe vétele
 - Élettartam vizsgálat (gyorsított vizsgálata)
 - Szabvány alkalmazása
2. Adatok alapján a rendszer modelljének felállítása:
 - Modellezés: exponenciális, weibull eloszlás szerint

2.Mi a megbízhatósági analízis célja új termék piacra dobása esetén? (stratégiai szempontok)

Profit maximalizálása, időtállóság (funkciók szerepe, bővíthetősége), vevői megelégedettség és ezzel együtt a termék megbízhatóságának fenntartása.



3.Hogyan segíthet a megbízhatósági analízis vegyes rendszerek előállítási költségének csökkentésében?

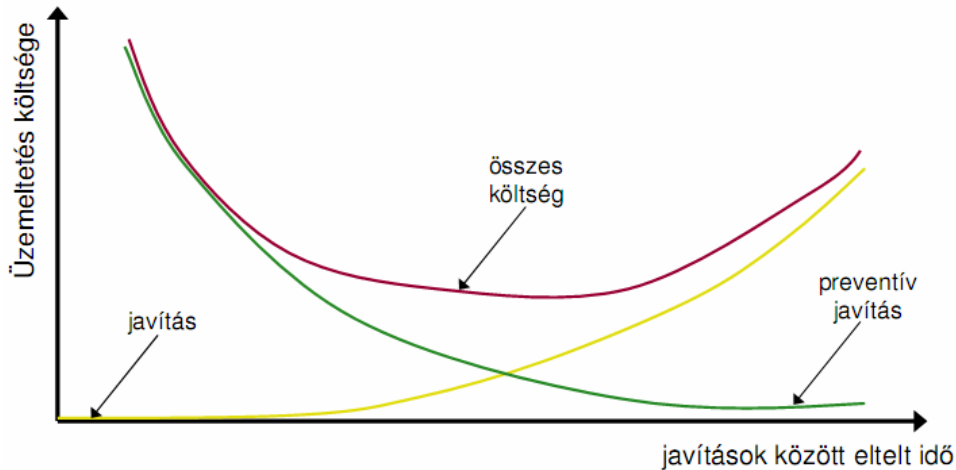
A vizsgálat segítségével azt lehet kiszűrni, hogy egy pl. 5 éves élettartamra tervezett áramkörben ne forduljanak elő 200 éves élettartammal rendelkező alkatrészek. Ezeket a "jó" alkatrészeket kell olcsóbbra (rosszabb minőség, kisebb terhelhetőség, stb.) cserélni (persze úgy, hogy közben az áramkör ~5 éves várható élettartama megmaradjon).

4. Mi a megbízhatósági analízis célja nem javítható áramkör esetén (megbízhatóság-gyártói költség kapcsolata)?

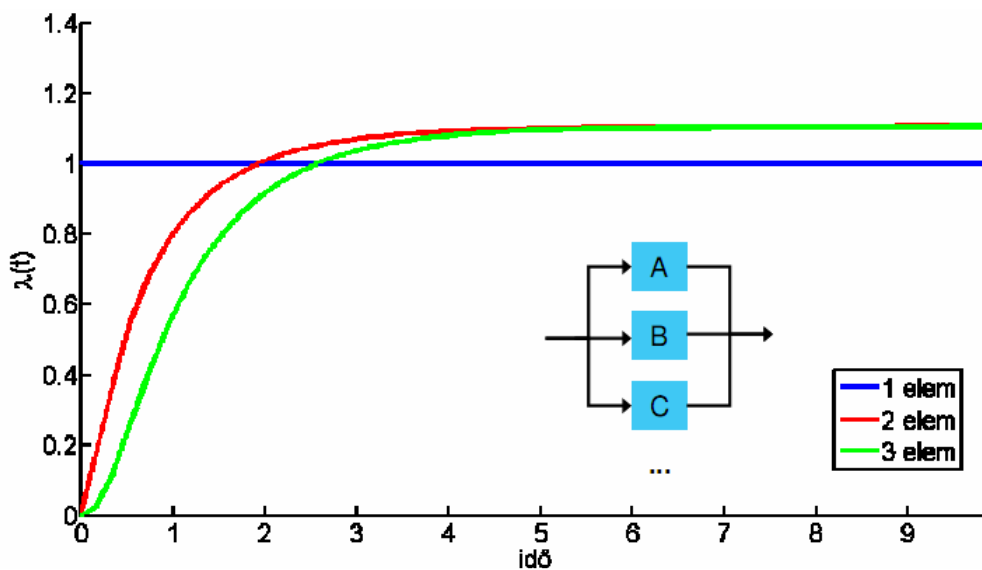
A költségminimalizálás, optimalizálás. A túlságosan ellenőrzött, szabályozott gyártás drága. Igaz, ekkor a garanciális költségek alacsonyak. Olcsó gyártás viszont magas garanciális költségeket eredményezhet.

5. Mi a megbízhatósági analízis célja javítható áramkör esetén (preventív javítás szerepe)?

Az összes költség meghatározása egy kádgörbe szerint alakul, a cél az alsó pont megkeresése (ott minimális az üzemeltetés, szervizelés költsége)



6. Milyen üzemeltetési körülmények biztosításával lehet legjobban kiaknázni a melegtartalékolás előnyeit?



ez alapján preventív javítást kell végezni még abban az időtartományban, ahol az eredő lambda az eredeti rendszer lambda-jánál alacsonyabb van -> drasztikusan nő a megbízhatóság (hiszen $t=0$ környékén a lambda 0-hoz közeli, ez végtelen nagy várható élettartam!)

S6. A gyártásközi minőségellenőrzés matematikai és statisztikai módszerei

Gyártóberendezések minősítő képességvizsgálatai

1.Soroljon fel olyan területeket, eseteket, problémákat (legalább három) az elektronikai gyártás területéről, ahol statisztikai módszerek használatosak!

- Alkatrész beültetés pontosság vizsgálata
- Paszta nyomtatás minőségének ellenőrzése
- ICT esetén
- Gyártósor gyártási sebességének vizsgálata
- ...

2.Sorolja fel azt a négy vizsgálati módszert, melyek segítségével egy ismeretlen folyamat eloszlása, jósolhatósága vizsgálható! Milyen tulajdonságok állapíthatók meg az egyes módszerek segítségével?

NPP (Normal Probability Plot): normál eloszlással van-e dolgunk, ha nem mennyiben tér el
Bihisztogram: gyártási paraméterek változásának hatását, a várható értékeket és az eloszlás változását is kimutatja

Box plot: várható érték, szórásadatok (és kiszóró pontok) megjelenítése csopontonként (~gépenként)

Dex szórás: paraméterek, faktorok hatásának vizsgálatára, összehasonlítására szolgál

Csoportok (batch-ek) paramétereinek összevetése: vizsgálható a várhatóérték, szórás

3.PPC (Production Process Characterisation) fogalma, alkalmazási lehetőségei.

PPC (Production Process Characterisation) az a folyamat, melynek során:

- azonosítjuk egy folyamat be-és kimeneteit,
- adatokat gyűjtünk a paraméterek teljes tartományában,
- megállapítjuk az optimális működési feltételeket,
- modellt állítunk fel, amely megadja a paraméterek hatását a működésre.

Alkalmazási lehetőségek:

- új folyamat vagy gép alkalmazása,
- folyamat vagy gép minősítése javítást követően,
- folyamatok vagy gépek összehasonlítása,
- folyamat vagy gép monitorozása, ellenőrzése,
- folyamat vagy gép képességének javítása szabályozással,
- hibakeresés.

4.A folyamatok kimeneteinek mérési eredményein alapuló(statisztikai) folyamatmodellezés fogalma, célja.

A folyamatmodellezés fogalma: egy folyamat kimeneteinek ismeretében olyan modell felállítása, amelyben a determinisztikus és a véletlen összetevők szeparálásra kerülnek, és matematikai leírásuk megadható.

Folyamatmodellezés célja:

- a determinisztikus rész matematikai leírásának kinyerése, és szimuláció,
- kalibrálás,
- optimalizálás,
- hibakeresés.

5.SPC (Statistical Process Control) fogalma. Miben különbözik az SPC a végellenőrzéstől, illetve a gyártásközi ellenőrzéstől?

Az SPC a gyártásközi ellenőrzést, adatok folyamatos gyűjtését, elemzését (statisztikák készítése) jelenti és egyben az eredmény visszacsatolása a gyártási folyamatba.

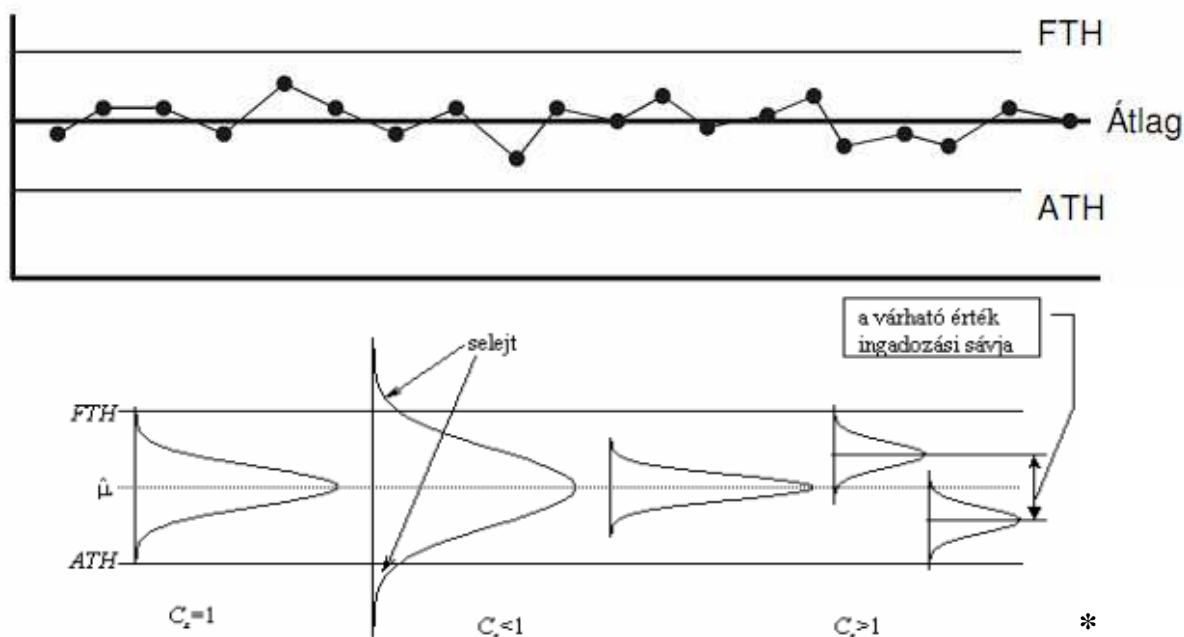
SPC (=Statistical Process Control) legfontosabb eszközei:

- hisztogram,
- Pareto diagram,
- ok-okozat táblák (lehet pl. halszálka diagram),
- ellenőrző táblák.

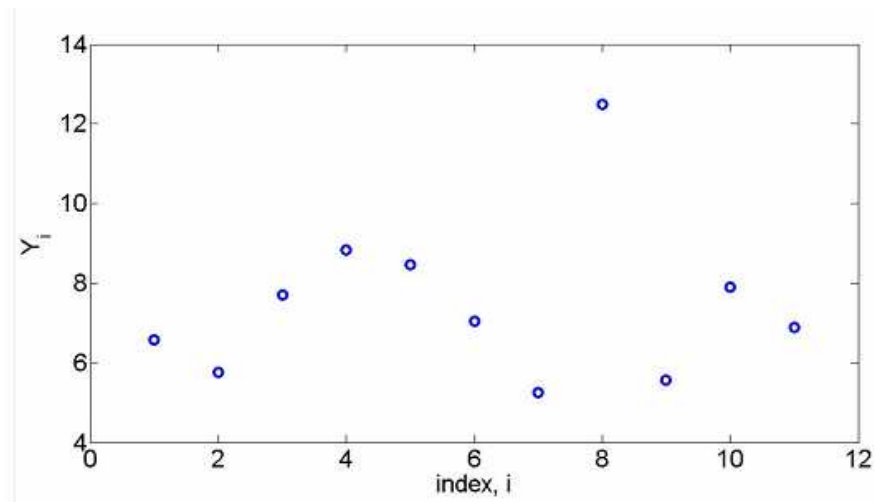
6.Mi az ellenőrző táblák (ellenőrző kártya, i-Yi grafikon) alkalmazásának jelentősége?

Meg lehet állapítani az esetleges kiszóró pontokat (azok a mérési eredmények, amik látszólag hibának minősülnek, de valójában csak a hibás mérés eredményei, így figyelmen kívül hagyhatók). Az ellenőrző táblán közvetlenül észlelhető hibajelenségek, és a beavatkozási határok:

FTH= felső tűréshatár



i-Yi grafikon: a mintavételezési időtől függetlenül csak az alkatrész (vagy bármilyen vizsgálandó adat, entitás) sorszáma szerepel az őt jellemző tulajdonság függvényében



7.A képességindex és a korrigált képességindex definíciója.

Képességindex:

$$C_x = \frac{FTH - ATH}{6\hat{\sigma}} = \frac{TM}{6\hat{\sigma}}$$

ahol

- Cx: képesség index (capability)
- FTH: felső tűréshatár
- ATH: alsótűréshatár
- TM: tűrésmező
- a folyamat elméleti szórásának becslése.

Lehetséges esetek:

- Cx=1 selejtmentes gyártás, minden 1000 munkadarab közül három tűrésen kívül
- Cx<1 selejtmentes gyártás nem lehetséges,
- Cx>1 selejtmentes gyártás mindaddig lehetséges, amíg az eloszlás várhatóérték mindkét tűréshatártól legalább 3σ távolságra esik.

Korrigált képességindex: akkor alkalmazzuk, ha a várható érték, nem az előírt értéken van (pl. előző oldal 2. diagramjában az utolsó 2 eloszlás esetén) *

$$C_{xk} = \text{Min} \left\{ \frac{\hat{\mu} - ATH}{3\hat{\sigma}}; \frac{FTH - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}} \right\}$$