

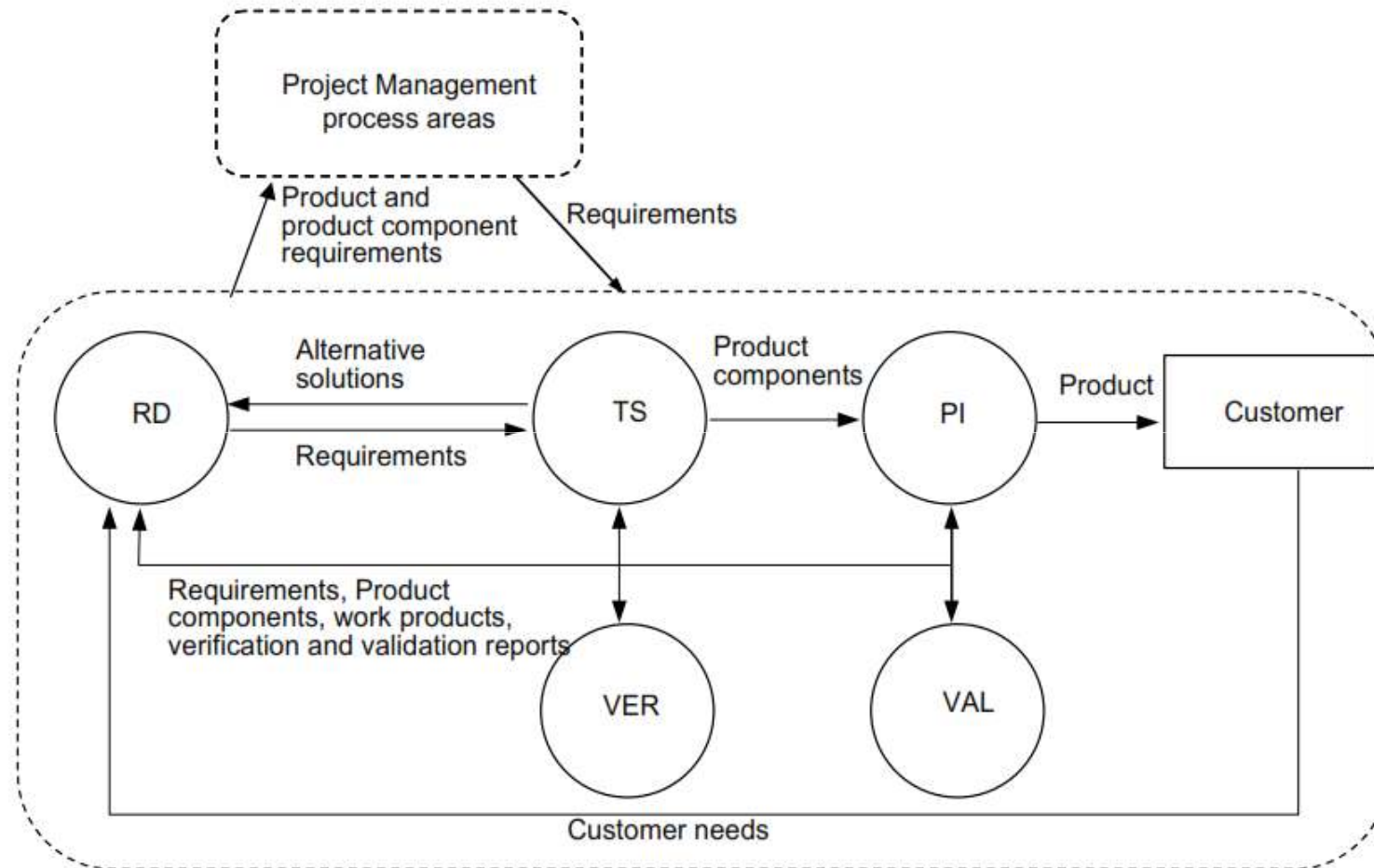
Fejlesztési folyamatok, élelciklus modellek V-modell

VIMIMA11 Rendszertervezés és –integráció
Scherer Balázs



Méréstechnika és
Információs Rendszerek
Tanszék

A CMMI fejlesztéshez legjobban kötődő folyamatai



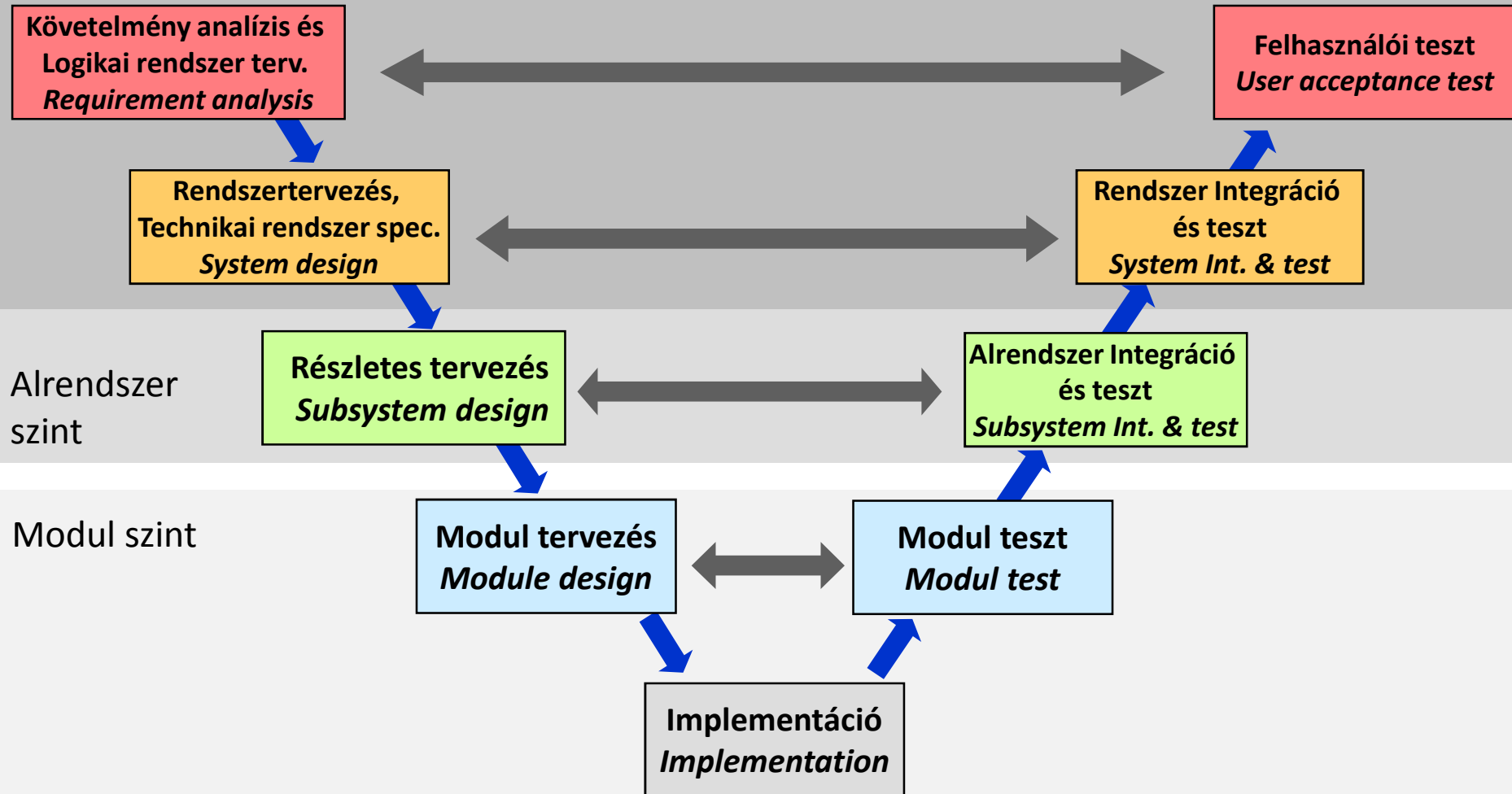
PI = Product Integration
RD = Requirements Development
TS = Technical Solution
VAL = Validation
VER = Verification

Fejlesztési életciklus modellek

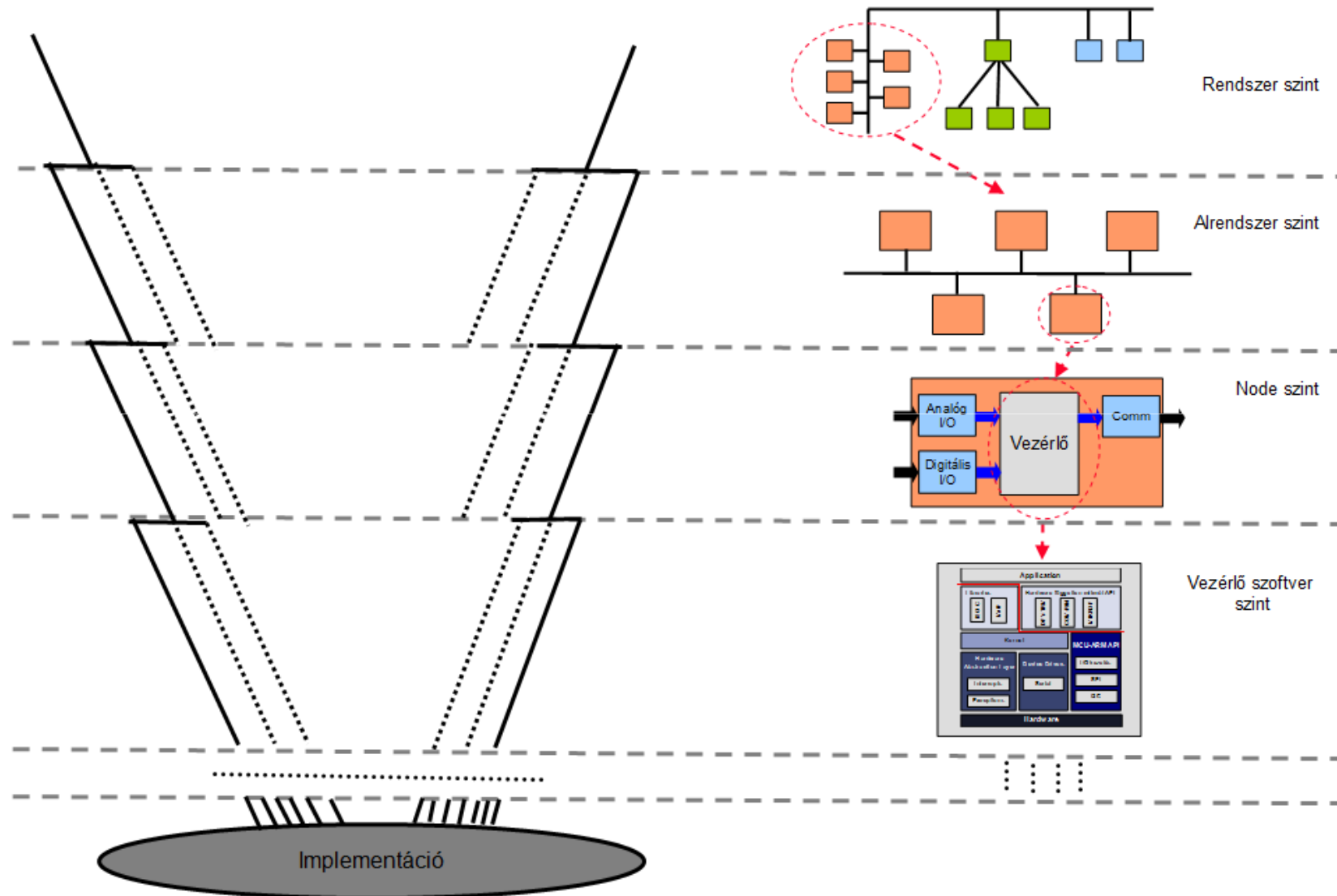
- A CMMI leírja a végrehajtandó feladatokat, de nem ad hozzájuk életciklus leírást, csak egy nagyon egyszerű sorrended
- Sok esetben ezeknek a feladatoknak a végrehajtására külső életciklus modellt használnak
 - Vízesés
 - Spirál
 - V-modell

V-modell mint fejlesztési élekciklus

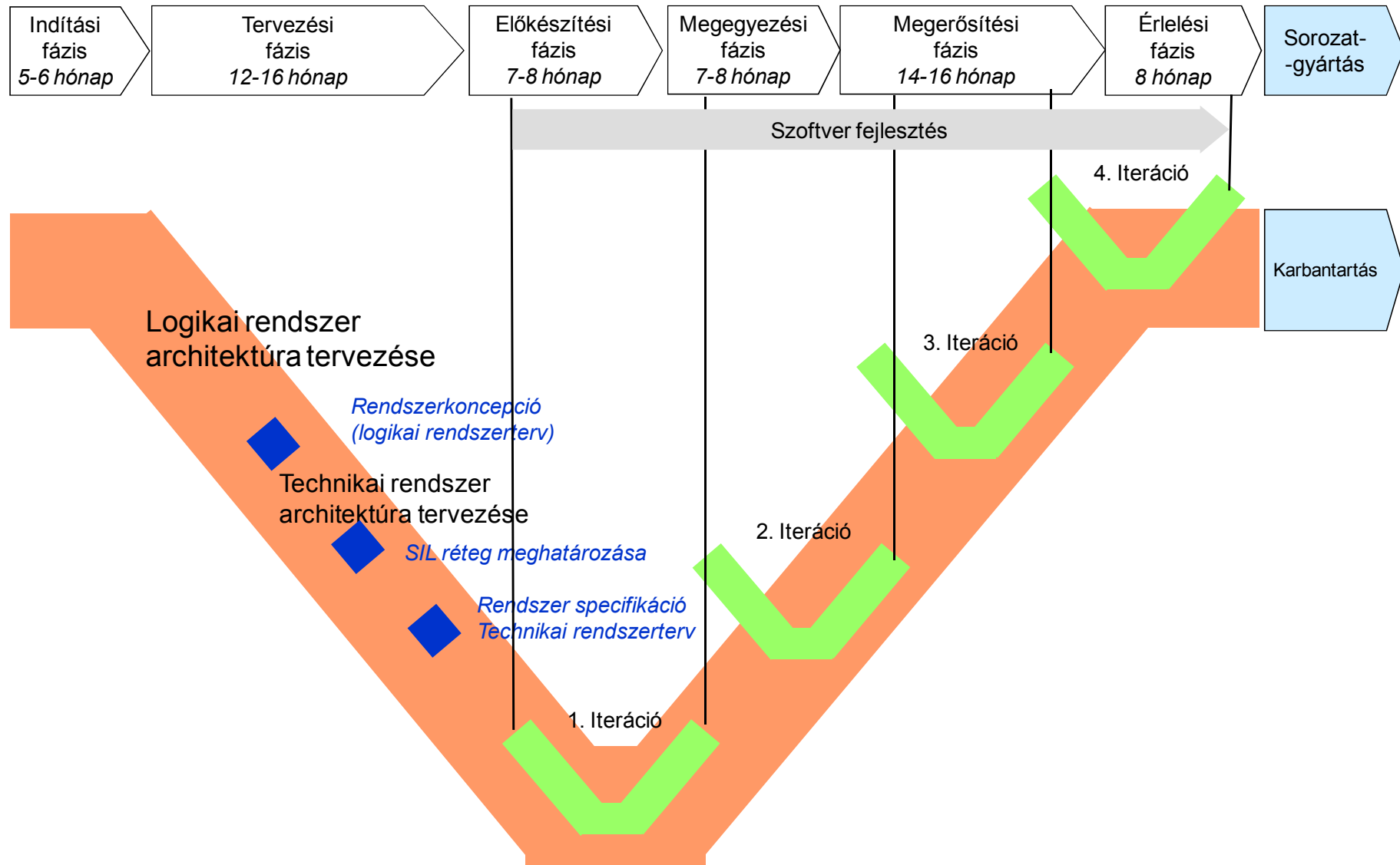
Rendszer szint



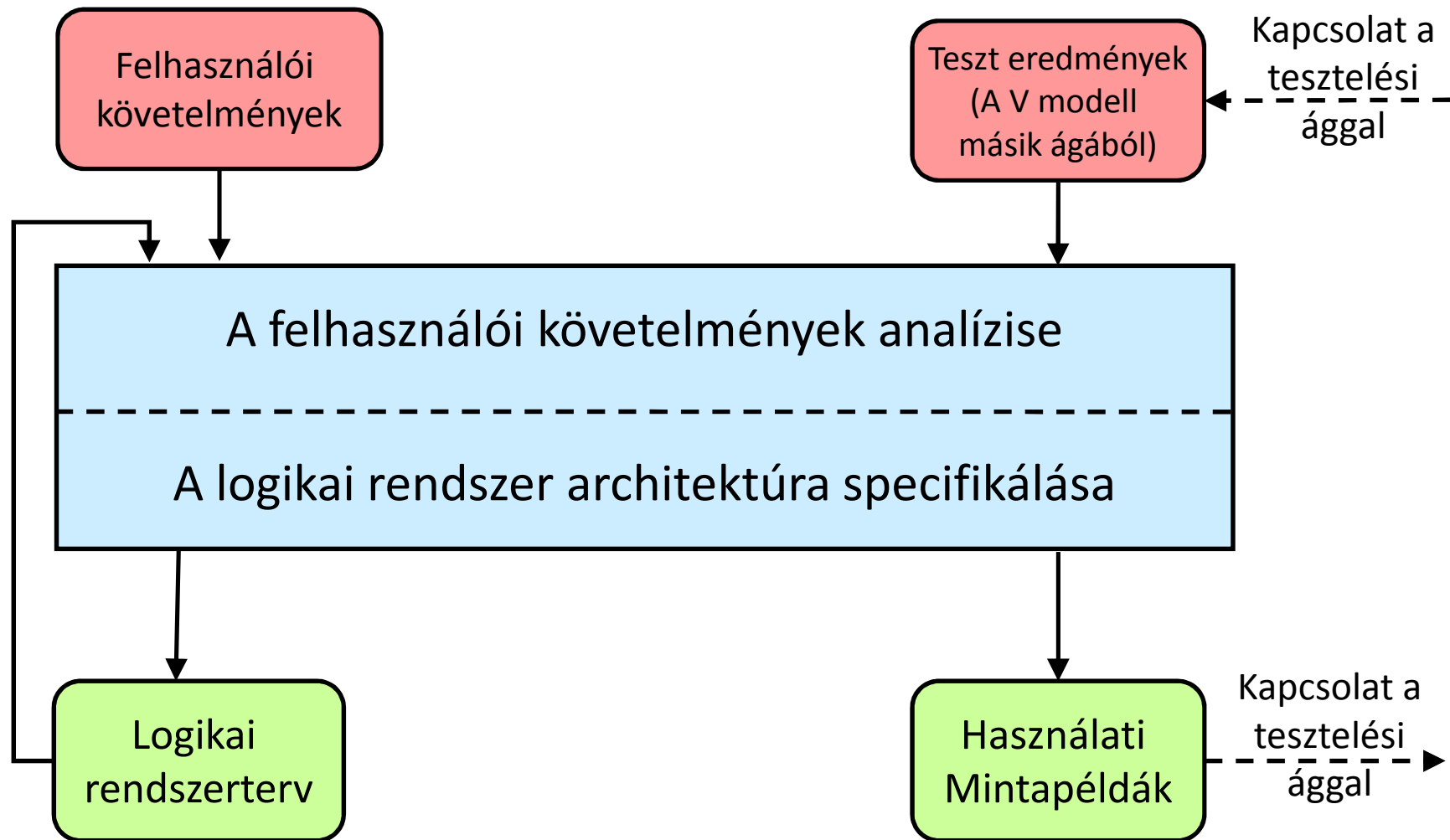
V-modell a valóságban I.



V-modell a valóságban II.



Felhasználói követelmények analízise a logikai rendszerterv létrehozása



Felhasználói követelmények meghatározása

Requirements development

- **SG 1: A felhasználói követelmények kiderítése (Develop Customer Requirements)**
 - **SP 1.1: Igények kiderítése, felmérése (Elicit Needs)**
 - Brainstorming, felmérések, prototípus demózsok, User Story-k stb. során
 - **SP 1.2: A résztvevők igényeinek követelményekké formázása (Transform Stakeholder Needs into Customer Requirements)**
 - A résztvevők igényeinek, elvárásainak, és megkötéseinek dokumentált követelményekké való formázása
 - A funkcionálisra és minőségre vonatkozó követelmények prioritált listába szervezése
 - A követelmények betartásának meghatározása a verifikálási és validálási szakaszban

Felhasználói követelmények meghatározása

Requirements development

- **SG 2: A termék követelmények kifejlesztése (Develop Product Requirements)**
 - **SP 2.1:** Termék és termék komponens követelmények felállítása
 - A felhasználói követelmények elemzése és átranzformálása technikai termék követelményekké
PL: Hordozható termék: súly <2 kg, Méret < 20x30cm, Akkumulátoros táplálás : feszültség érték, akkumulátor kapacitás 3 napra
Megbízható: rendelkezésre állás %-ban
Példa: **House of Quality Function Deployment**
<http://www.webducate.net/qfd/qfd.html>
<https://www.youtube.com/watch?v=u9bvzE5Qhjk>
 - **SP 2.2:** A követelmények termék komponensekhez való rendelése
 - **SP 2.3:** Külső és belső interfészek követelményeinek meghatározása

Felhasználói követelmények meghatározása

Requirements development

- **SG 3: A követelmények analízisa és validásása (Analyze and Validate Requirements)**
 - **SP 3.1:** Működési scenáriók, koncepciók létrehozása
 - **SP 3.2:** A megkövetelt funkcionalitás és minőség definiálása
 - **SP 3.3:** Követelmények analízise (szükséges és elégséges követelmények megtalálása)
 - **SP 3.4:** Követelmények analízise és kiegyensúlyozása
 - **SP 3.5:** Követelmények validálása szimulációval, prototípussal

Követelmény menedzsment

Requirements management

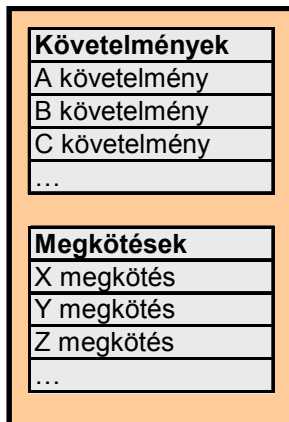
- **SG 1: A követelmények menedzselése**
 - **SP 1.1:** Követelmények megértése
 - **SP 1.2:** Követelményekhez felelősök rendelése
 - **SP 1.3:** Követelmények változásának követése
 - **SP 1.4:** Követelmények és tervek közötti kétirányú lekövethetőség megőrzése
 - **SP 1.5:** A project munka és a követelmények közötti kapcsolat biztosítása

Tipikusan Excel, Doors alapon

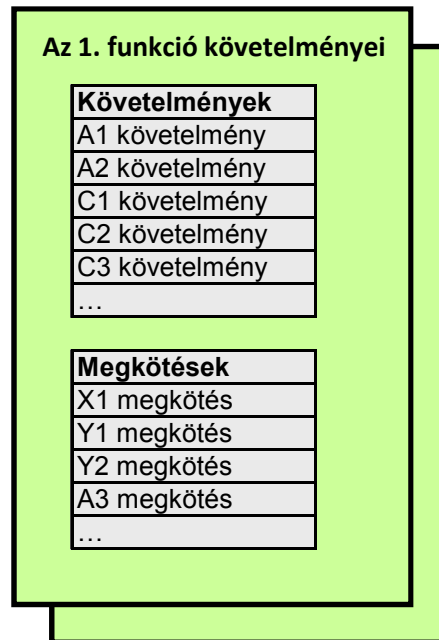
Követelmény menedzsment

Requirements management

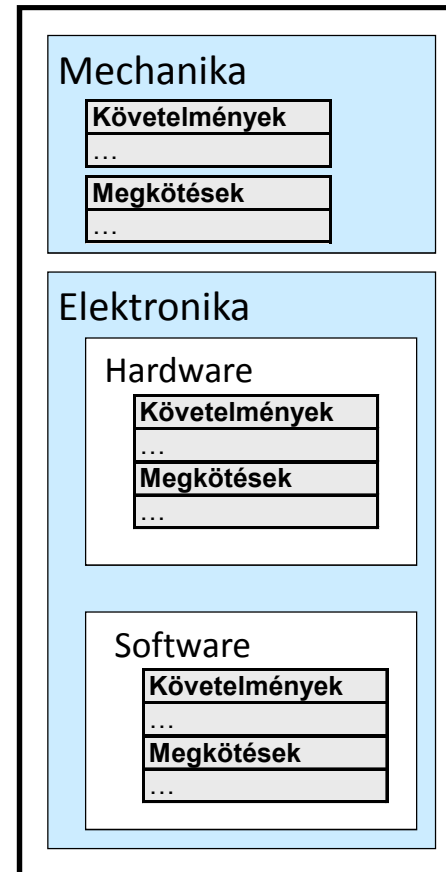
Felhasználói igények



Logikai rendszer



Technikai rendszerek

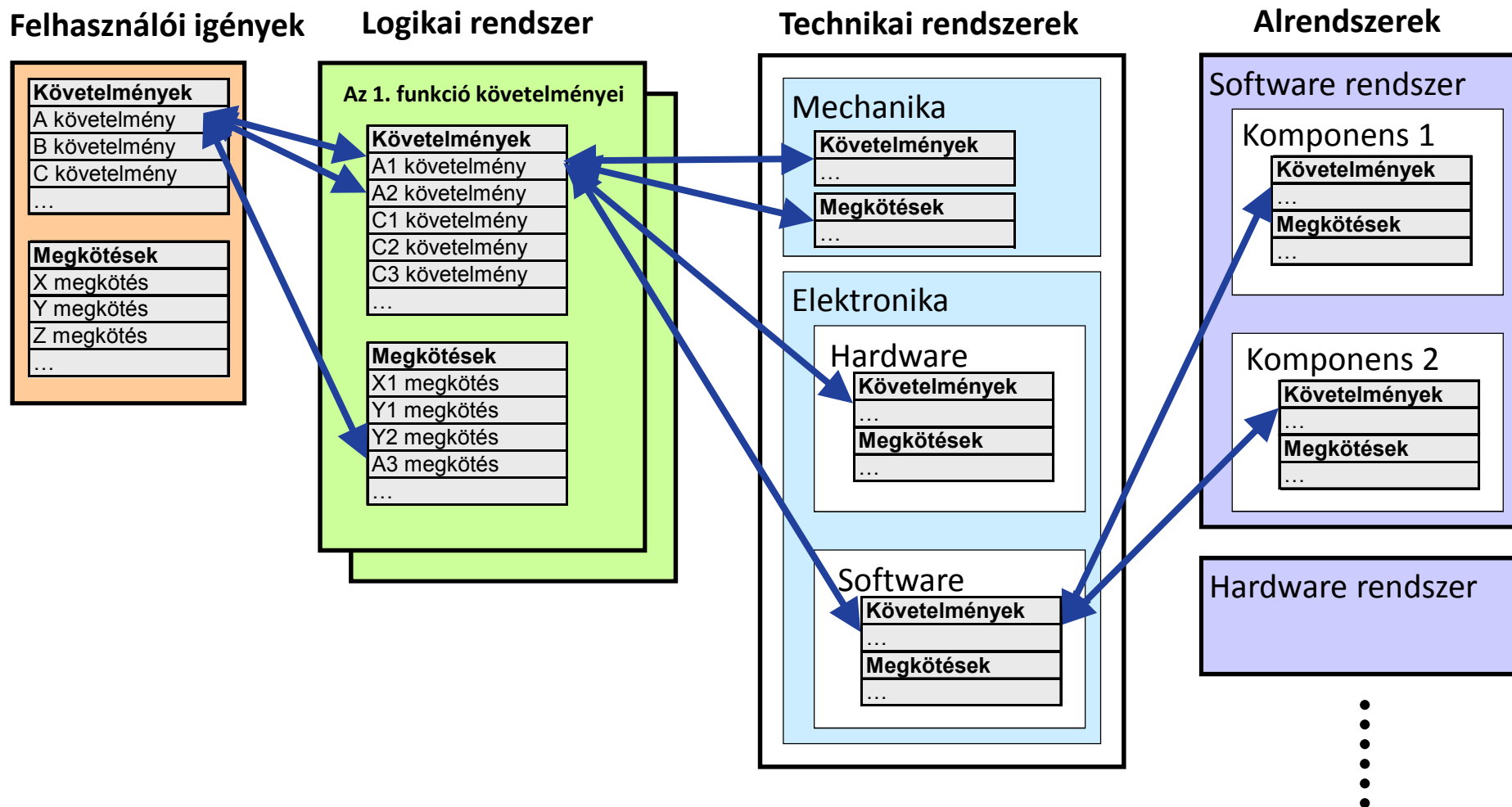


Alrendszerek



Követelmény menedzsment

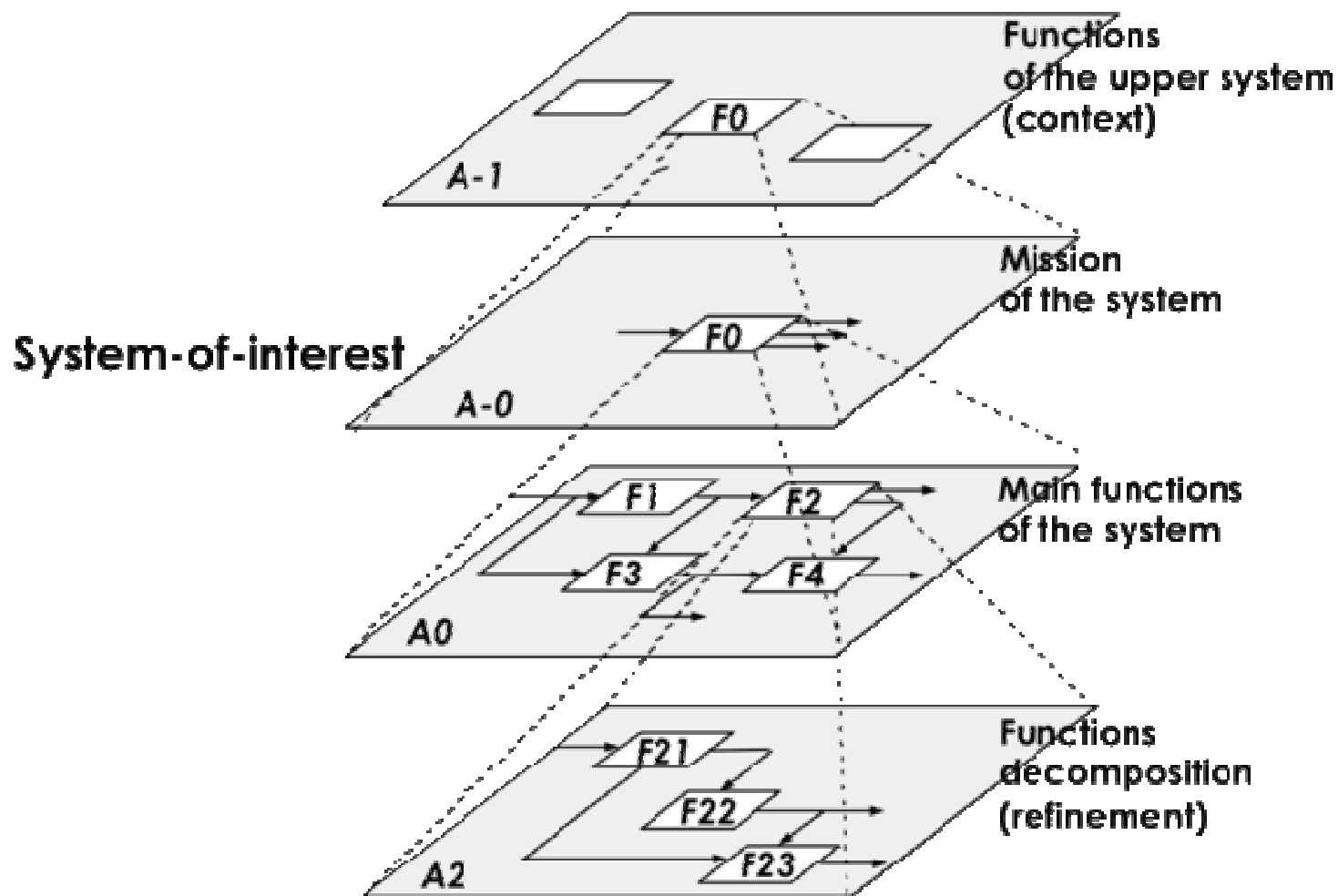
Requirements management



A logikai rendszer architektúra specifikálása

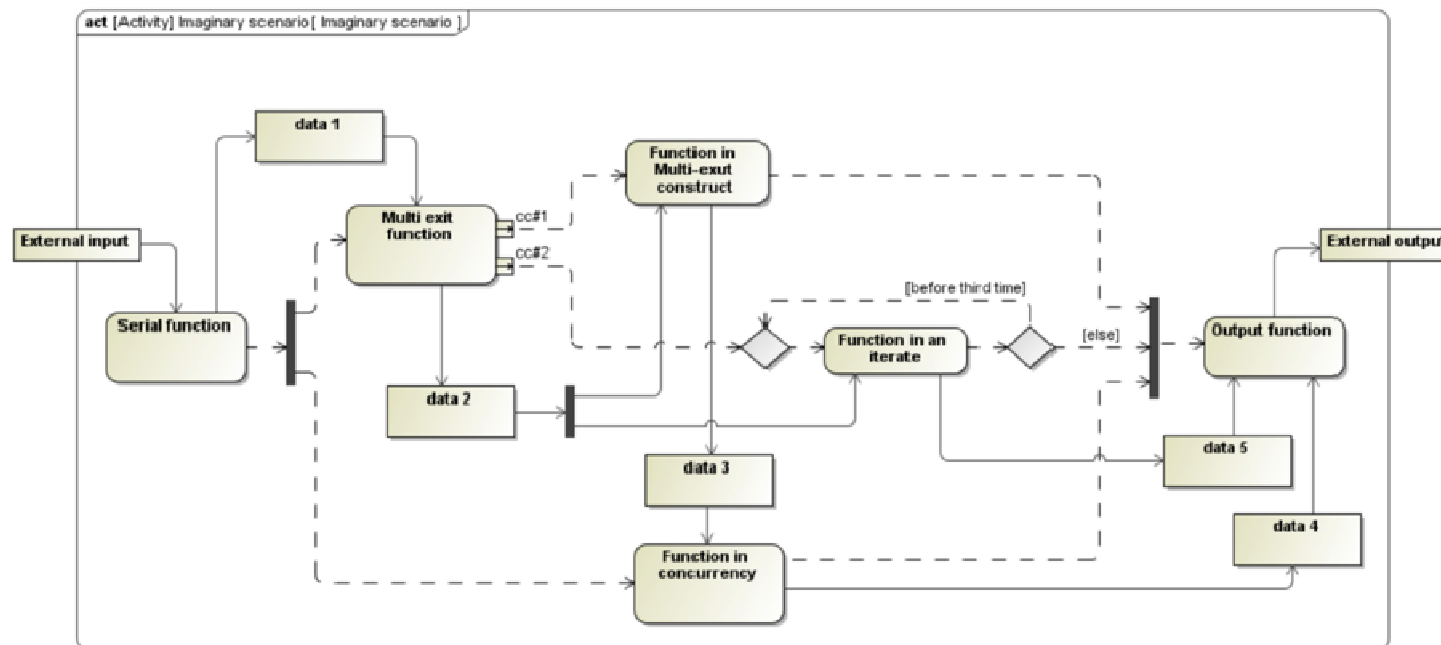
- Cél a feladat komponensekre bontása
 - A feladat milyen fő logikai részekből áll?
 - A logikai részek között milyen adatkapcsolatok vannak?
- A kimenetek és a bemenetek közötti adat utak feltérképezése
 - Hogyan áll elő a kimenet a bemenetből, ennek milyen lépései vannak?
- Sokféle logikai architektúra megjelenés létezik
 - Statikus megjelenítés: A funkciók és azok kapcsolatai
 - Dinamikus nézet: Egy bemeneti adat kezelésének folyamata
- Sokféle részletességgel is készülhet el a logikai rendszerarchitektúra

A logikai rendszer architektúra specifikálása

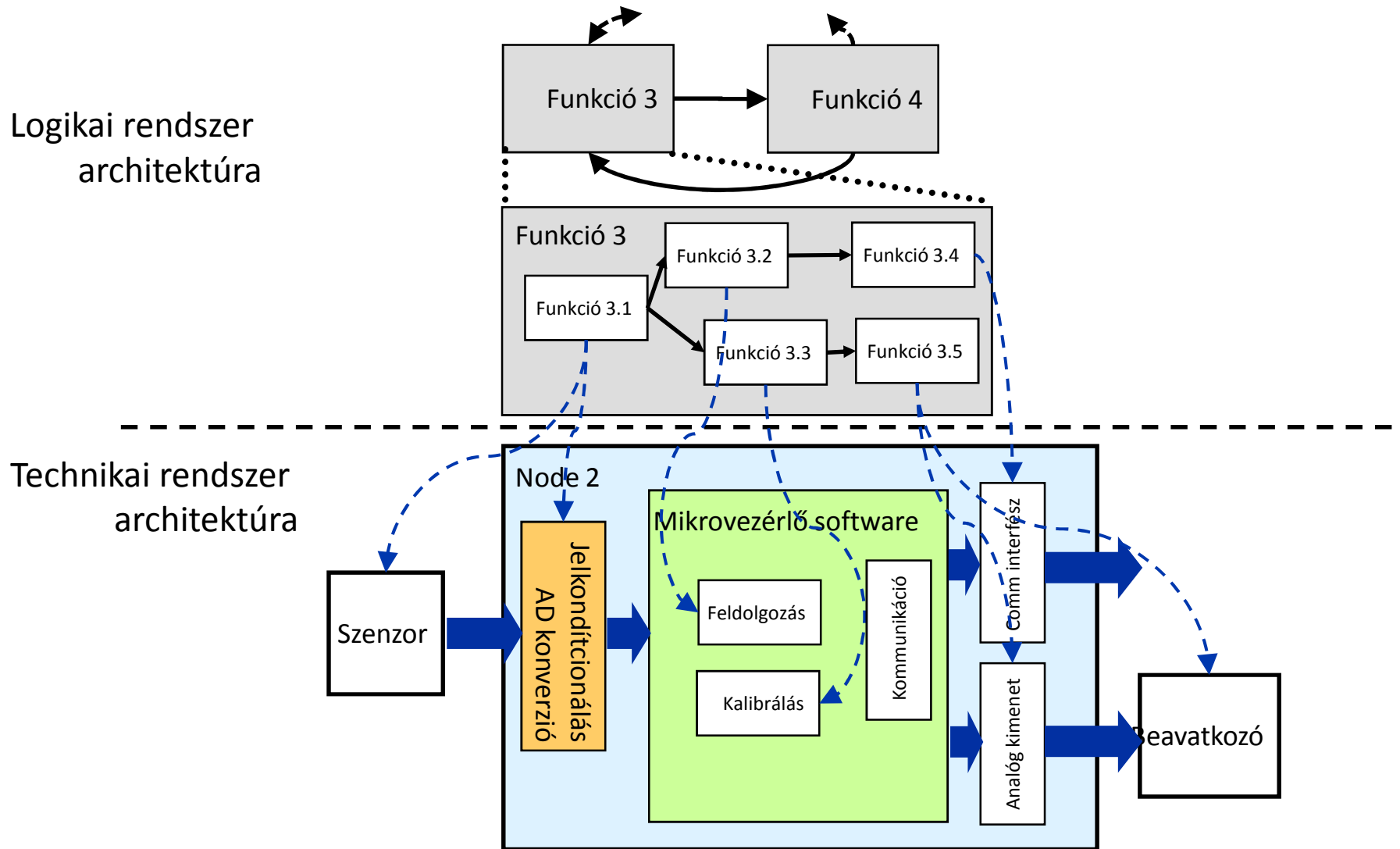


A logikai rendszer architektúra specifikálása

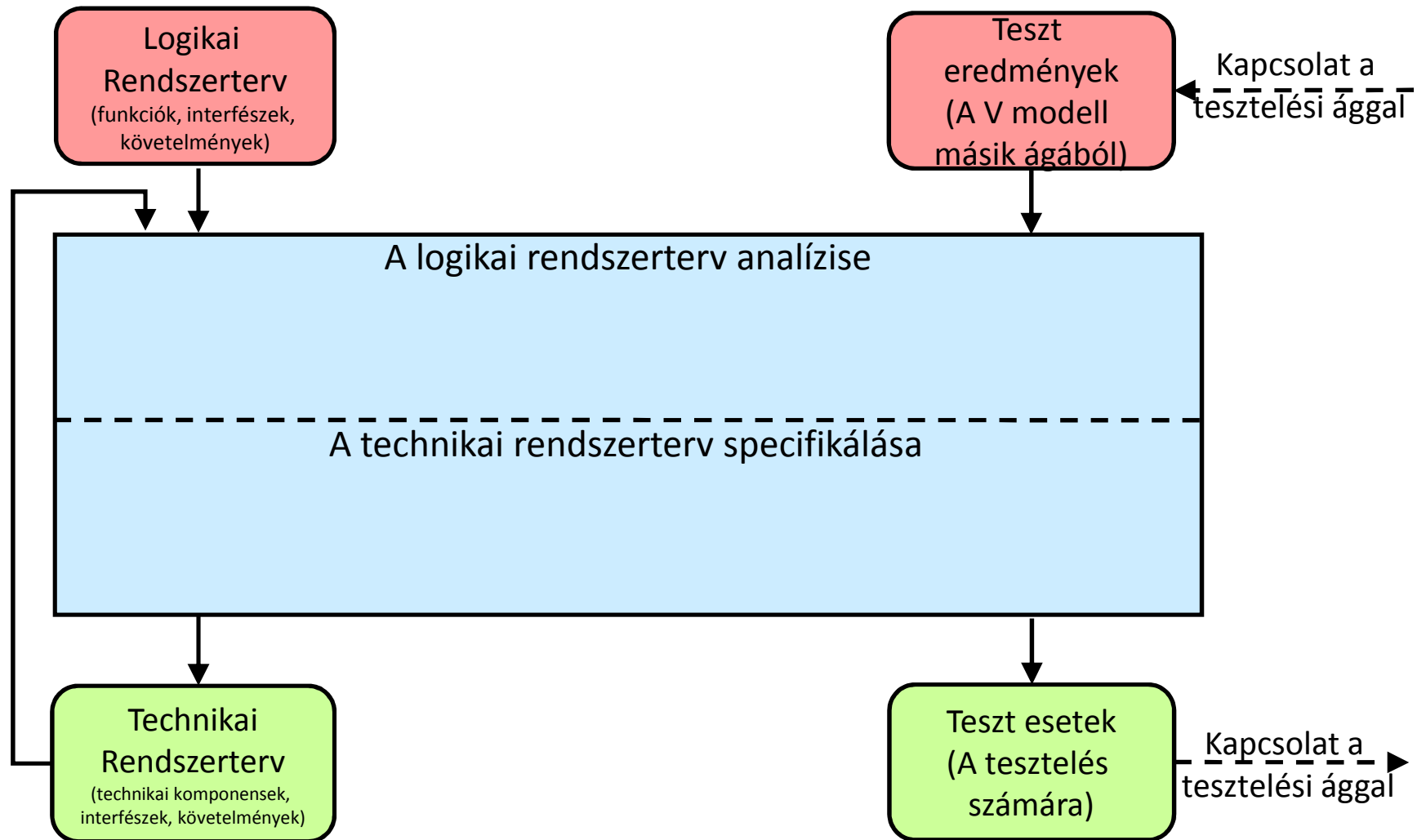
- Felhasznált diagramok, tool-ok
 - structured analysis design technique
 - Functional Flow Block Diagrams
 - UML, SysML diagramok



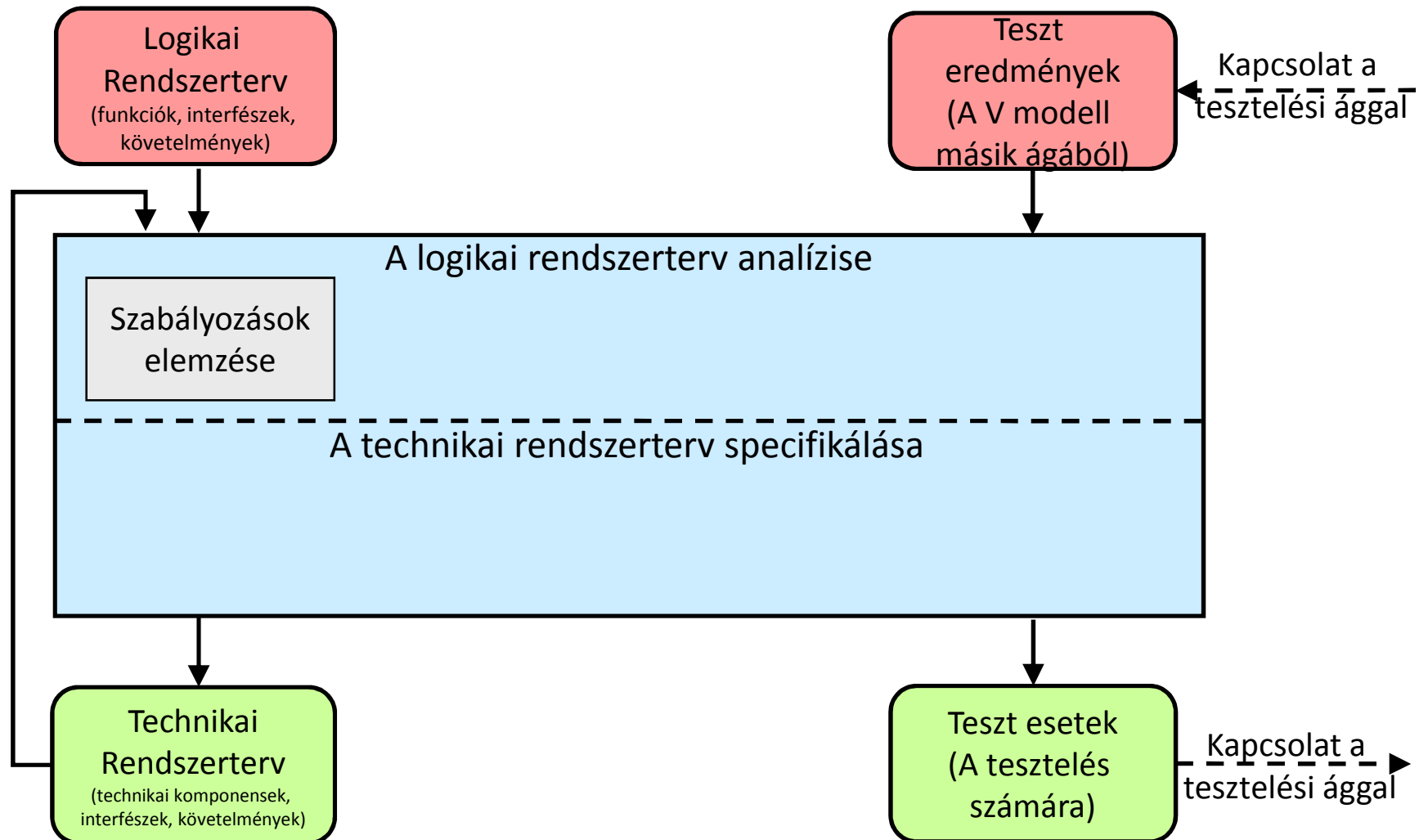
A logikai rendszer architektúra elemzése a technikai rendszer architektúra specifikálása



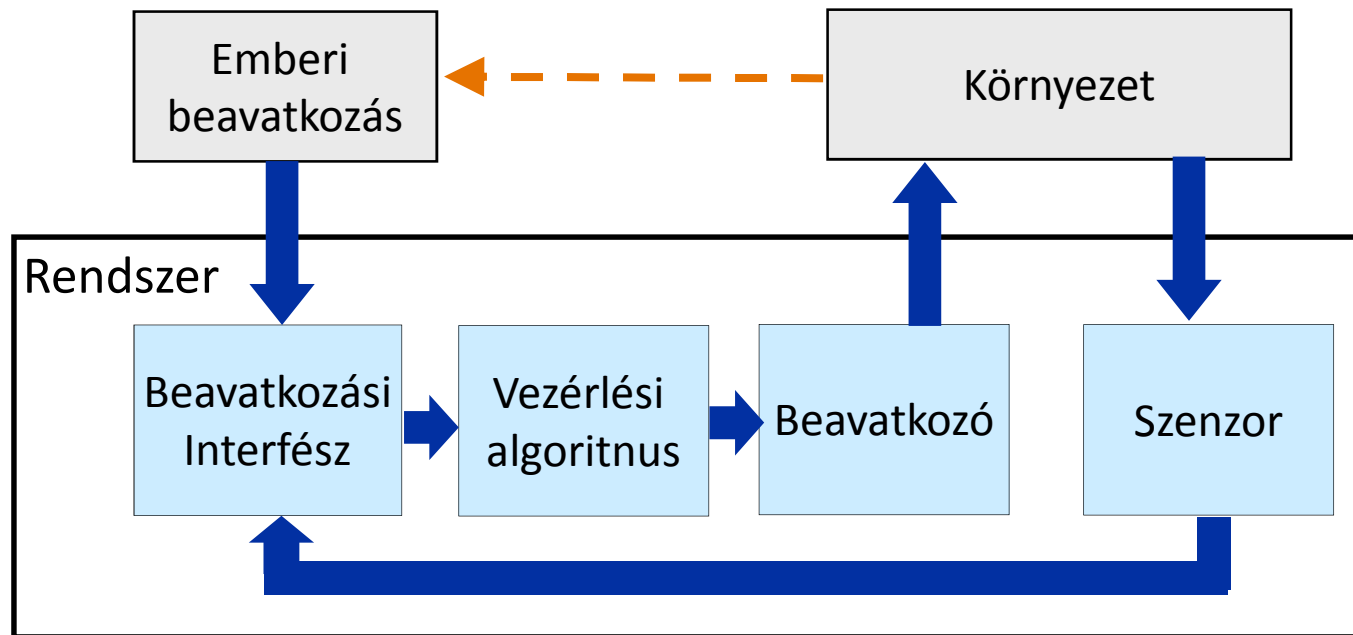
A logikai rendszer architektúra elemzése a technikai rendszer architektúra specifikálása



A logikai rendszer architektúra elemzése a technikai rendszer architektúra specifikálása



Szabályozások elemzése

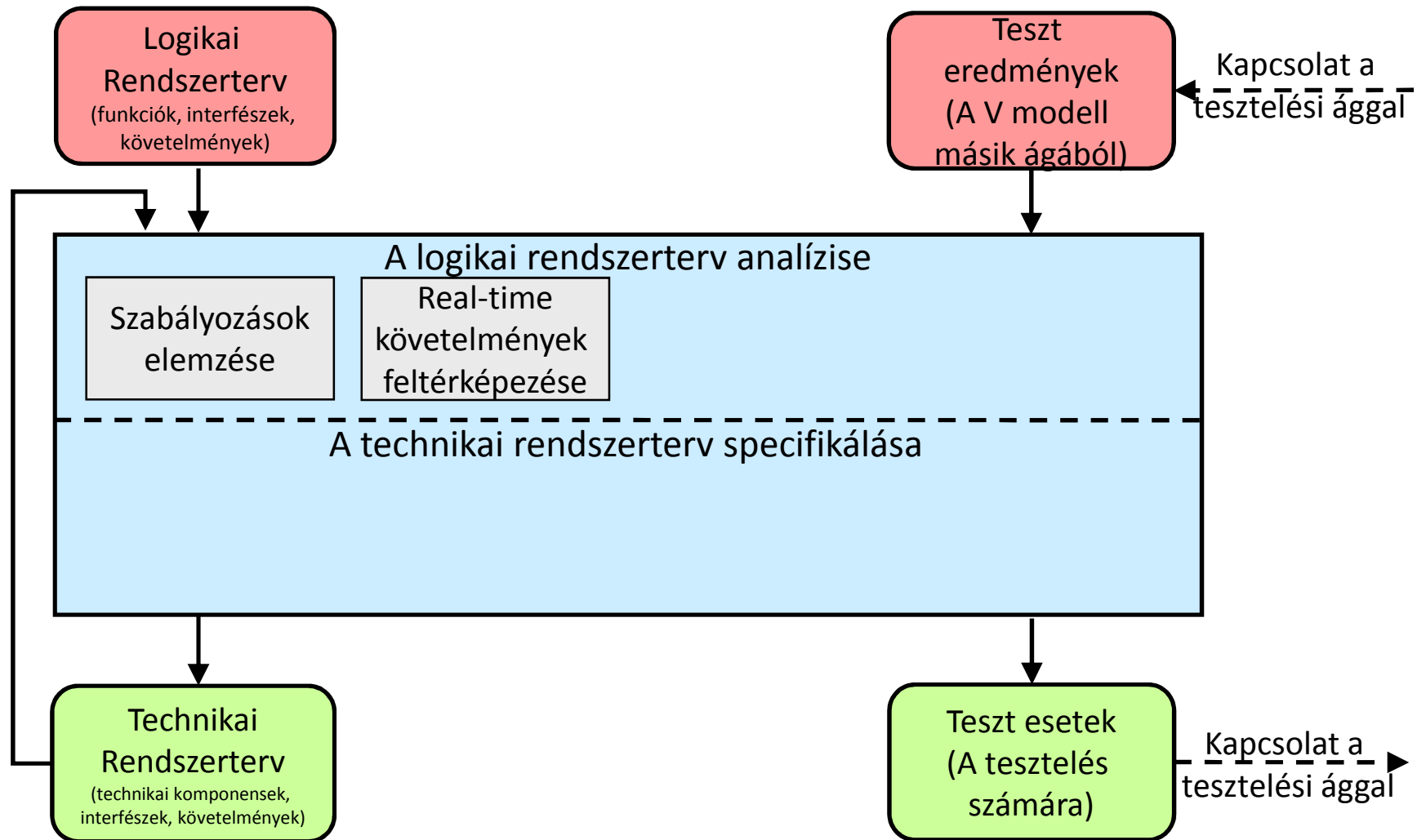


Szabályozások elemzése

kideríthető információk becslések

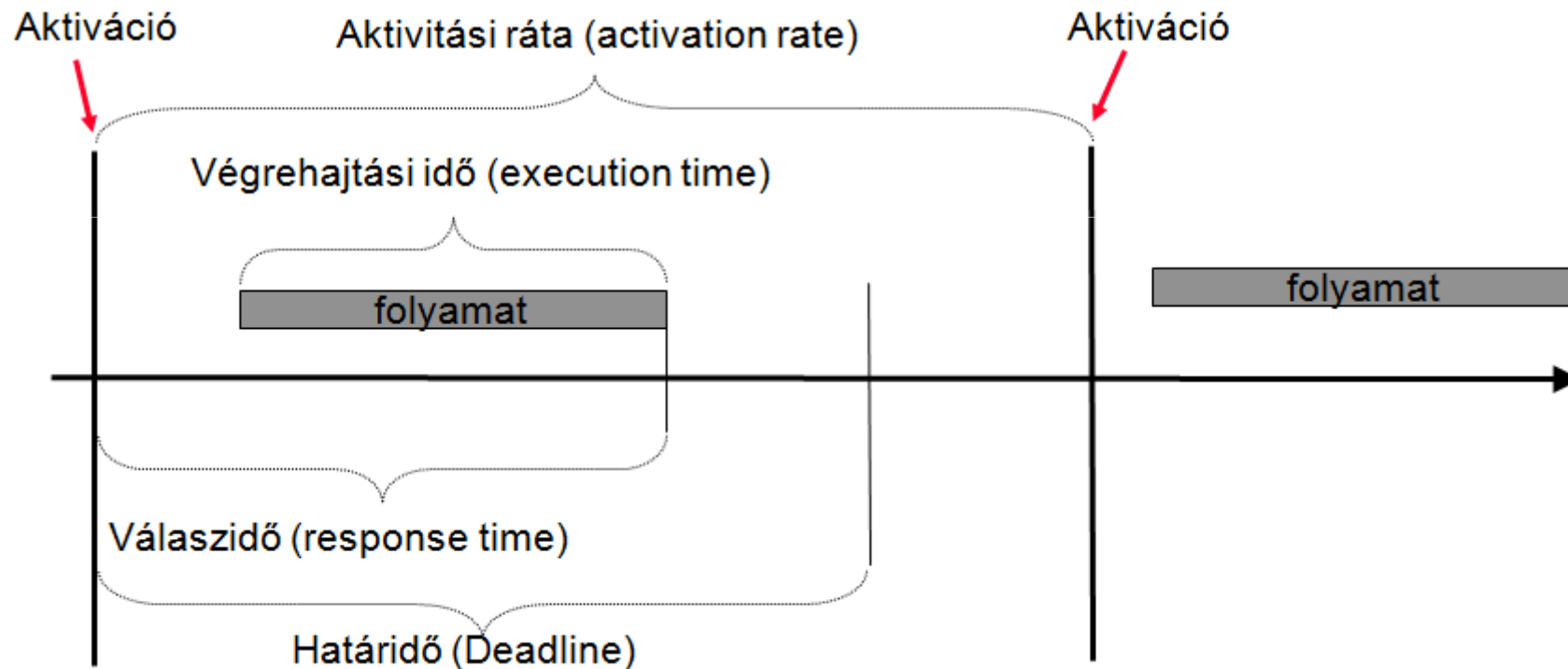
- Külső és belső interfészek típusai
- Egyes jelek felbontás és pontosság igénye
- Becslés az időzítésekről
- Becslés a szükséges számítási kapacitásokról
- Becslés a hozzávetőleges fizikai kialakításról

A logikai rendszer architektúra elemzése a technikai rendszer architektúra specifikálása

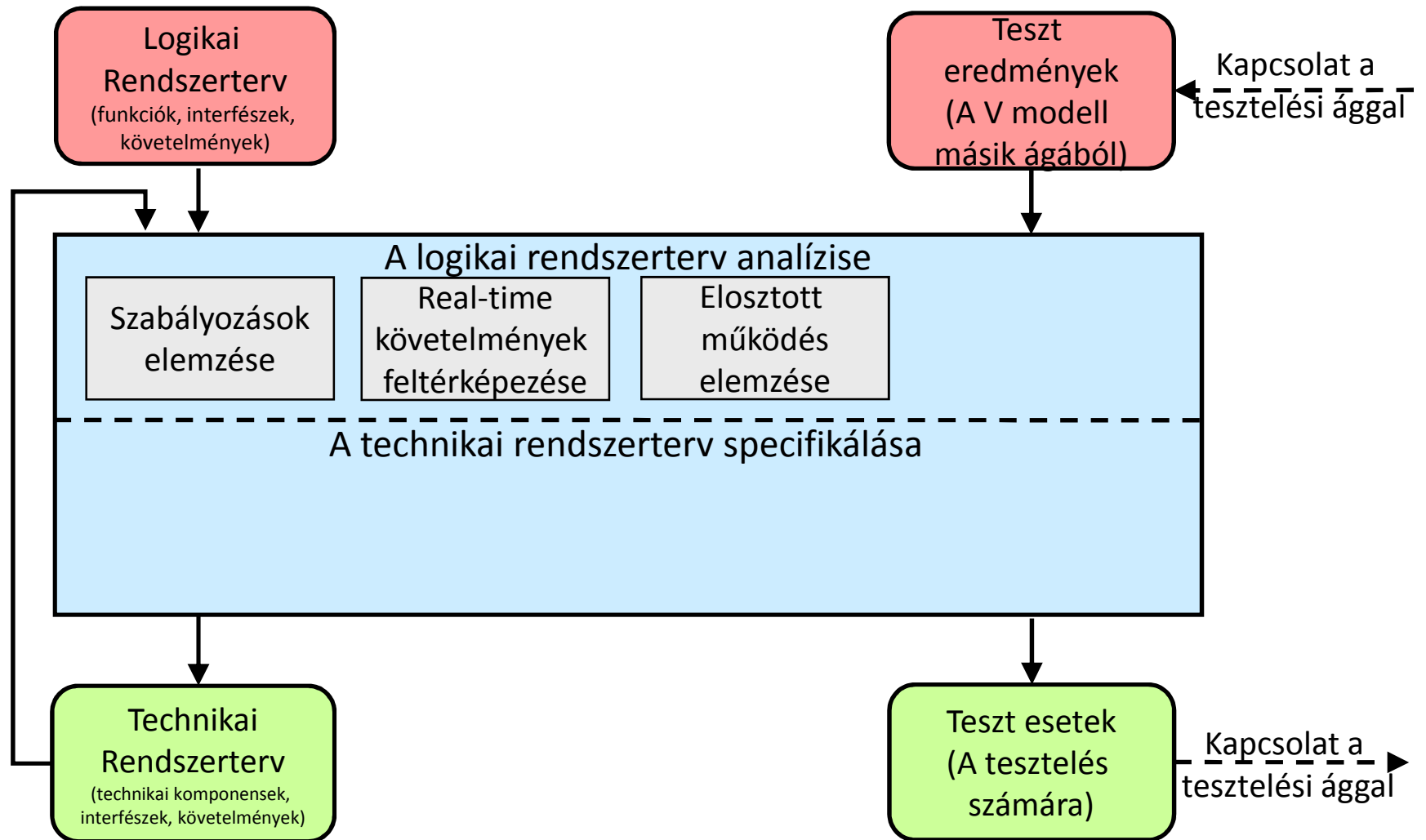


Real-time követelmények becslése

- Rendszerszintű időzíti követelmények az egyes funkciókra



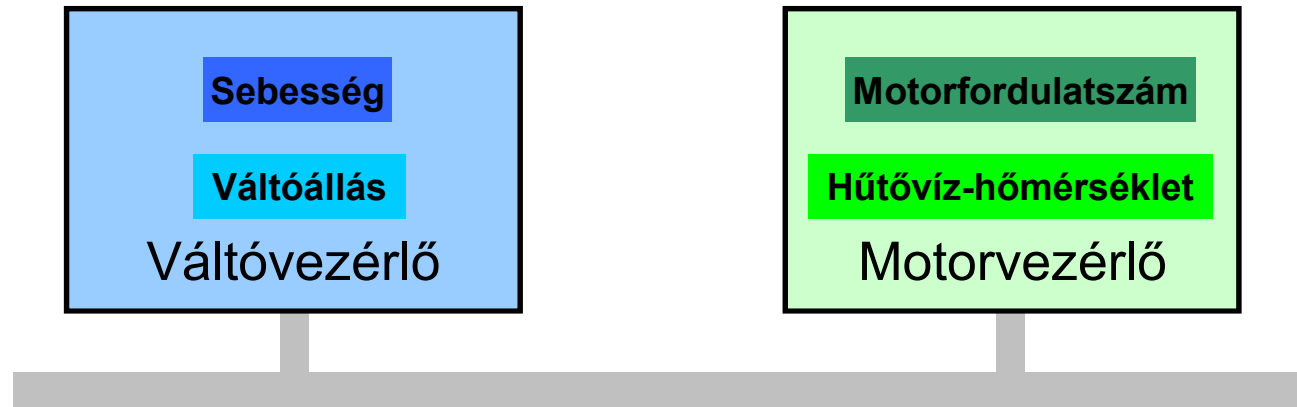
A logikai rendszer architektúra elemzése a technikai rendszer architektúra specifikálása



Elosztott rendszerek elemzése

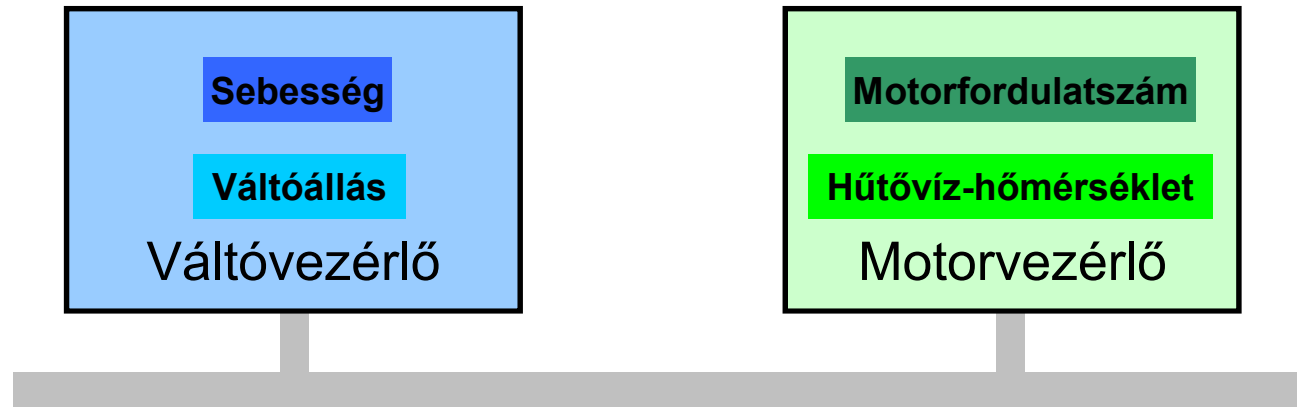
- Milyen funkciókat kell külön egységekbe helyezni
 - Számítási kapacitás
 - Időzítés
 - Fizikai kialakítás
- Milyen kommunikációs kapcsolat szükséges
 - Sávszélesség
 - Távolság
 - Kommunikációs módszer
- Kommunikációs mátrix megtervezése
 - Üzenetek
 - Signal-ok és kódolásuk

Signal, példa



| Signal neve | Min-max | Mértékegység |
|---------------------|-----------|--------------|
| Sebesség | 0 – 250 | km/h |
| Váltóállás | -1 – +5 | |
| Motorfordulatszám | 0 – 10000 | RPM |
| Hűtővíz-hőmérséklet | -20 – 100 | C fok |

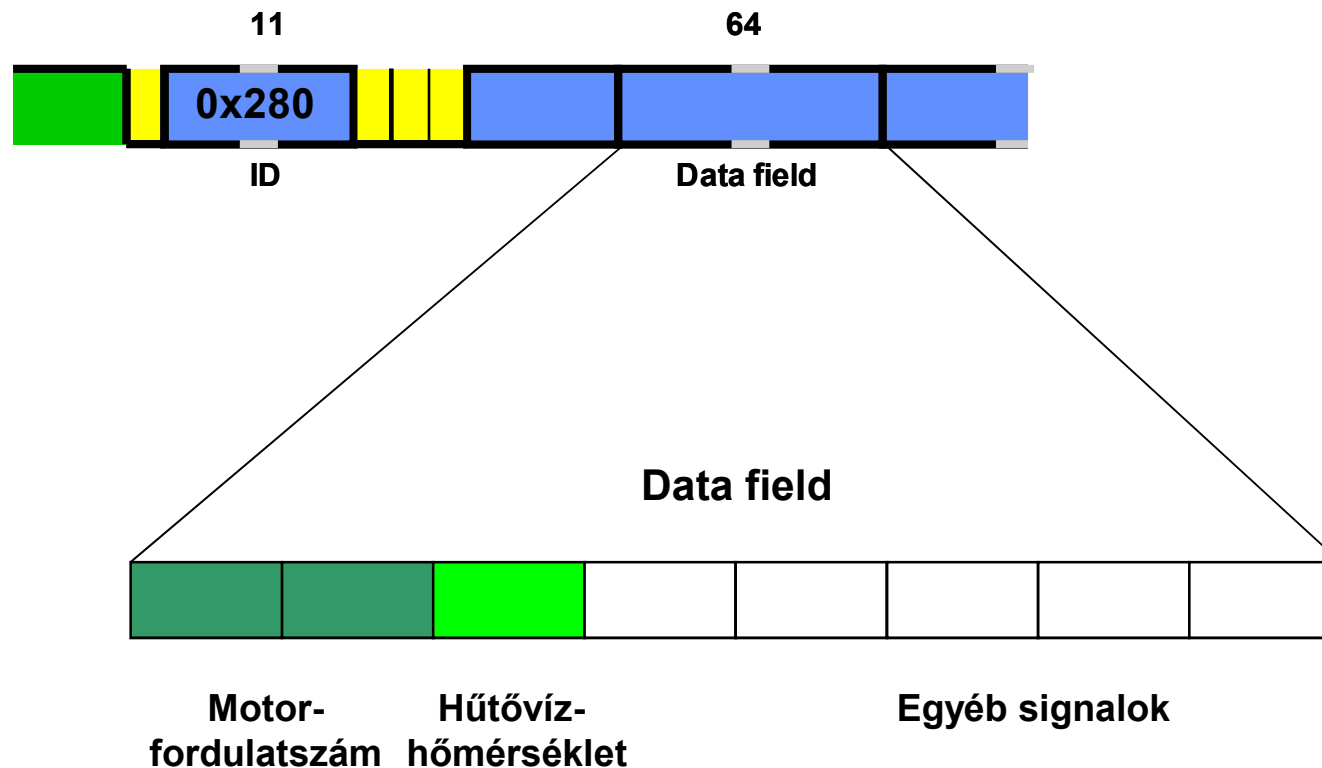
Signal, példa



| Signal neve | Min-max | Mértékegység | Konverzió | Nyers adat mérete |
|---------------------|-----------|--------------|------------------|-------------------|
| Sebesség | 0 – 250 | km/h | $y = x * 4$ | 10 bit |
| Váltóállás | -1 – +5 | | $y = x + 1$ | 3 bit |
| Motorfordulatszám | 0 – 10000 | RPM | $y = x$ | 16 bit |
| Hűtővíz-hőmérséklet | -20 – 100 | C fok | $y = (x+20) * 2$ | 8 bit |

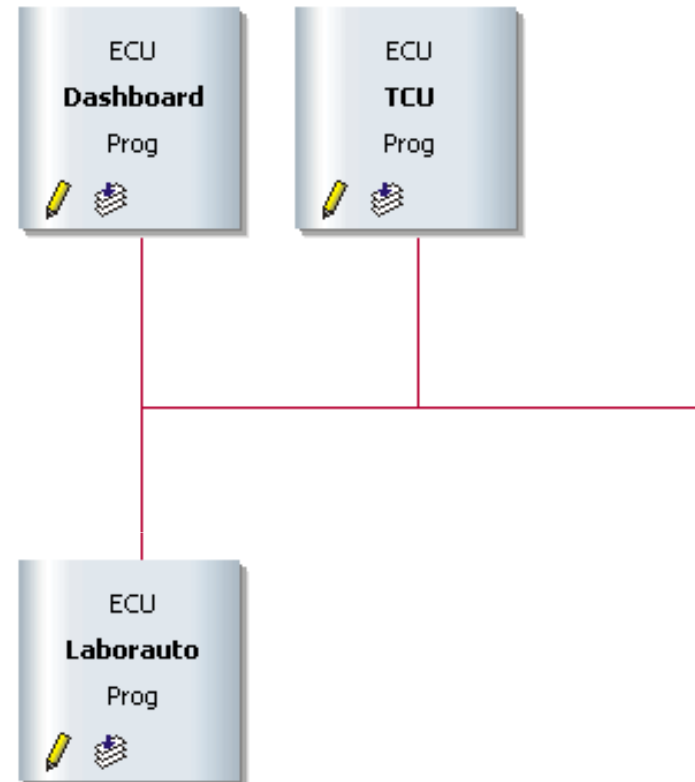
Példa: message és signalok

Motor üzenet, ID=0x280



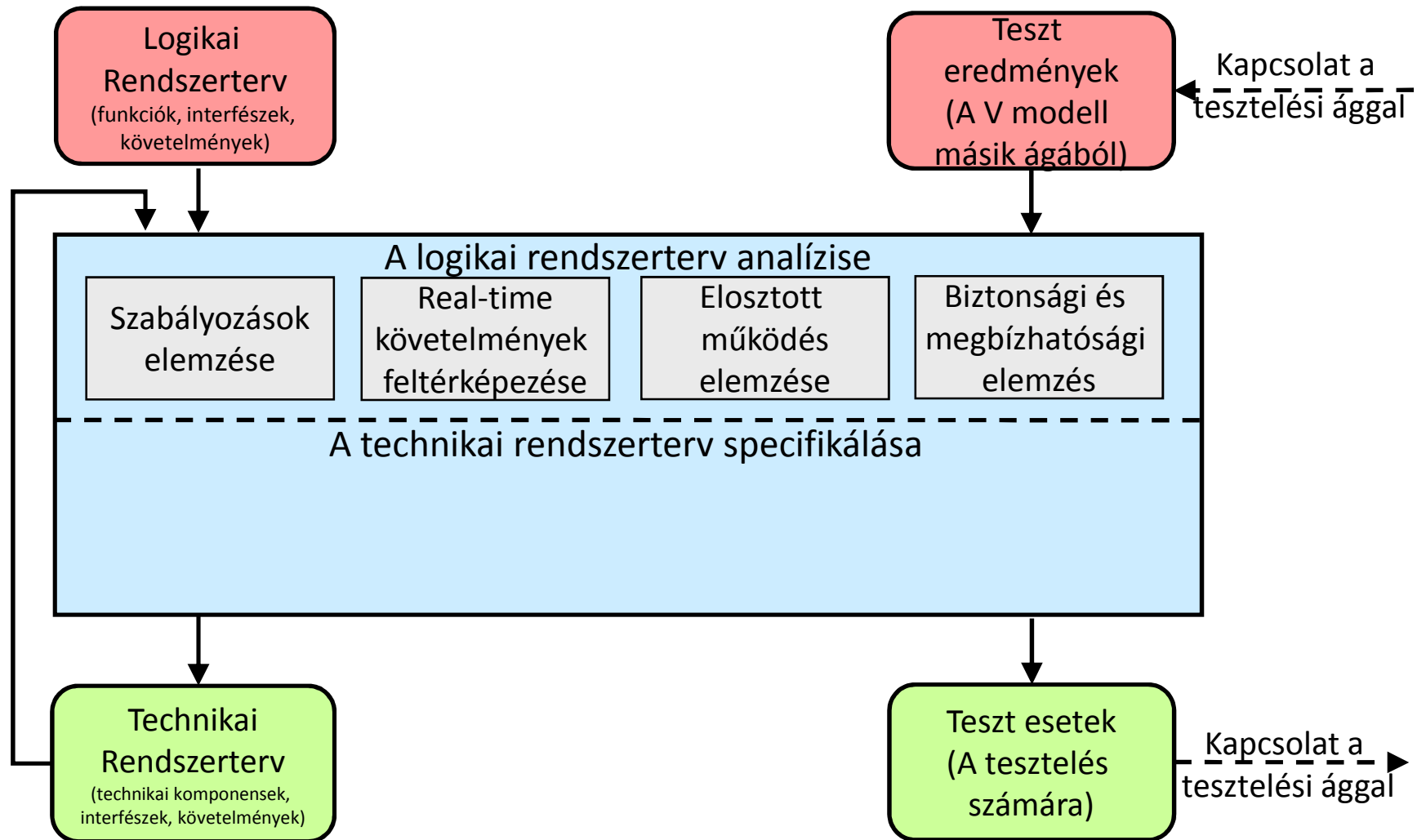
Kommunikációs adatbázisok

- Vector CANdb editor
 - 4 üzenet
 - 5 signal

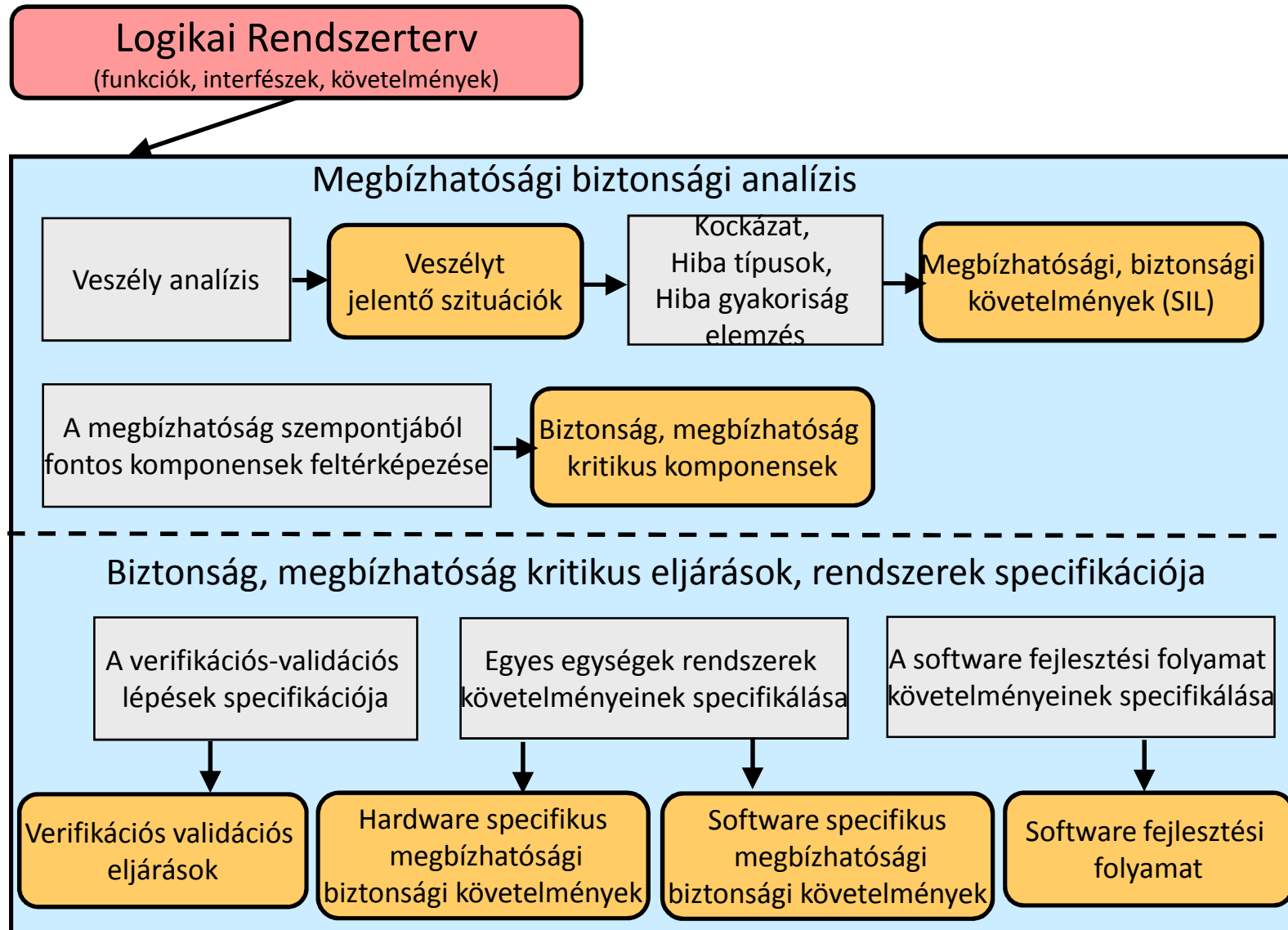


| Signals/Node | TCU | Laborauto | Dashboard |
|---------------------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| ~ accelerator_pedal | AcceleratorPedal_Coolant (0x380) | <Tx> AcceleratorPedal_Coolant (0x380) | |
| ~ coolant_temp | AcceleratorPedal_Coolant (0x380) | <Tx> AcceleratorPedal_Coolant (0x380) | AcceleratorPedal_Coolant (0x380) |
| ~ Gear_state | <Tx> Gear (0x440) | Gear (0x440) | |
| ~ speedometer | | <Tx> Dashboard (0x5A0) | Dashboard (0x5A0) |
| ~ tachometer | MotorParameter (0x280) | <Tx> MotorParameter (0x280) | MotorParameter (0x280) |

A logikai rendszer architektúra elemzése a technikai rendszer architektúra specifikálása



Safety analízis

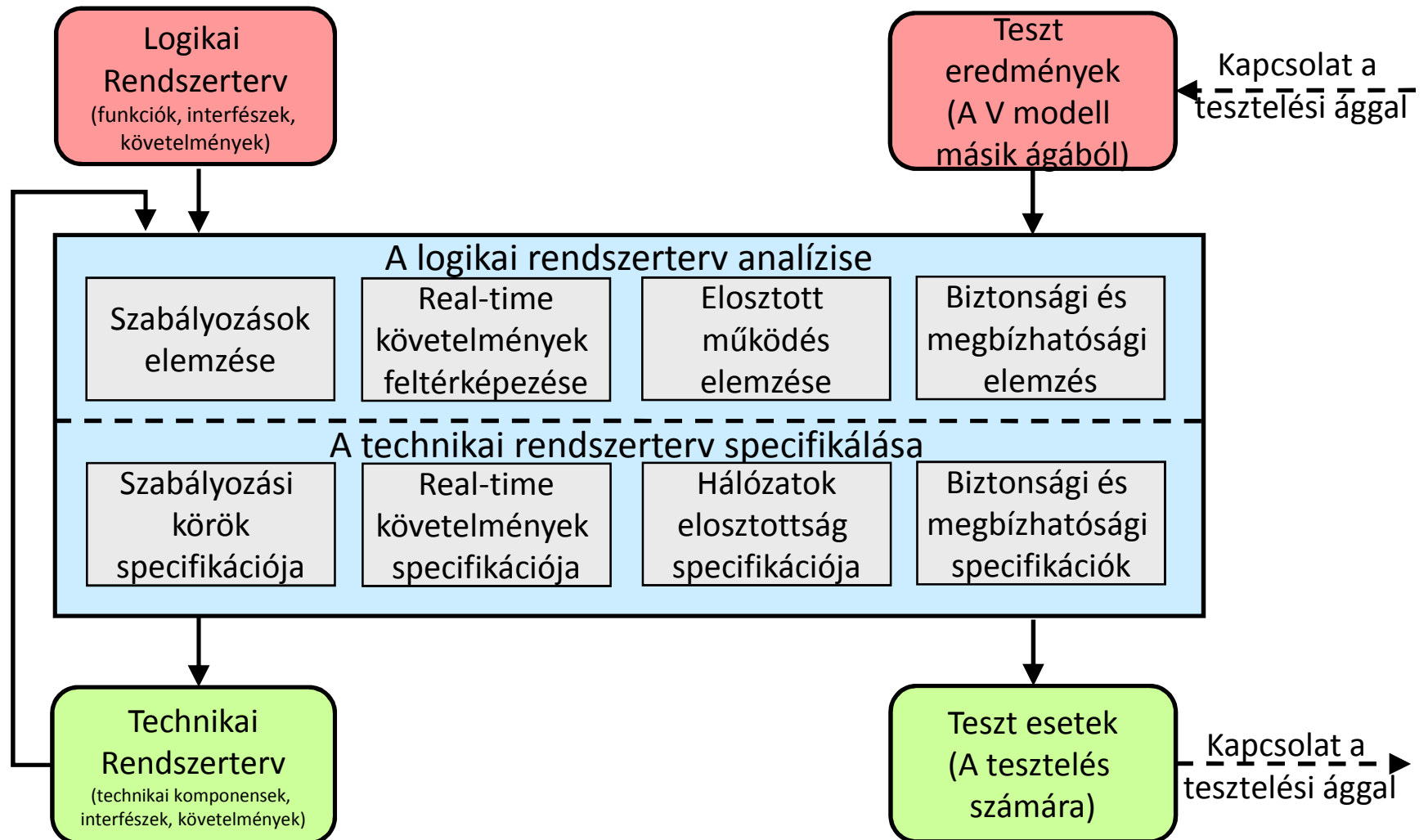


SIL rétegek hatása a fejlesztésre, tesztelésre

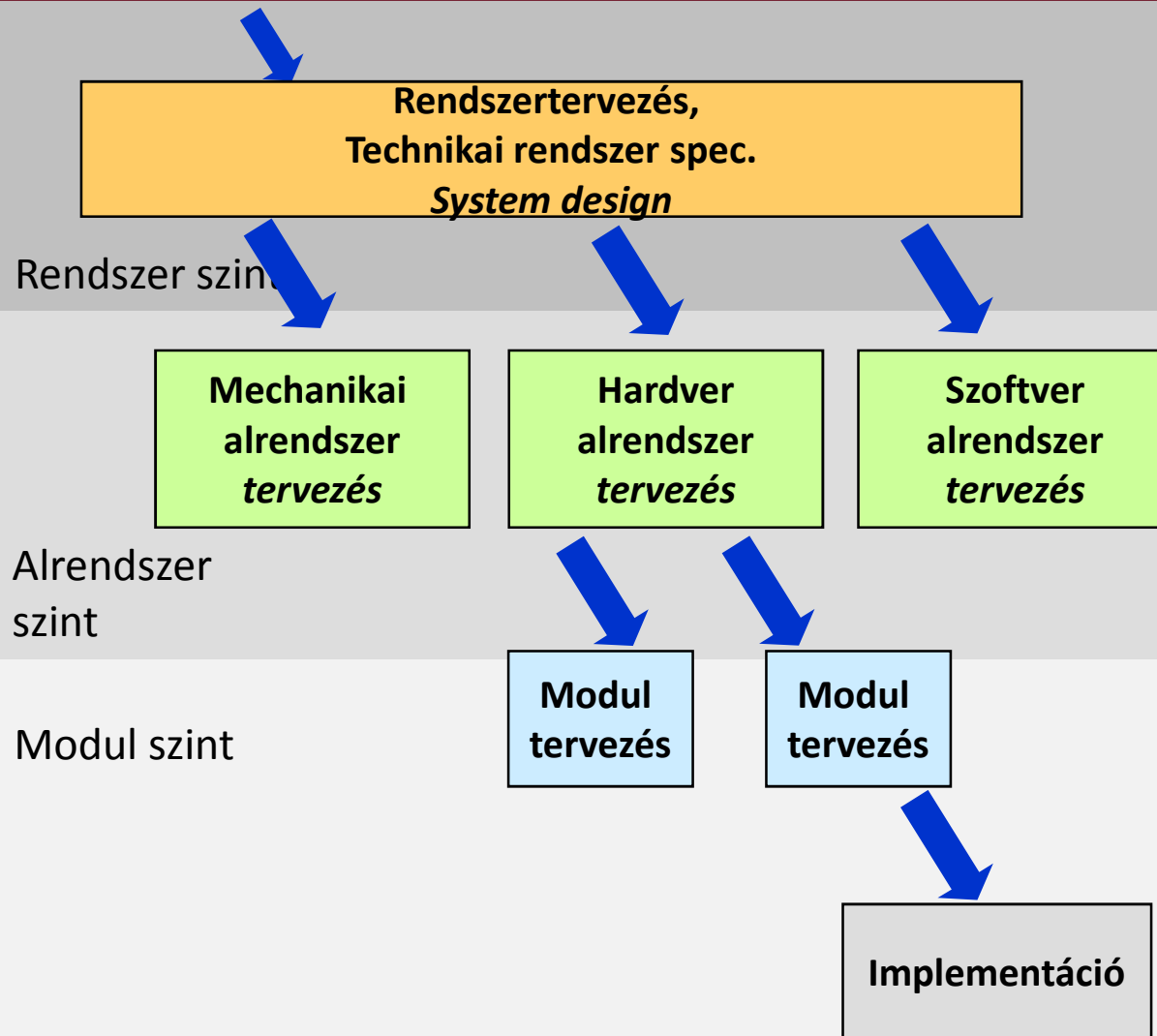
- Minden későbbi lépésre követelményeket ad a safety szint besorolás
 - Tervezés
 - Implementáció
 - Tesztelés

| Tevékenység | SIL0 | SIL1 | SIL2 | SIL3 |
|---|------|------|------|------|
| A funkcionális követelmények külső személy általi ellenőrzése | + | + | ++ | ++ |
| Prototípus készítés | 0 | 0 | + | ++ |
| Simuláció | + | + | ++ | ++ |
| Hiba ok diagrammok készítése | + | + | + | ++ |
| Utasítás fedésvizsgálat | + | + | ++ | ++ |
| Döntési ág fedésvizsgálat | + | + | + | ++ |

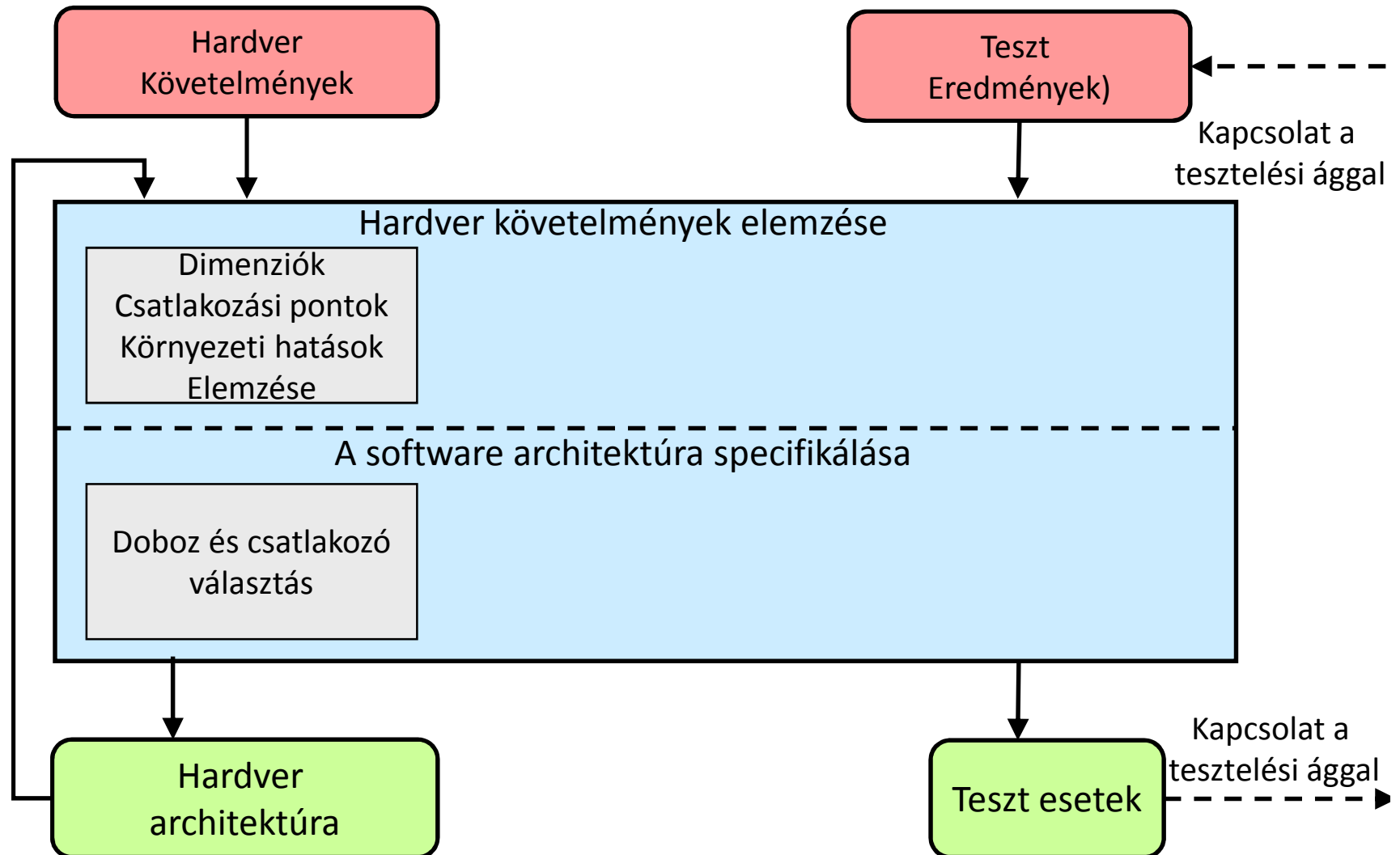
A logikai rendszer architektúra elemzése a technikai rendszer architektúra specifikálása



Szétválás Mechanika – Elektronika (*Hardver – Szoftver*) irányba



Hardver architektúra tervezés



Dimenziók, csatlakozási pontok, környezeti hatások elemzése

- Legtöbb esetben előre megadott mechanikai paraméterek
 - Méret
 - Súly
 - Felhasználható területek, és komponens típusok (pl. rázkódás miatt)
- Doboz és csatlakozó választás
 - Megszabja a belső NYÁK-ok lehetséges elhelyezkedését és méretét
 - Igazodik a külső környezeti viszonyokhoz: IP védettség, anyag típus

Csatlakozók és dobozok tulajdonságai, anyagai

■ Doboz

- IP (Ingress Protection): behatolás elleni védelem
- Fizikai behatás elleni védelem (IK)
- UV sugárzás elleni védelem
- Vegyi anyagok elleni védelem
- RF, mágneses árnyékolás
- Hővezetés
- NYÁK rögzítési lehetőségek
- Külső rögzítési lehetőségek



■ Csatlakozók

- Feszültség és áramlimitek
- Csatlakozási szám
- Rázkódásállóság
- Árnyékolás
- IP (Ingress Protection)

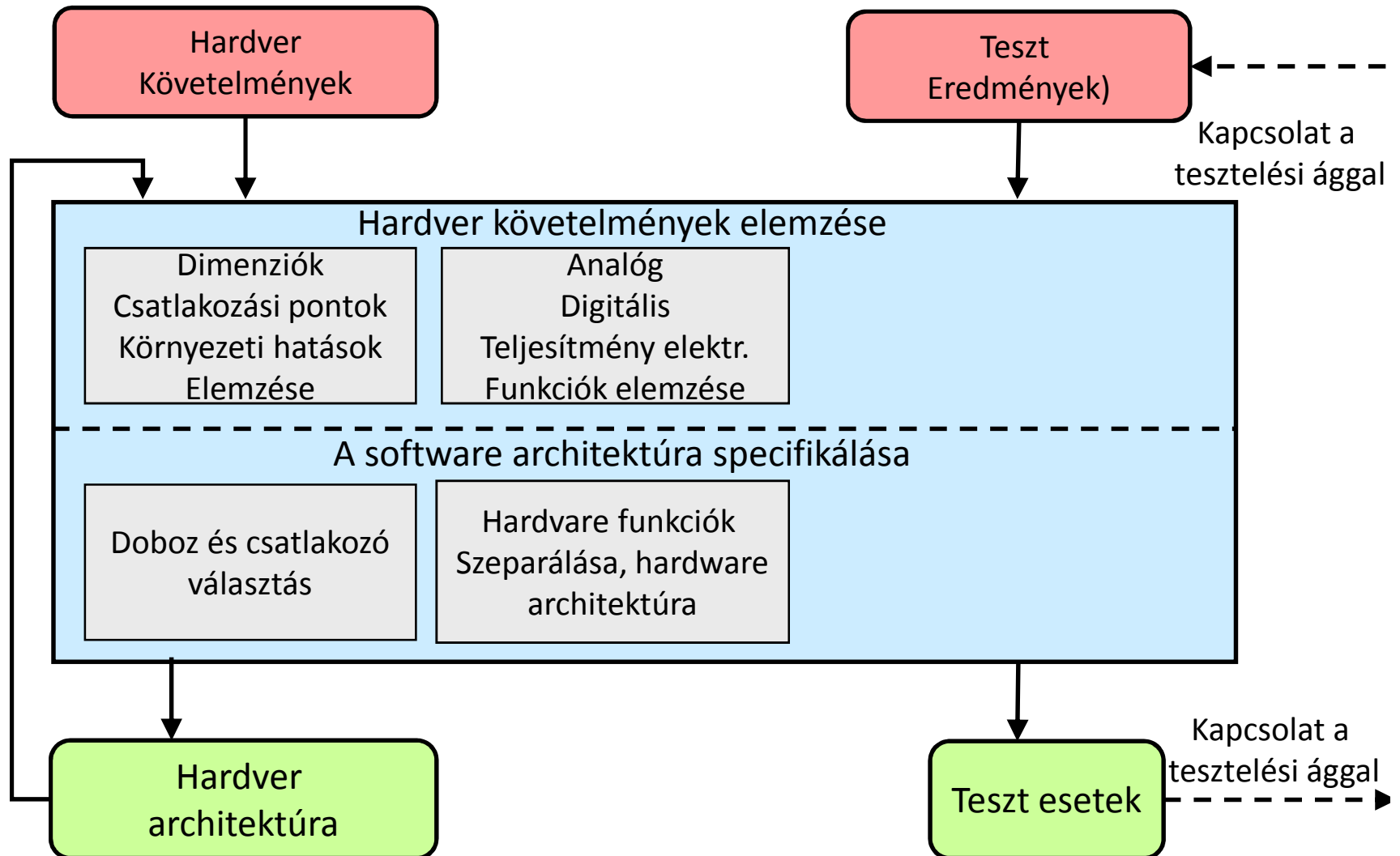


Csatlakozók és dobozok IP besorolása

■ IP 65

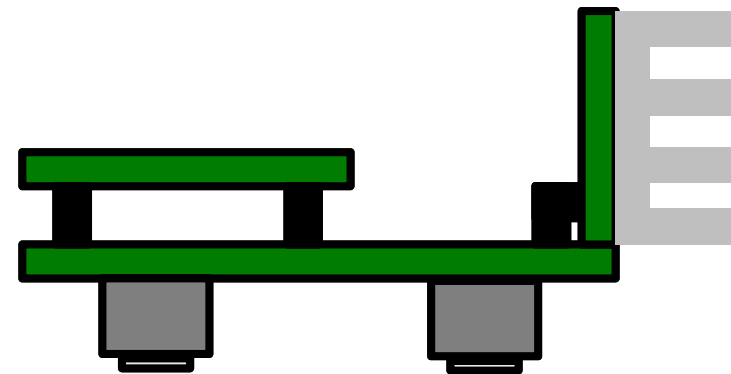
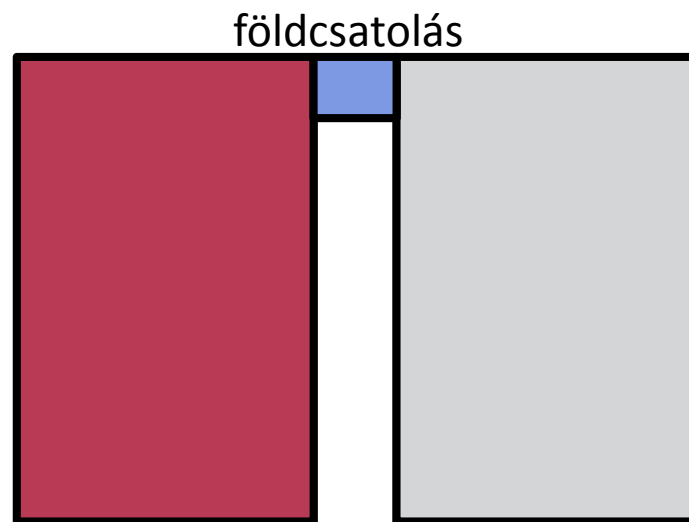
| | Szilárd tárgyak elleni mechanikai védetség | Víz elleni védetség | |
|---|---|--|---|
| 0 | Nincs védelem | Nincs védelem | 0 |
| 1 | Nagyméretű szilárd tárgyak ellen védett (>50 mm) | Függőlegesen cseppenő víz ellen védett (pl. kicsapódó víz) | 1 |
| 2 | Közepes méretű szilárd tárgyak ellen védett (>12 mm) | Fröccsenő víz ellen védett (függőlegestől max. 15 fokban) | 2 |
| 3 | Kisméretű szilárd tárgyak ellen védett (>2,5 mm) | Fröccsenő víz ellen védett (függőlegestől max. 60 fokban) | 3 |
| 4 | Apró méretű szilárd tárgyak ellen védett (>1 mm) | Fröccsenő víz ellen védett minden irányból (nem károsító mértékű szivárgás megengedett) | 4 |
| 5 | Por ellen védett (nem károsító mértékű behatolás megengedett) | Kisnyomású vízszugár ellen védett minden irányból (nem károsító mértékű szivárgás megengedett) | 5 |
| 6 | Teljes mértékben védett por ellen | Erős vízszugár és vízbe merítés ellen védett (rövid ideig tartó merülés, nem károsító mértékű szivárgás megengedett) | 6 |
| | | Vízbe merülés ellen védett korlátozott ideig (0,15 – 1m között 30 percig) | 7 |
| | | Víz alatt folyamatosan használható a gyártó által megadott ideig (1m-nél mélyebben) | 8 |

Hardver architektúra tervezés

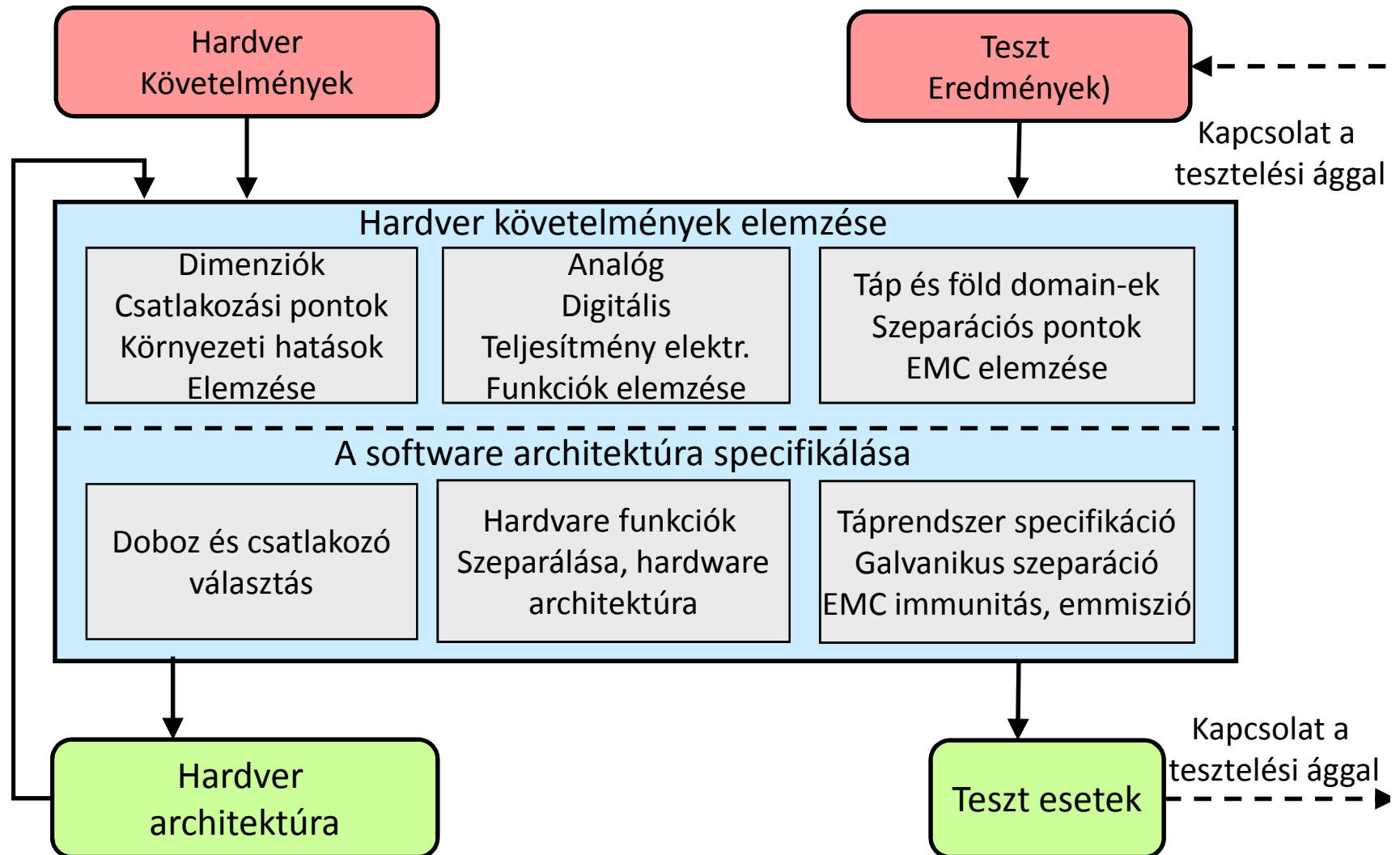


Analóg, digitális, teljesítmény funkciók szeparálása

- A hardver szétválasztása funkciók szerint. Nem biztos, hogy külön nyáklapra kerülnek, de az is lehet.
- Különböző hardver modulok azonosítása és a NYÁK blokkok valamint azok csatlakozásainak meghatározása

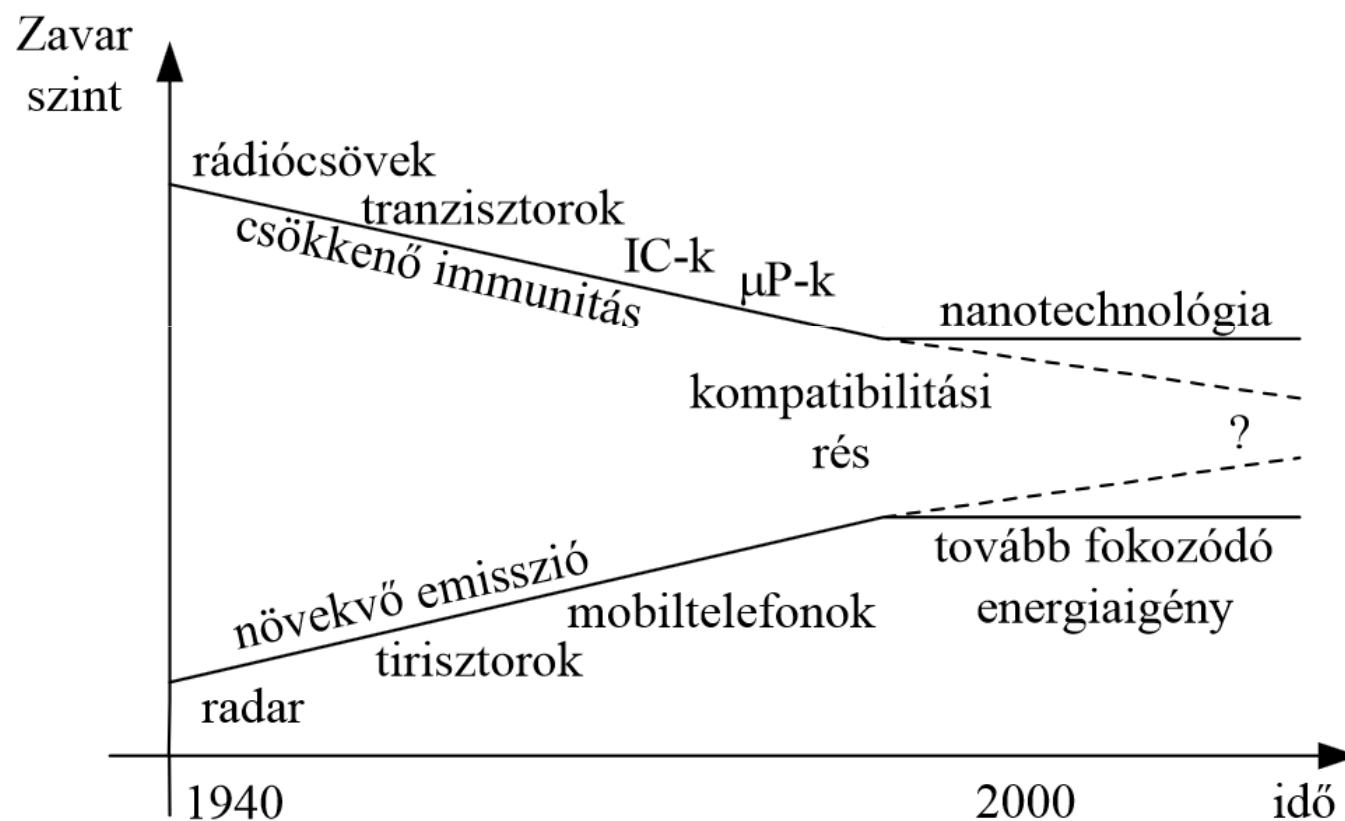


Hardver architektúra tervezés



EMC Electromagnetic Compatibility

- Alapprobléma záródik az **EMC gap**



Emisszió és Immunitás

- Emisszió: mennyire terheljük a környezetünket
 - Harmonikus emisszió
 - Vezetett RF emisszió
 - Sugárzott RF emisszió
- Immunitás: mennyire tudunk ellenállni a környezeti terhelésnek
 - Vezetett és sugárzott RF
 - Burst, Surge
 - Hálózati ingadozások, fesz csökkenés és periódus kimaradás
 - Mágneses tér: szinuszos, nem szinuszos
 - ESD kisülés

Immunitás osztályok

- **A osztály:** A zavartatás hatástalan a készülék zavar alatt is tartja a specifikációban előírt pontosságot
- **B osztály:** Zavar hatására a rendszer kilép a pontossági specifikációból de utána magától visszatér
- **C osztály:** A zavar megszűnése után kezelői beavatkozás szükséges a további működéshez
- **D osztály:** A zavar hatására funkcionális zavar és adatvesztés, egyéb maradandó károsodás keletkezik

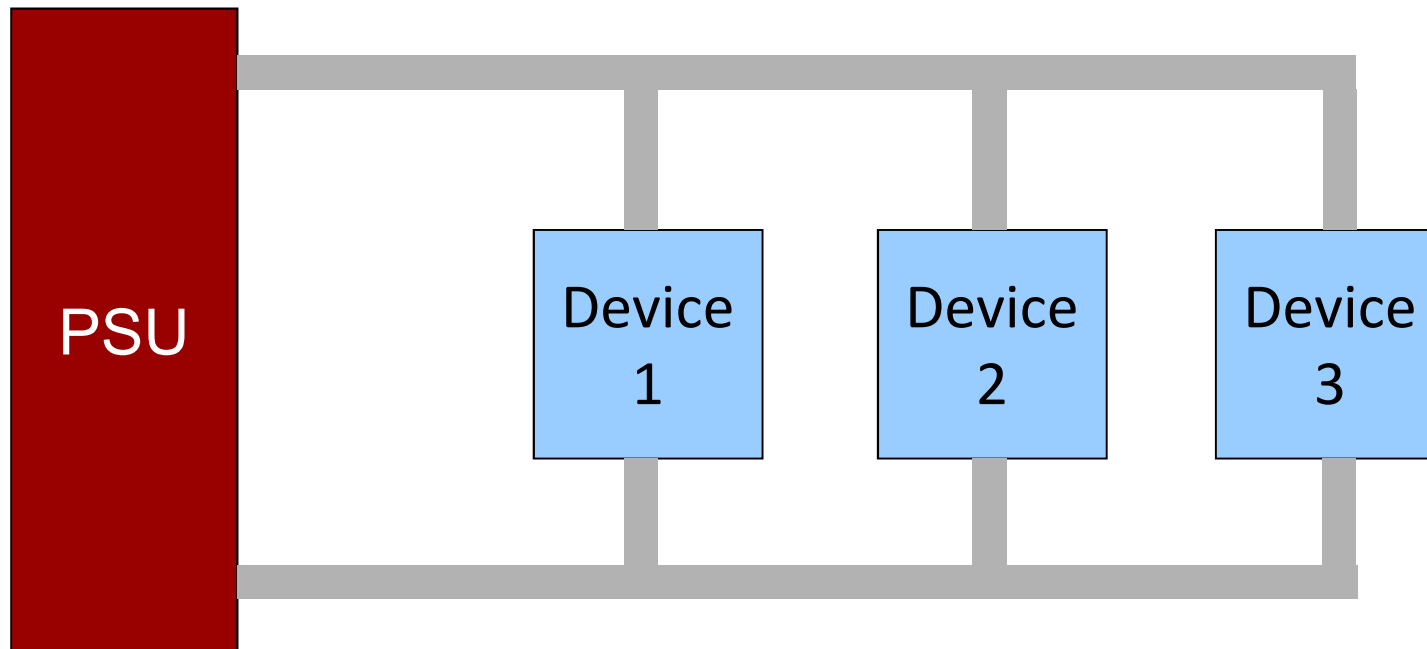
Külső – belső problémák

- Inter System EMC
 - Készülék környezetre gyakorolt hatása
 - Erre szólnak a szabályozások
- Intra System EMC
 - Belső egységek egymásra hatása
 - Magánügy, de ezen múlik a rendszer működése

Tápellátási alapstruktúrák

Táp busz

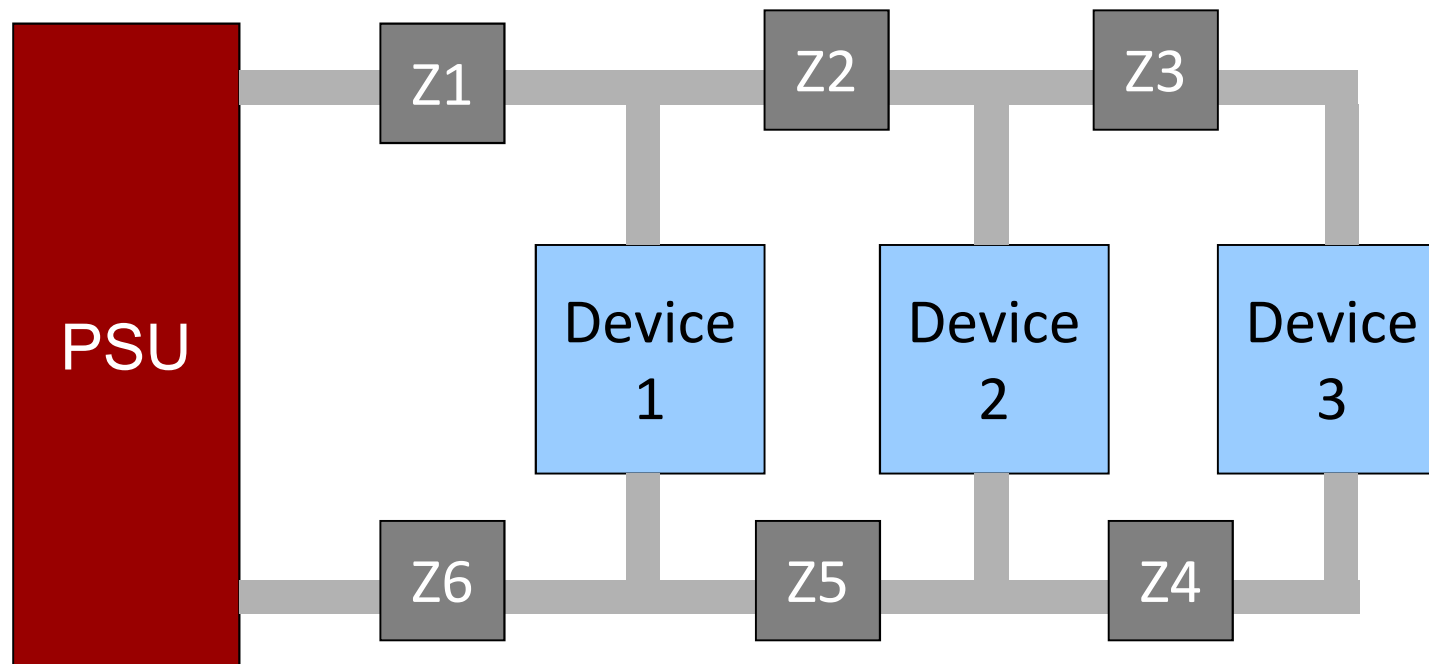
- Legegyszerűbb, de legproblémásabb
 - Közös impedancia csatolási problémák



Tápellátási alapstruktúrák

Táp busz, problémák

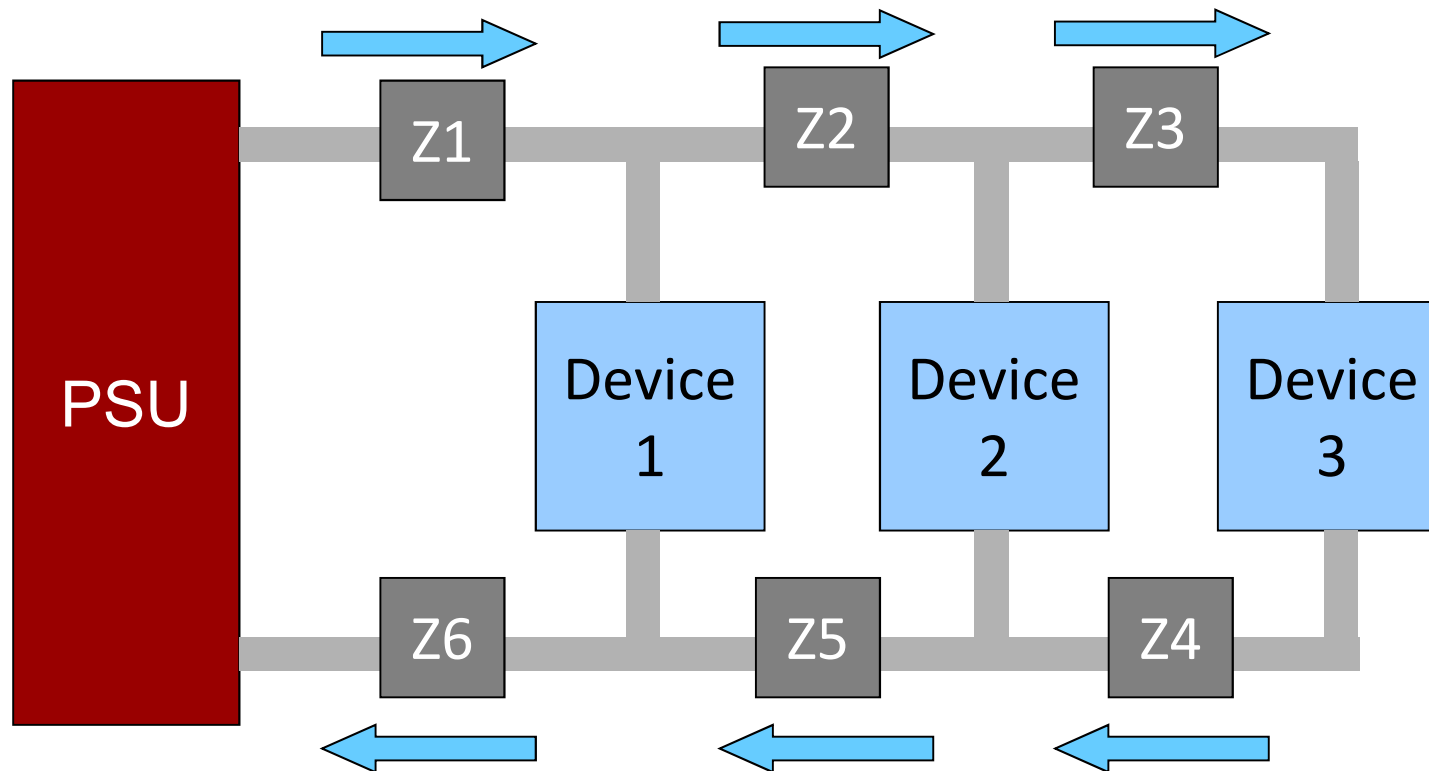
- Legegyszerűbb, de legproblémásabb
 - Közös impedancia csatolási problémák



Tápellátási alapstruktúrák

Táp busz, problémák

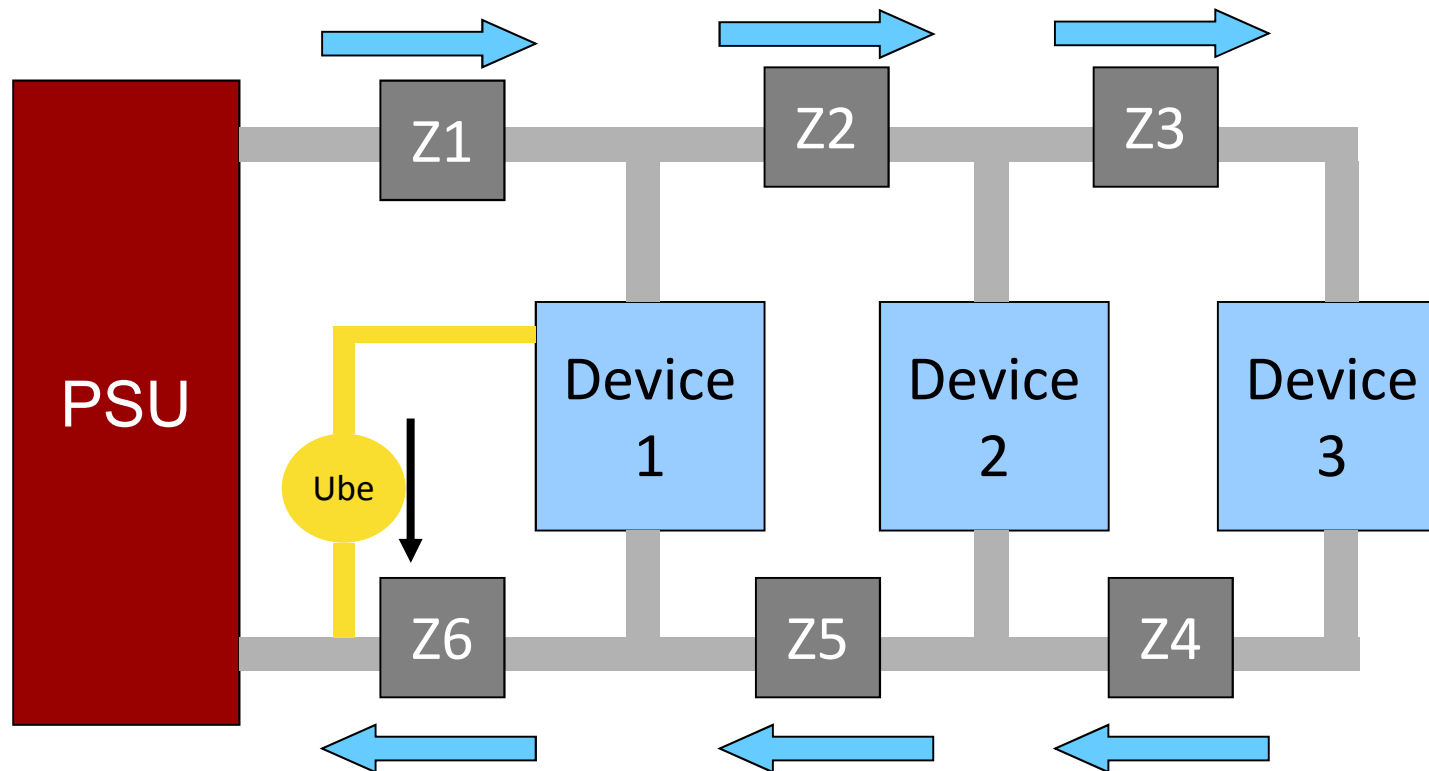
- Legegyszerűbb, de legproblémásabb
 - Közös impedancia csatolási problémák



Tápellátási alapstruktúrák

Táp busz, problémák

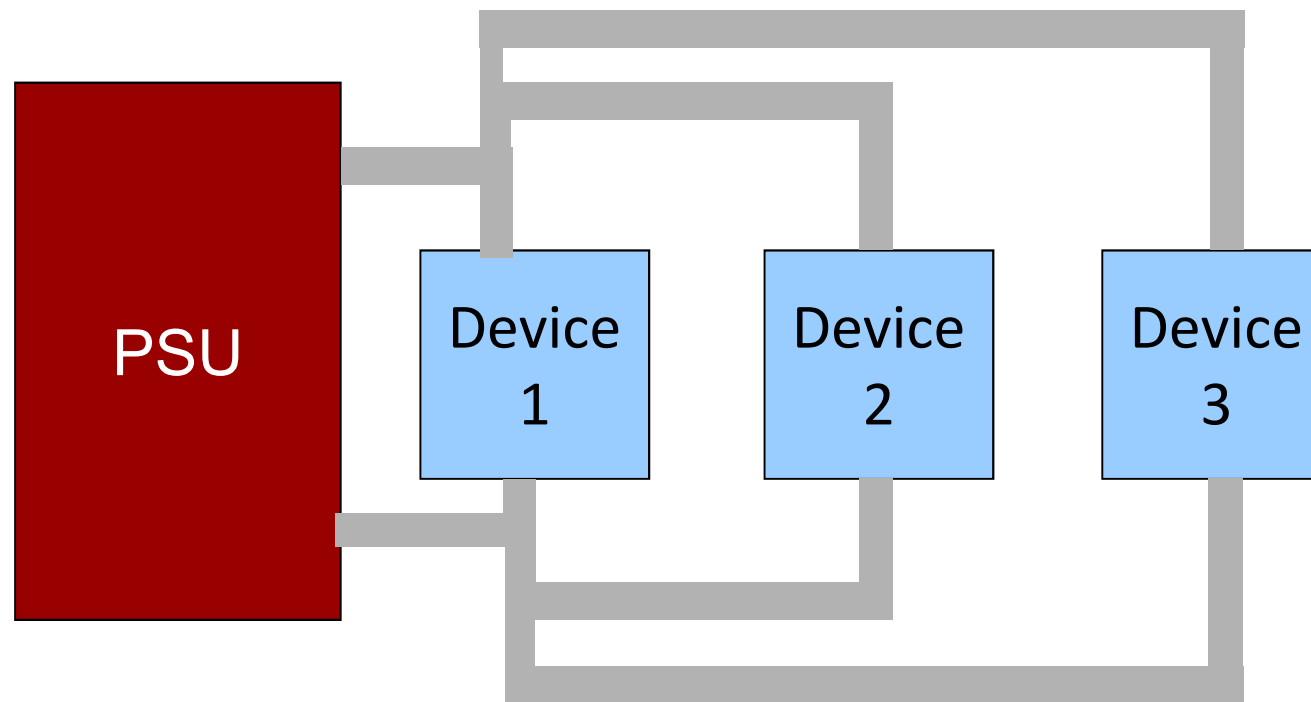
- Legegyszerűbb, de legproblémásabb
 - Közös impedancia csatolási problémák



Tápellátási alapstruktúrák

Csillag elrendezés

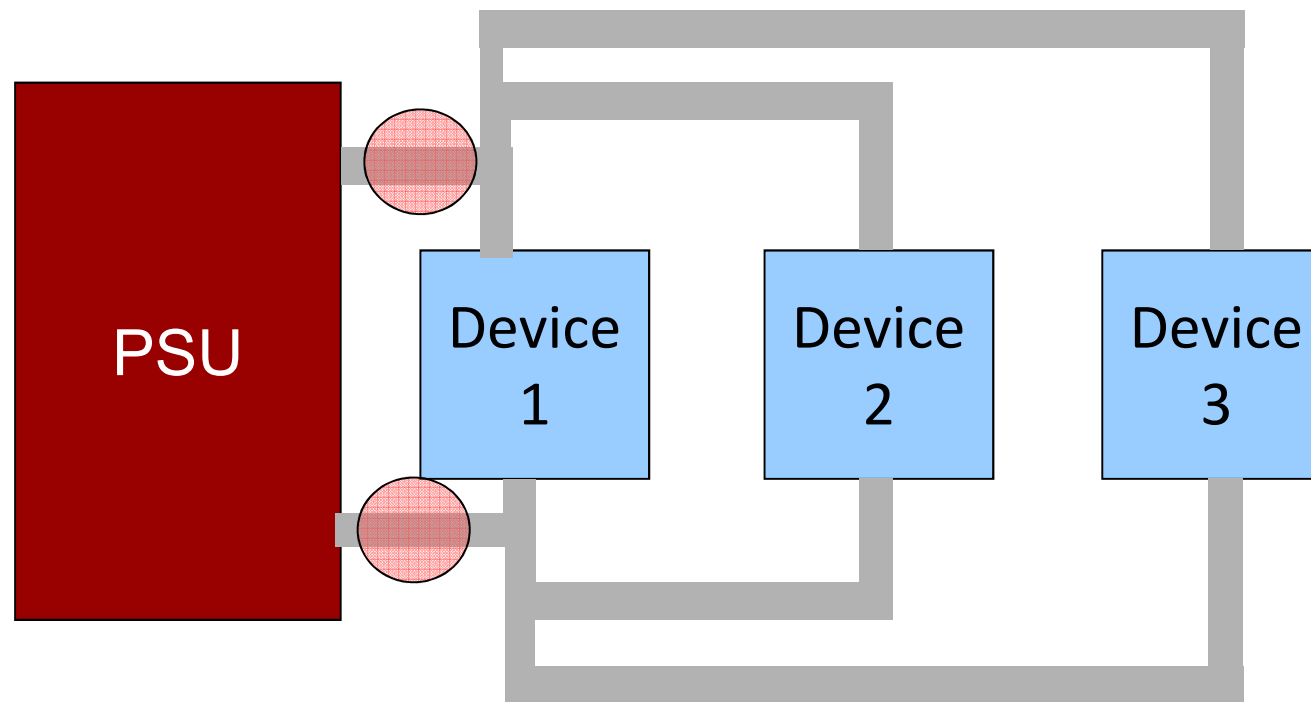
- Sokkal hatékonyabb, de nehezebb a kivitelezés



Tápellátási alapstruktúrák

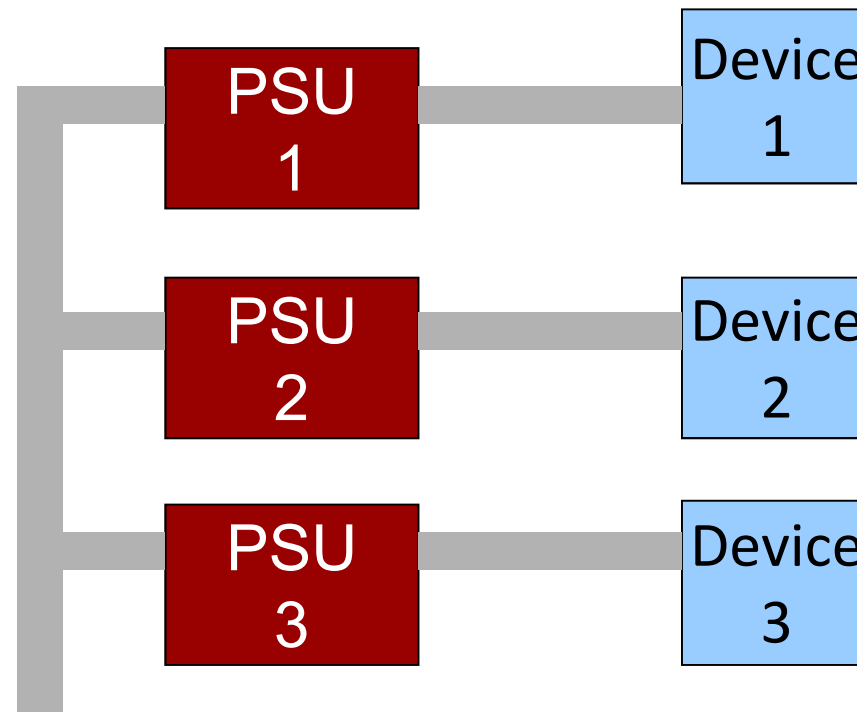
Csillag elrendezés, probléma

- A csillagpont közös szakasza kritikus



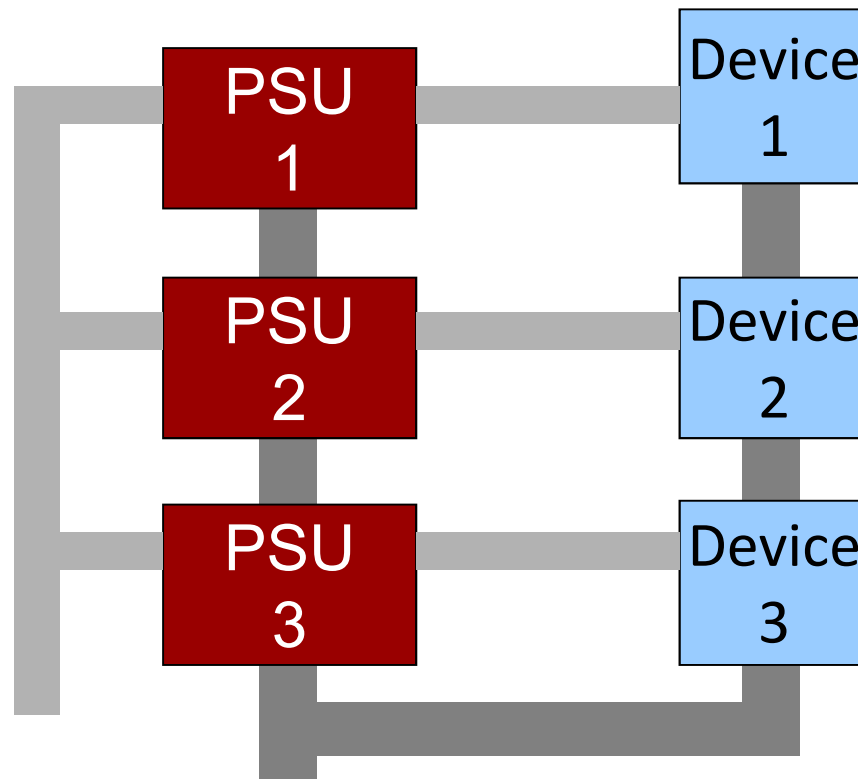
Tápellátási alapstruktúrák csillag struktúra külön tápokkal

- Drága, de sokat nő tápfeszültség megrántás elleni védelem



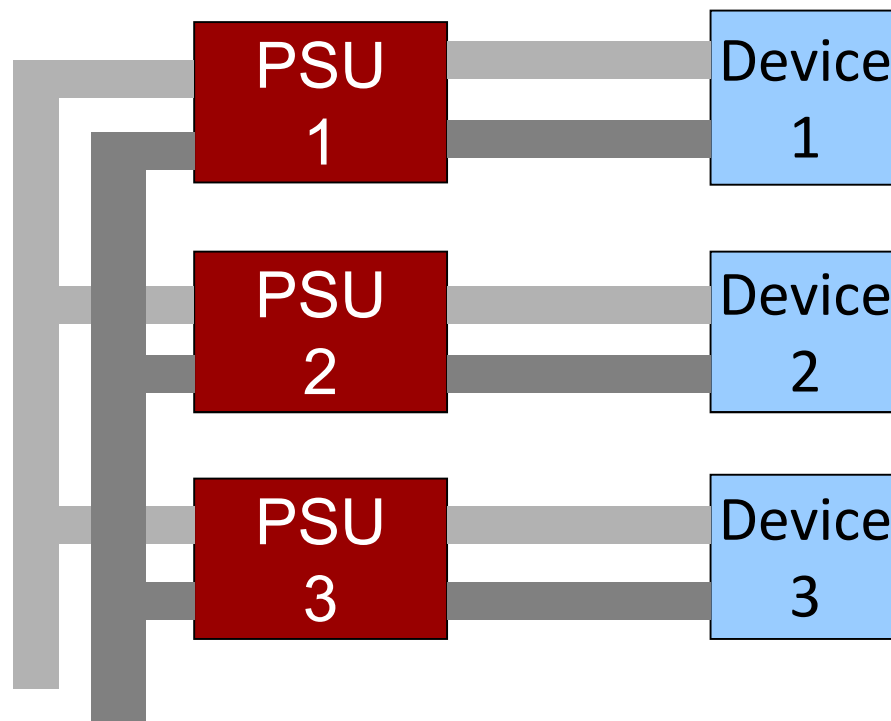
Tápellátási alapstruktúrák csillag struktúra külön tápokkal

- Földelés itt is közös impedancia csatolást okoz



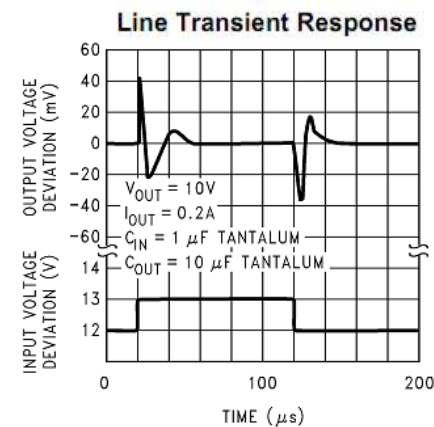
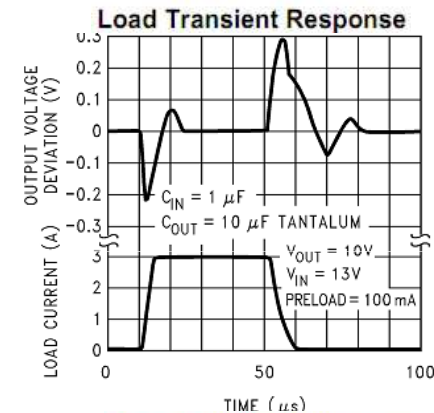
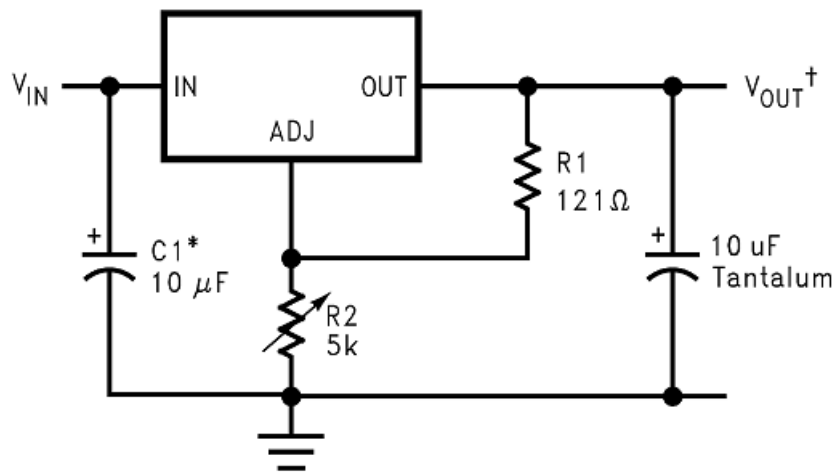
Tápellátási alapstruktúrák csillag struktúra külön izolált

- Teljesen független tápdomain-ek
- Csak szimmetrikus jeleket lehet átvinni



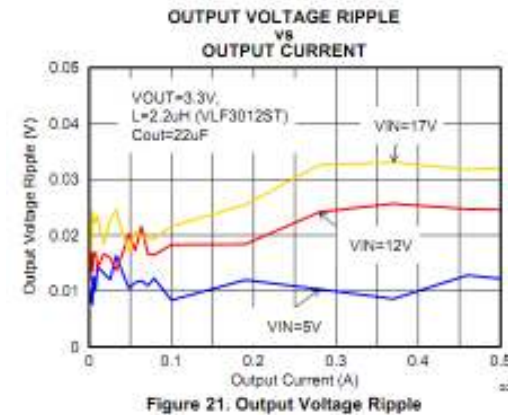
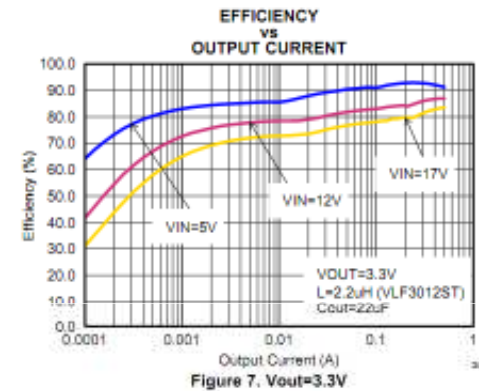
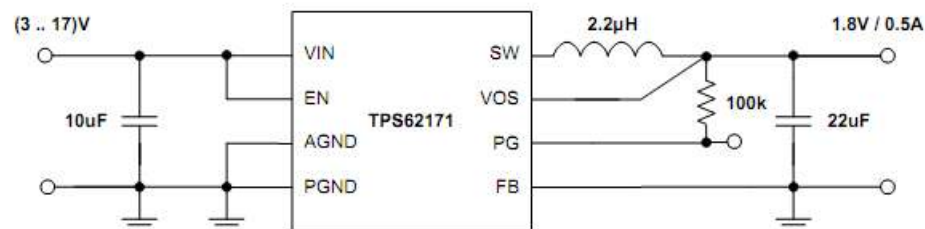
Táp hierarchia

- Milyen feszültség szinteket milyen lépcsőben és hogyan állítsunk elő
- Lineáris Stabilizátor
 - Olcsó
 - Kis vezetett, sugárzott zavar
 - Rossz hatásfok



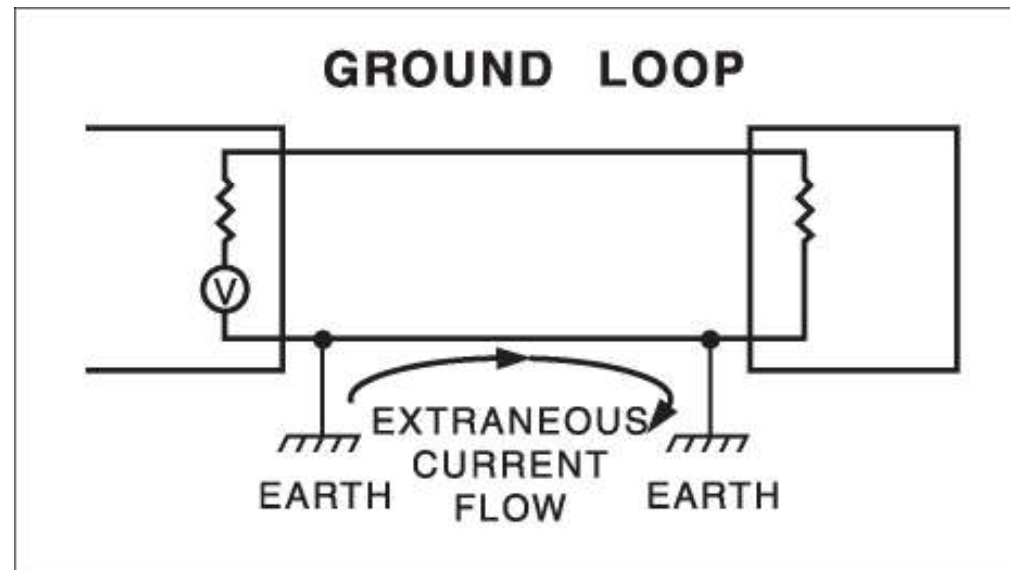
Táp hierarchia

- Milyen feszültségszinteket milyen lépcsőben és hogyan állítsunk elő
- DC/DC
 - Drága
 - Nagy vezetett, sugárzott zavar
 - Jó hatásfok



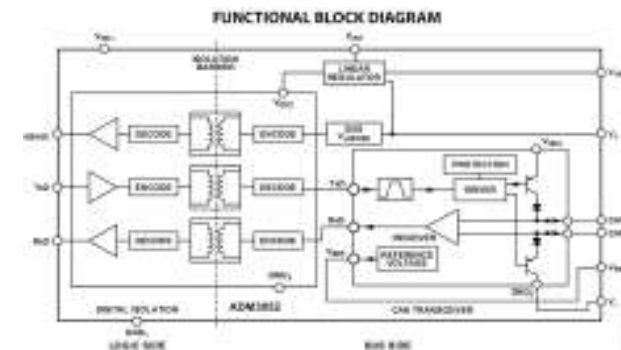
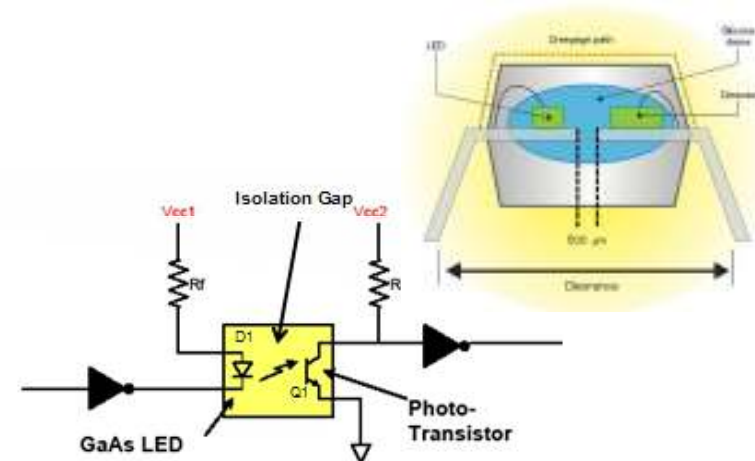
Galvanikus izoláció és szükségessége

- Földhurkok, földáramok kikerülése
- Védelem



Galvanikus izoláció technológiák

- Transzformátor
 - Tápfeszültség egyéb jelek
- Optocsatoló
 - Gyors digitális kommunikáció
- Kapacitás
 - AC csatolt jelek
- Célizolátorok
 - CAN transceiver stb



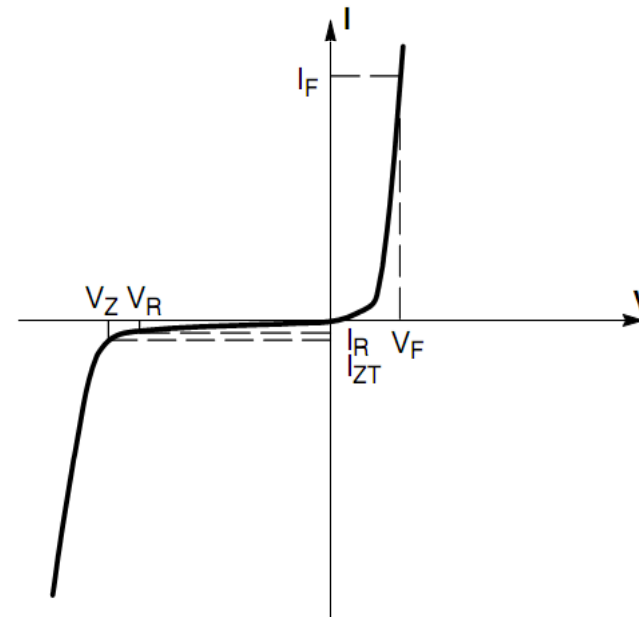
Tápfeszültség védelem

- Szinte soha nem elég az egy lépcsős védelem

TVS, Zener dióda

■ Zener dióda

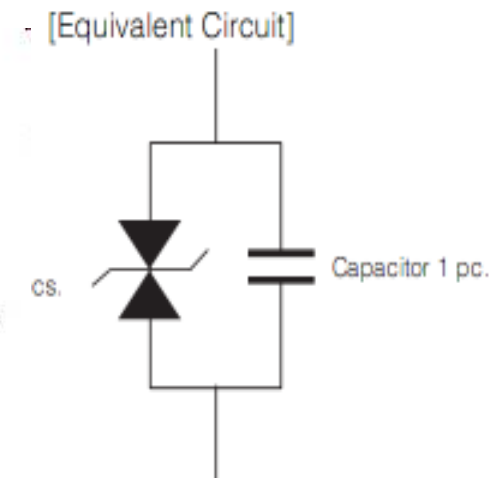
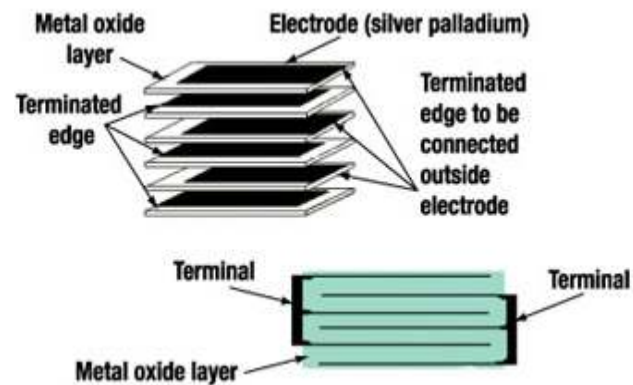
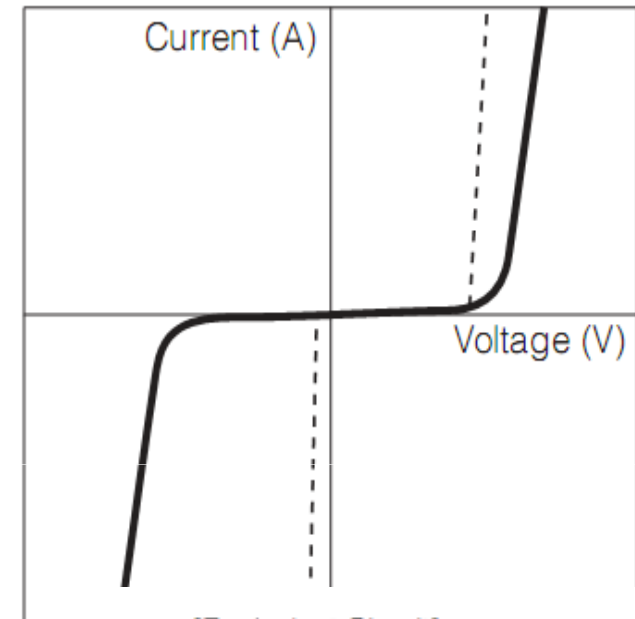
- Energia: joule-ban
- Működési feszültség
- Válaszidő
 - $N \times ns$
- Kapacitás



Varistor

■ Variable resistor

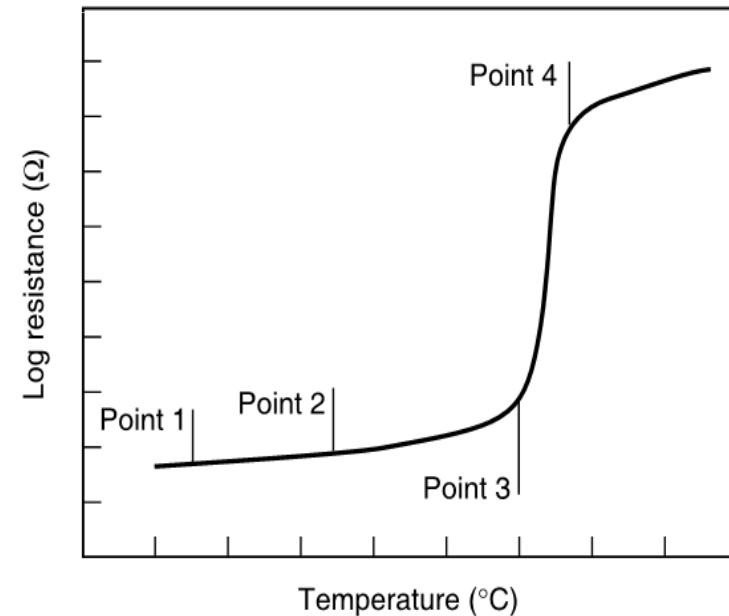
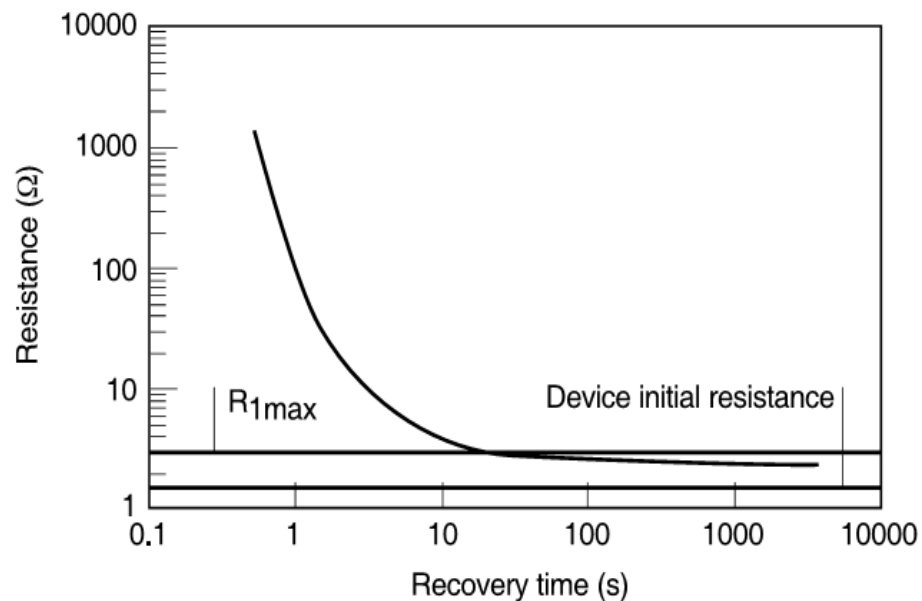
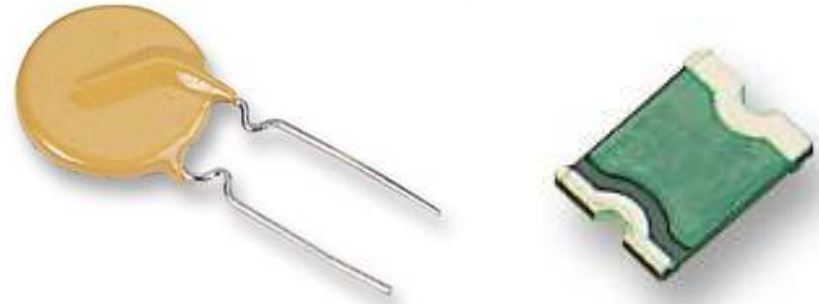
- Energia: joule-ban
- Működési feszültség
- Válaszidő
 - $N \cdot 10 \text{ ns}$
- Maximális áram
- Breakdown vagy (clamping) feszültség
- Energia osztály
 - $8/20 \mu\text{s}$
 - $10/1000 \mu\text{s}$
- Passzív ellenállás
 - $N \cdot 10 \text{ Mohm}$



Polyswitch

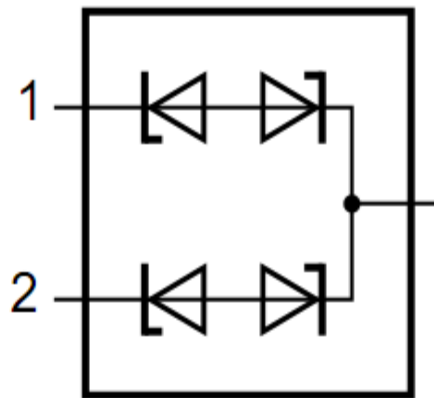
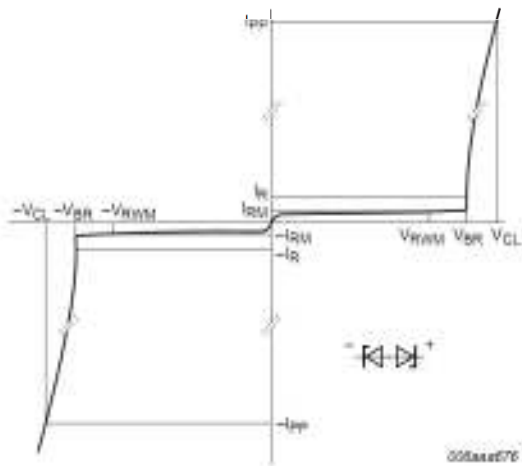
■ Regenerálódó biztosíték

- Soros ellenállás
 - Ohm
- Üzemi áram
- Vágó áram
- Maximális áram
- Visszaállási idő

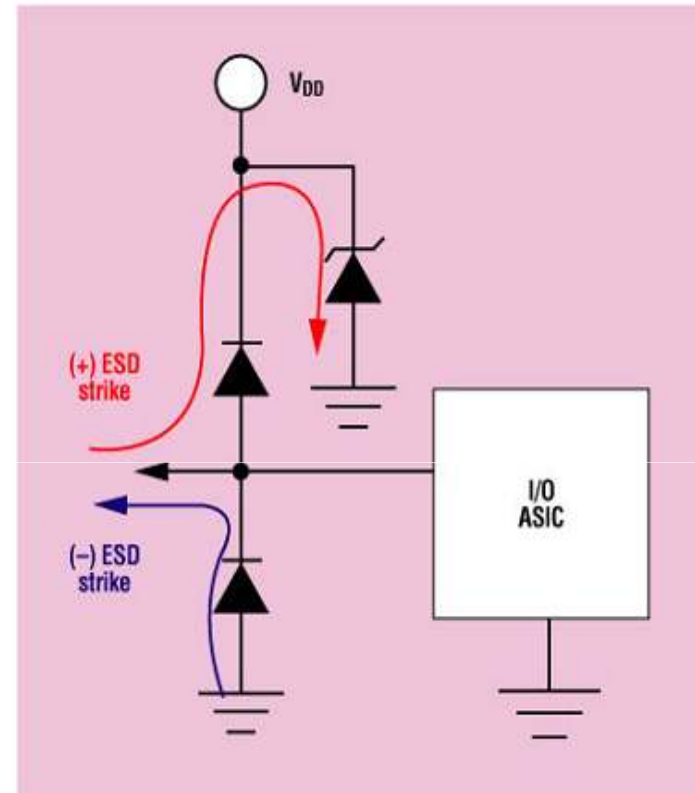


I/O láb védelem

- Gyors
- Olcsó
- Kell referenciafeszültség

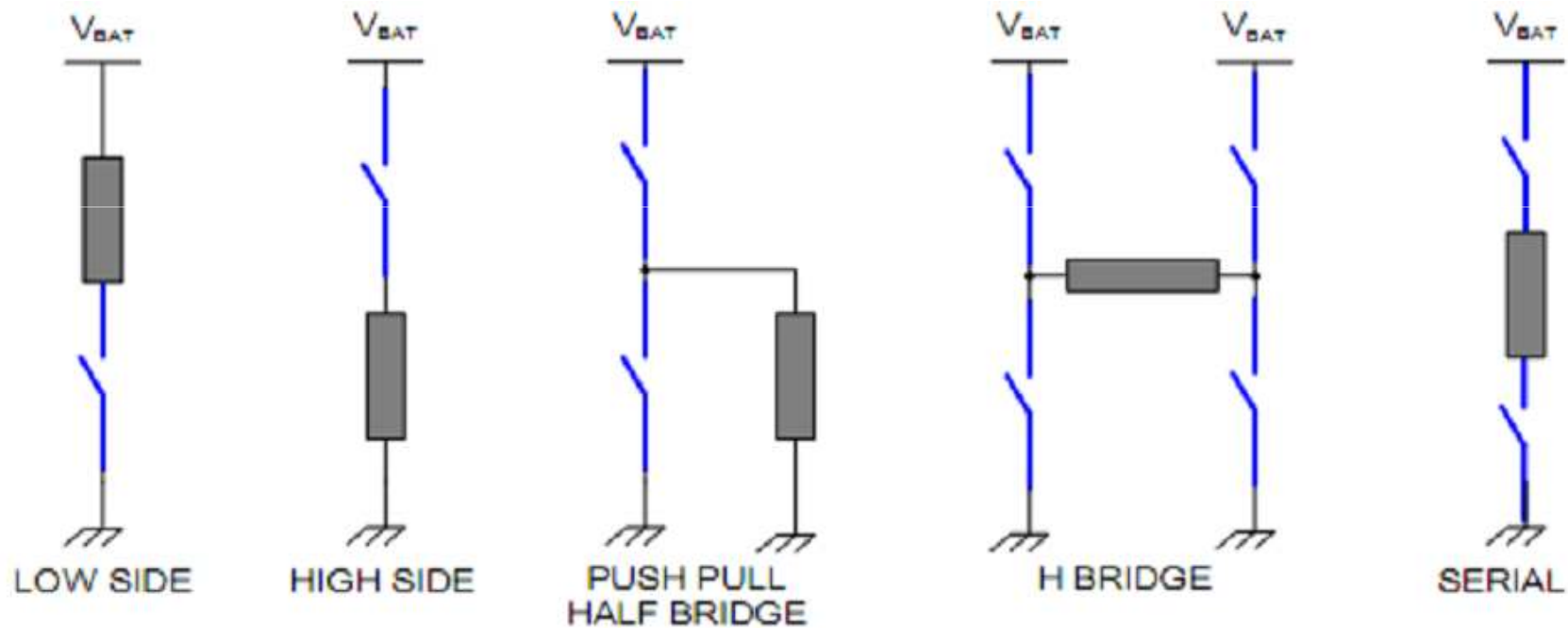


006aaa155

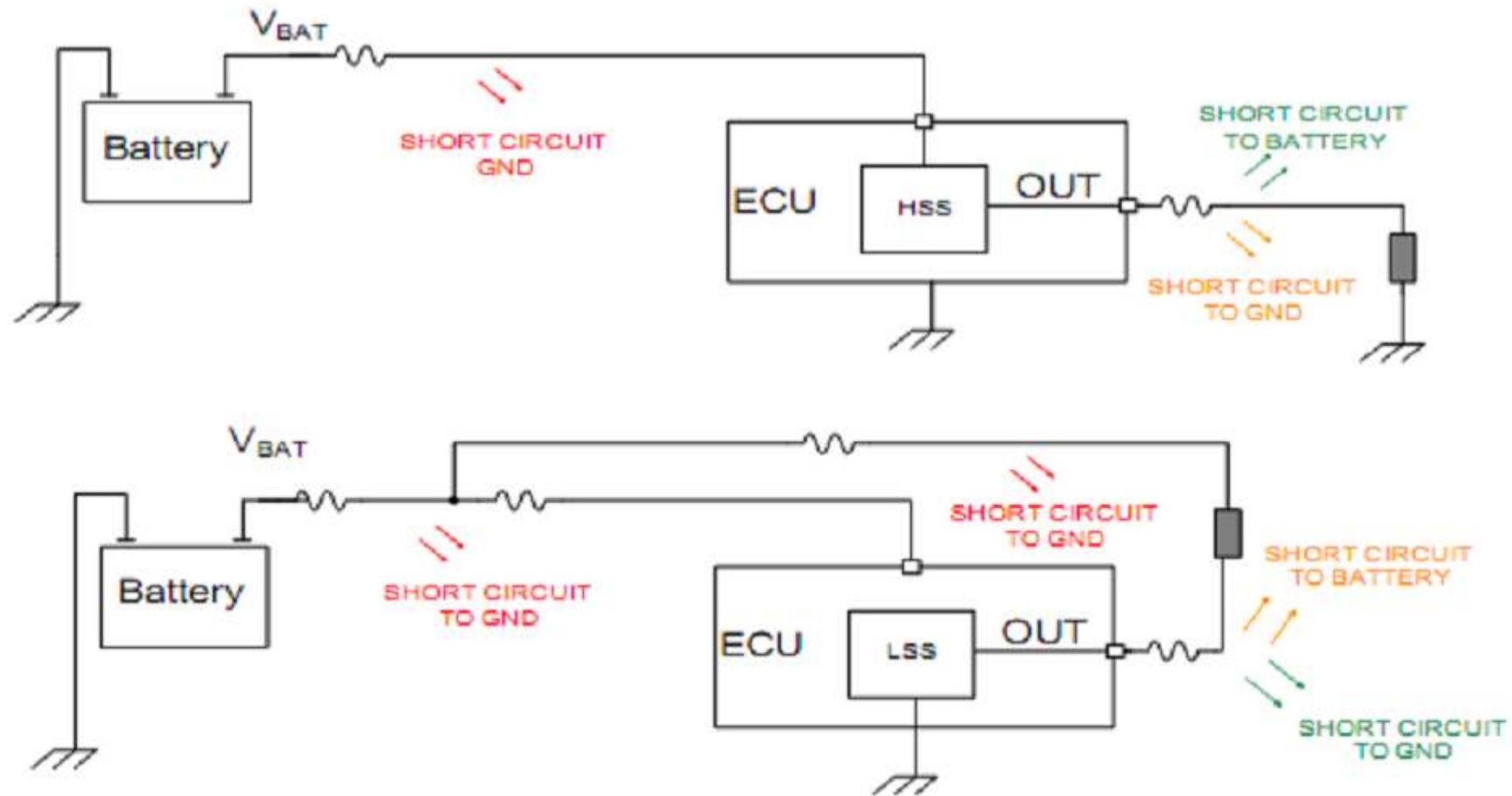


Kimenetek kezelése

- Tipikus kapcsolási módok

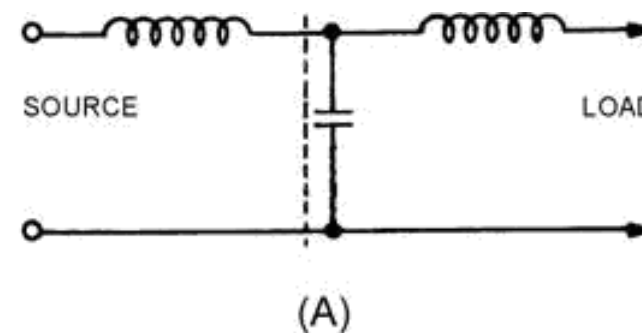
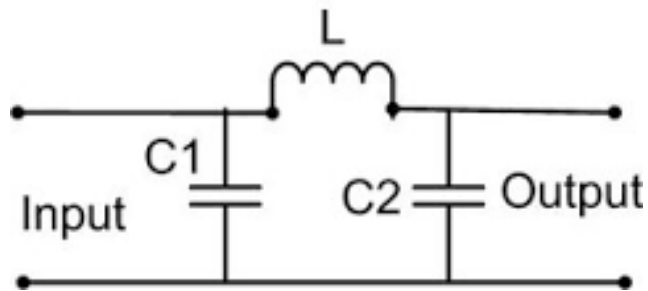
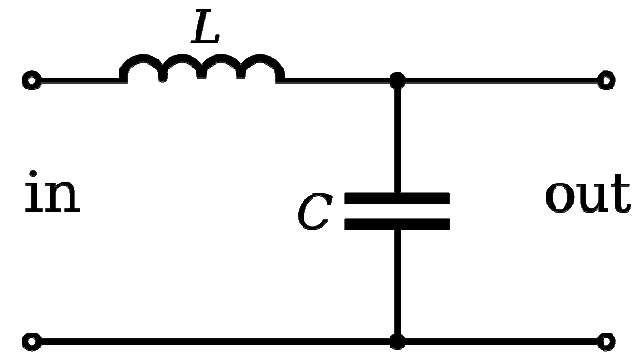


High side vs Low side

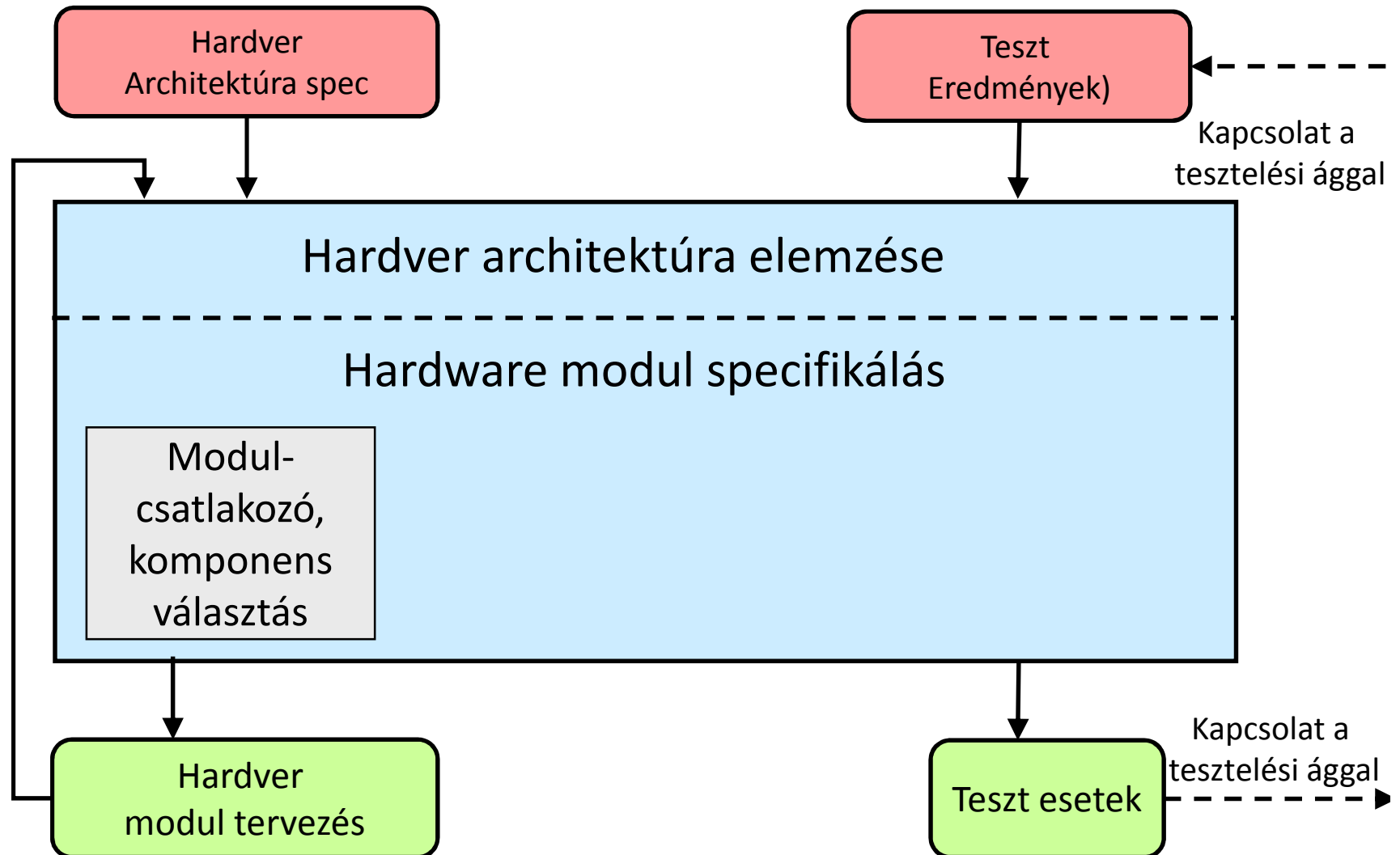


Tápfeszültség szűrés

- Kapacitív szűrés
- LC szűrés
- Pi vagy T tag
- Hálózati szűrő

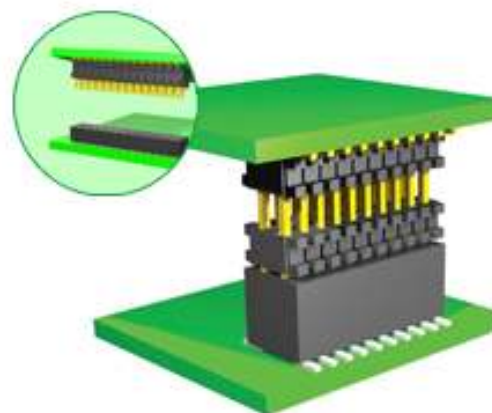
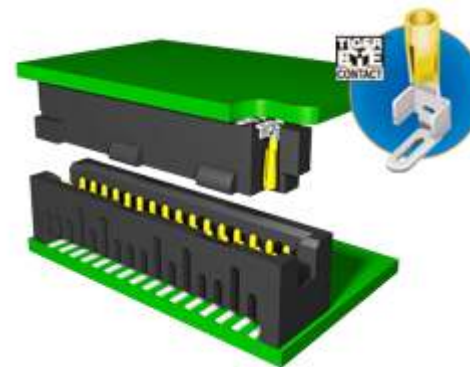


Hardver modul tervezés

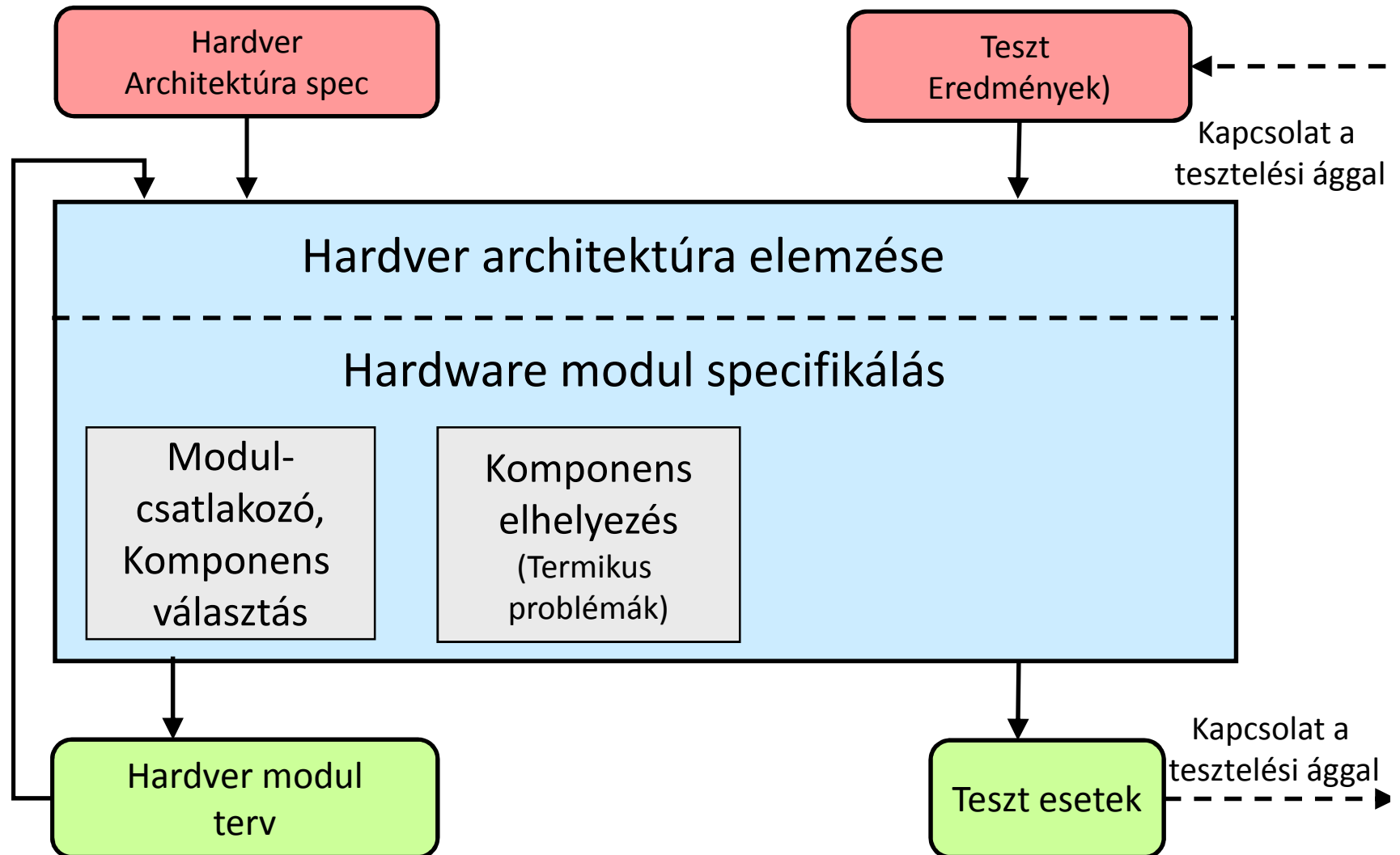


Board – to Board csatlakozások

- Méret és sűrűség
 - Feszültség
 - Teljesítmény
- Csatlakozók anyaga
 - Áram és impedancia
 - Aranyozás, vagy normál
- Mechanikai stabilitás
 - Insertion force



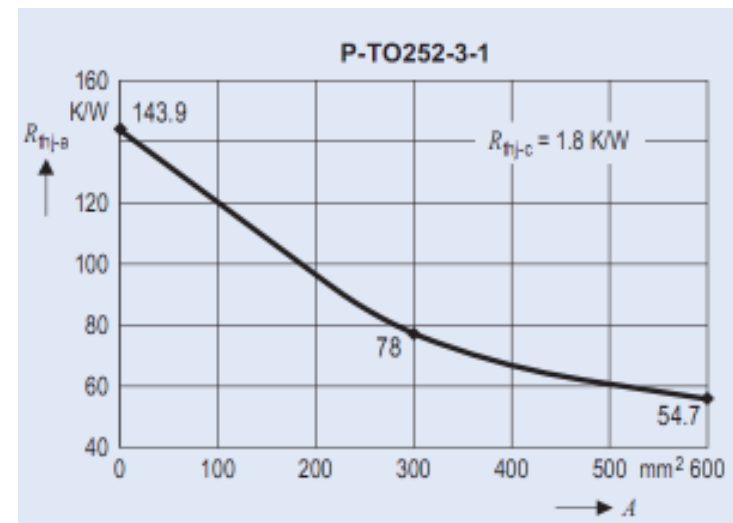
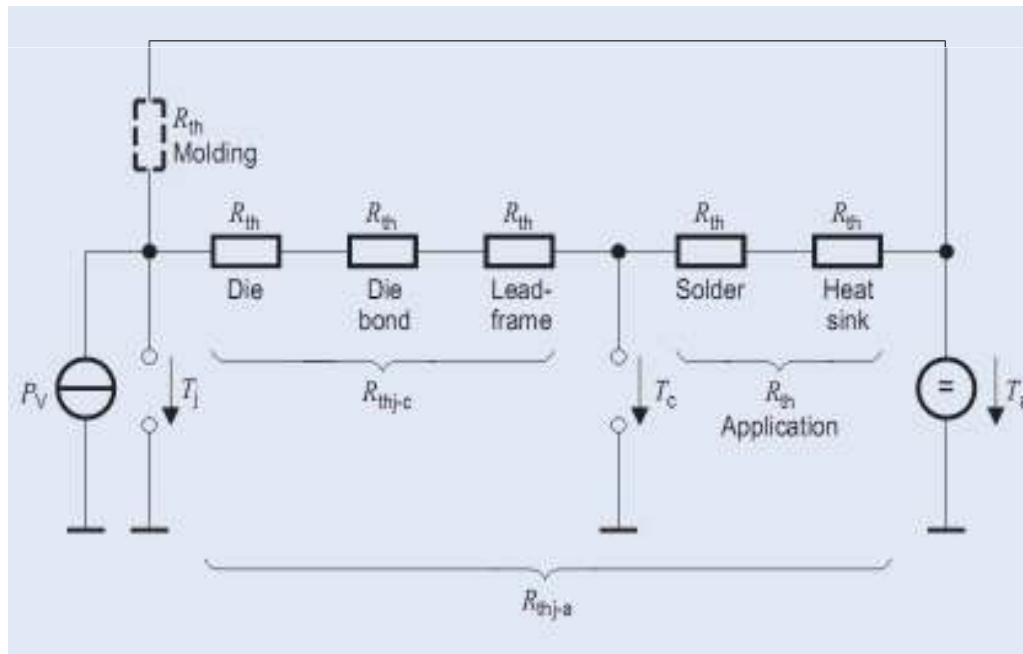
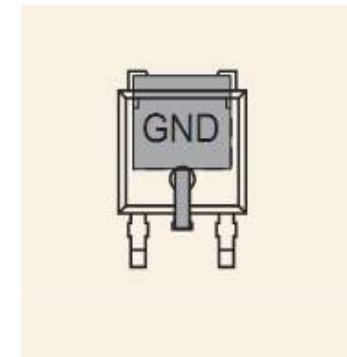
Hardver modul tervezés



Komponensek elhelyezése

- Minden huzalozási probléma ettől függhet
- Fontos figyelembe venni a disszipációt

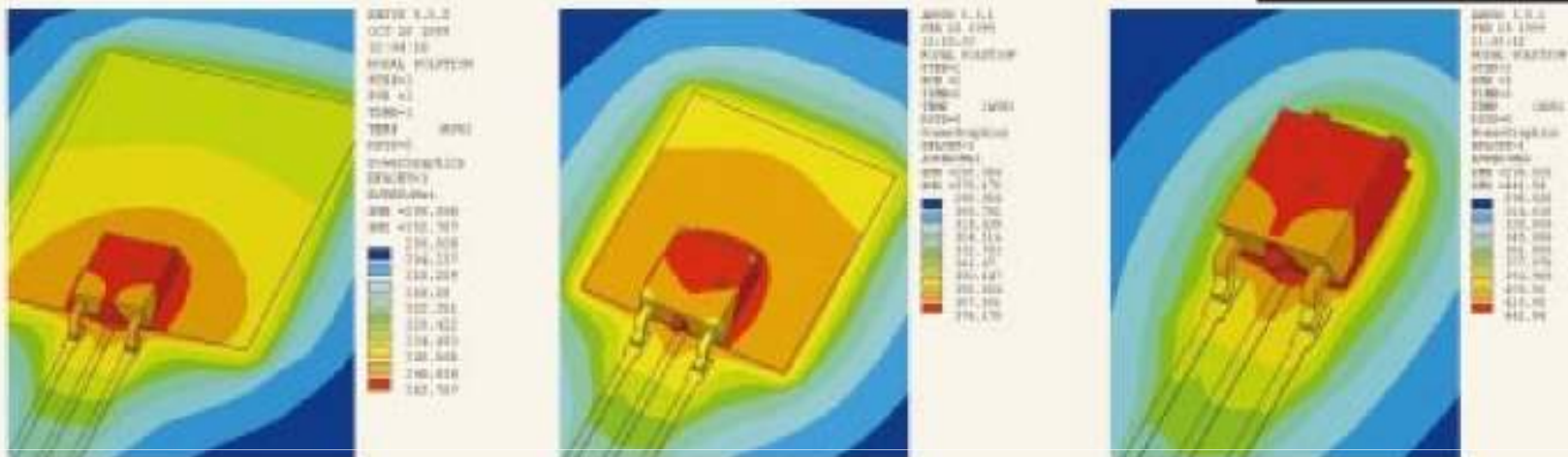
$$T_{\text{junction}} = T_{\text{ambient}} + R_{\text{thermal(j-a)}} * P$$



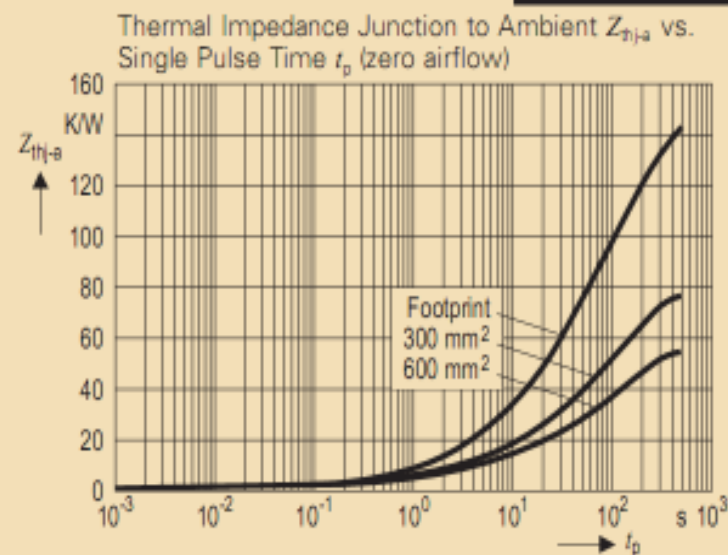
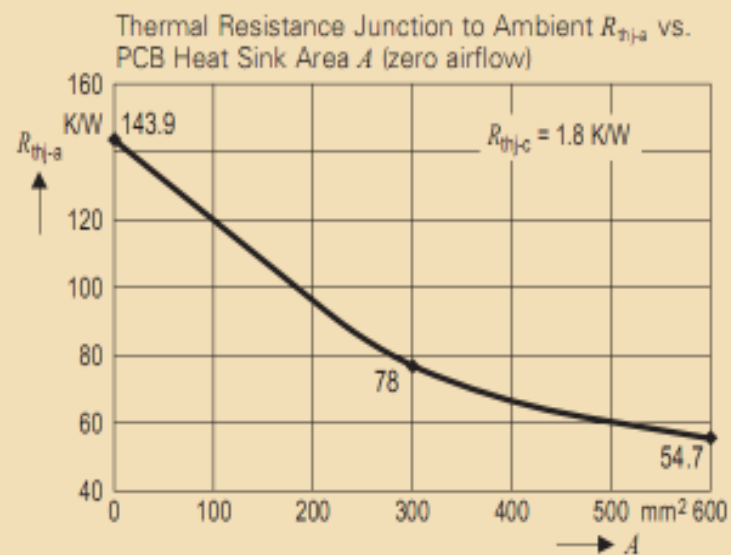
Példa hő függésre

FEM Simulation (chip area $\geq 2 \text{ mm}^2$; $P_v = 1 \text{ W}$; zero airflow)

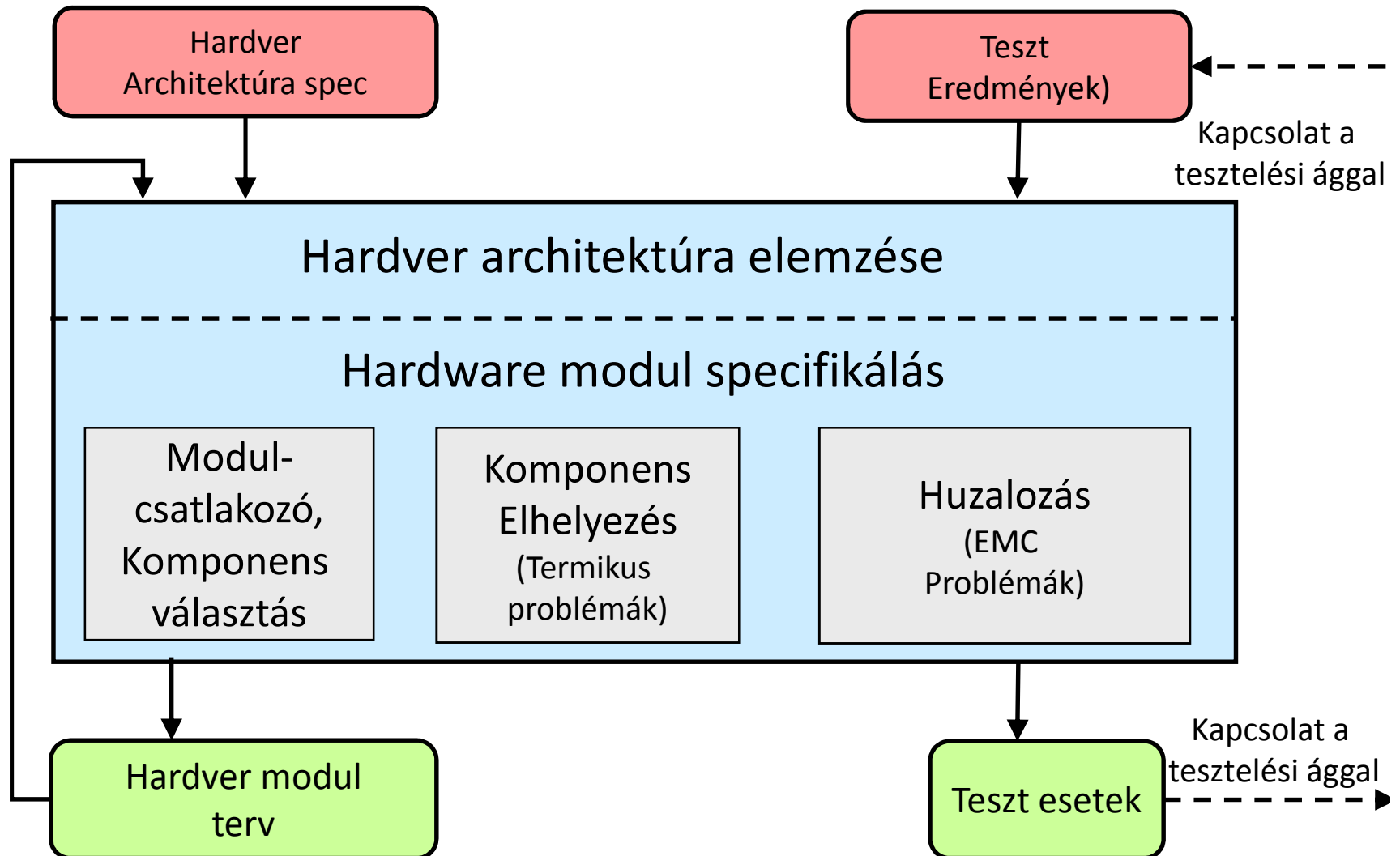
Finite Element Method



Diagrams



Hardver modul tervezés

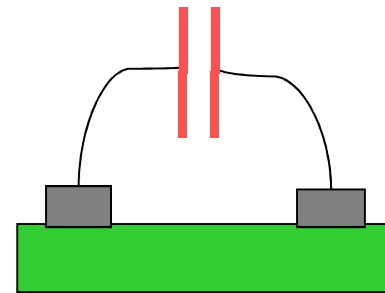
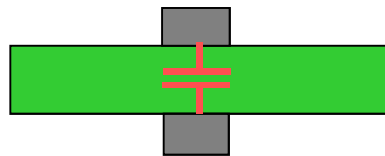


Huzalozási problémák (EMC)

■ Kapacitív csatolás

- Nagyon könnyű összehozni, elsősorban párhuzamos vezetékeknél

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d}$$



- Példa: 5cm-en két 0.5mm-es széles (20mil-es) vezeték 3mm távolságra ~ 0,5 - 1 pF (ADC bemenő impedancia kb 10pF)

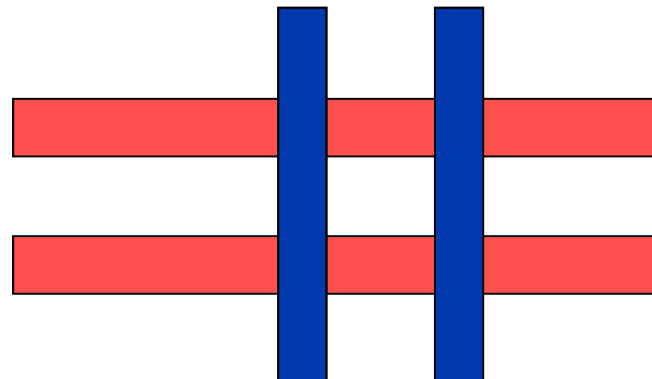
Huzalozási problémák (EMC)

- Kapacitív csatolás elleni védekezés

- Földelésekkel

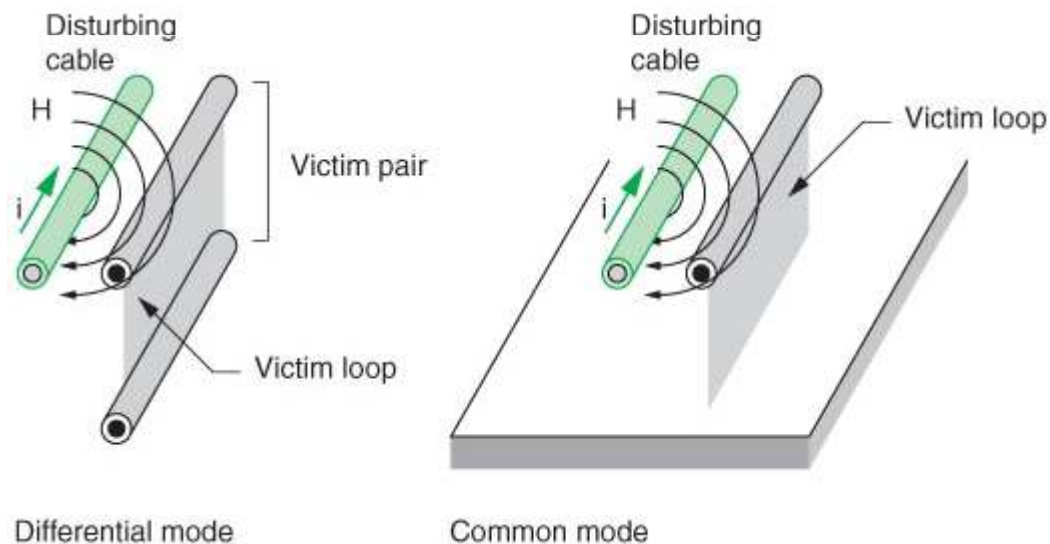


- Logikus vezetékéssel



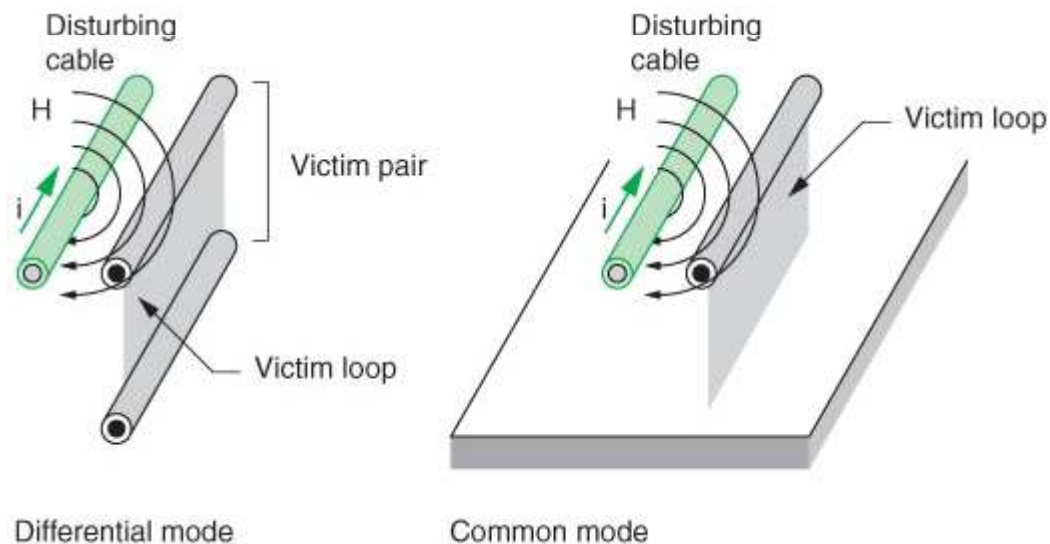
Huzalozási problémák (EMC)

- Induktív csatolás
 - Védekezés a felület csökkentése
 - A nagy áramváltozású vezetékek figyelemmel kísérése
 - $U = M \cdot di/dt$



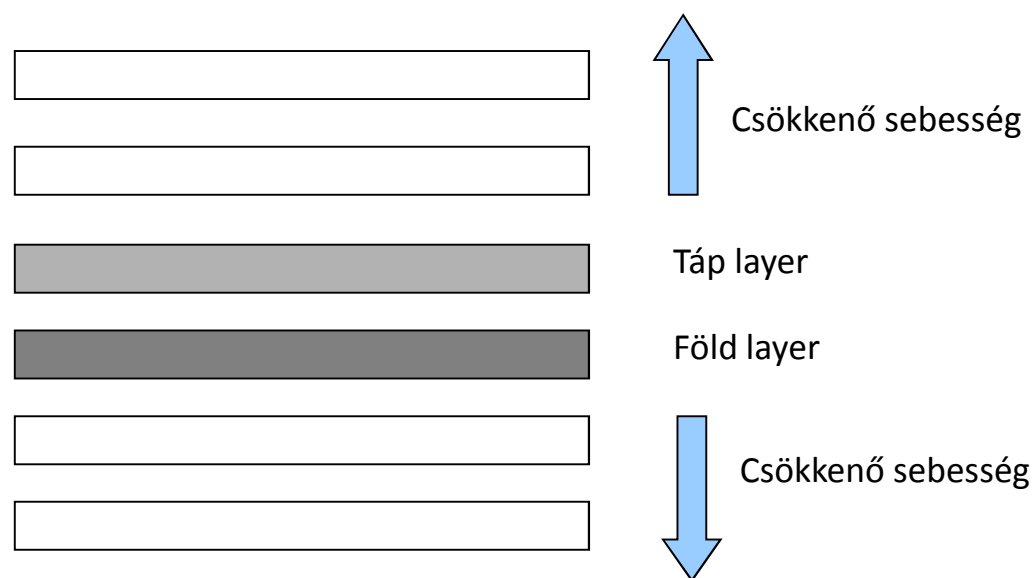
Huzalozási problémák (EMC)

- Induktív csatolás
 - Védekezés a felület csökkentése
 - A nagy áramváltozású vezetékek figyelemmel kísérése
 - $U = M \cdot di/dt$



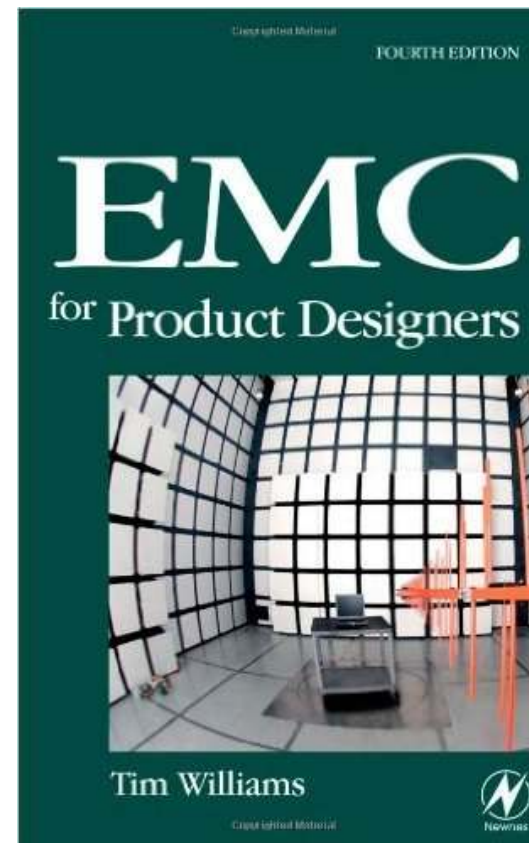
Tipikus PCB layerek

- Az ár majd exponenciálisan növekedik a rétegszámmal
 - Ha szükséges több föld réteg közbeiktatásával
 - Egymás feletti rétegeken merőleges vezetékezés

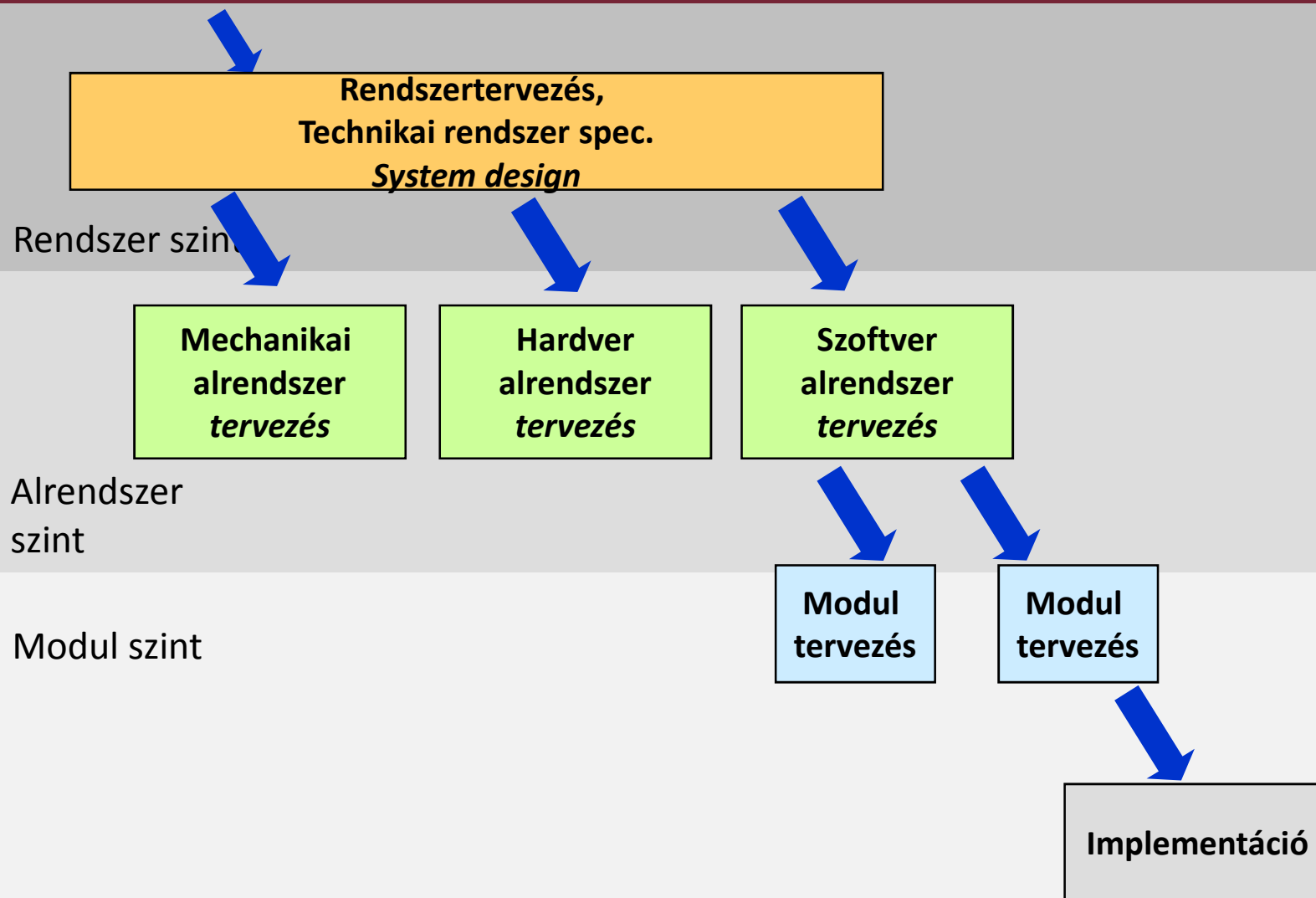


EMC könyvek

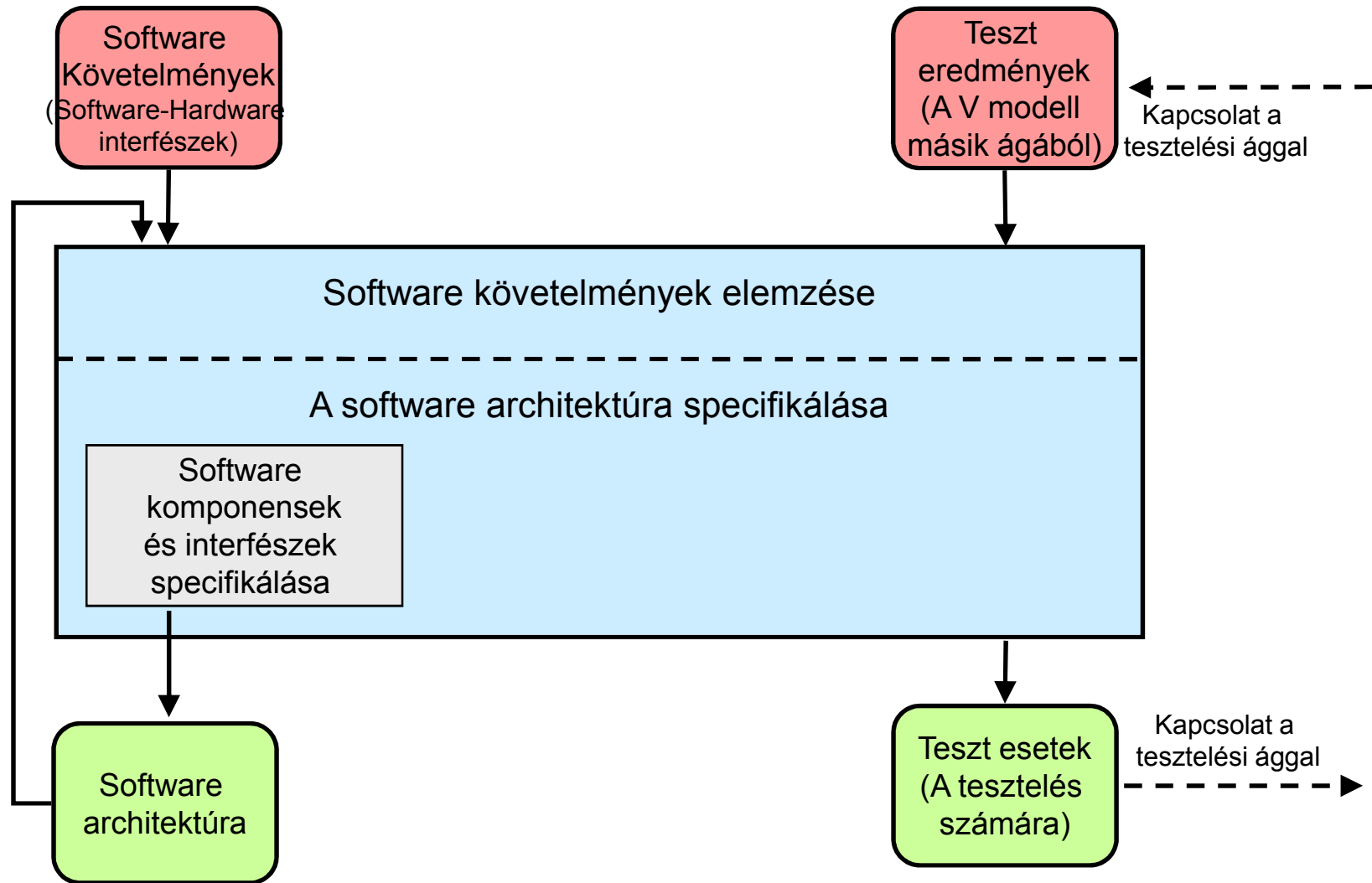
- EMC for Product Designers, Fourth Edition 4th Edition
 - Tim Williams
 - ~500 oldal



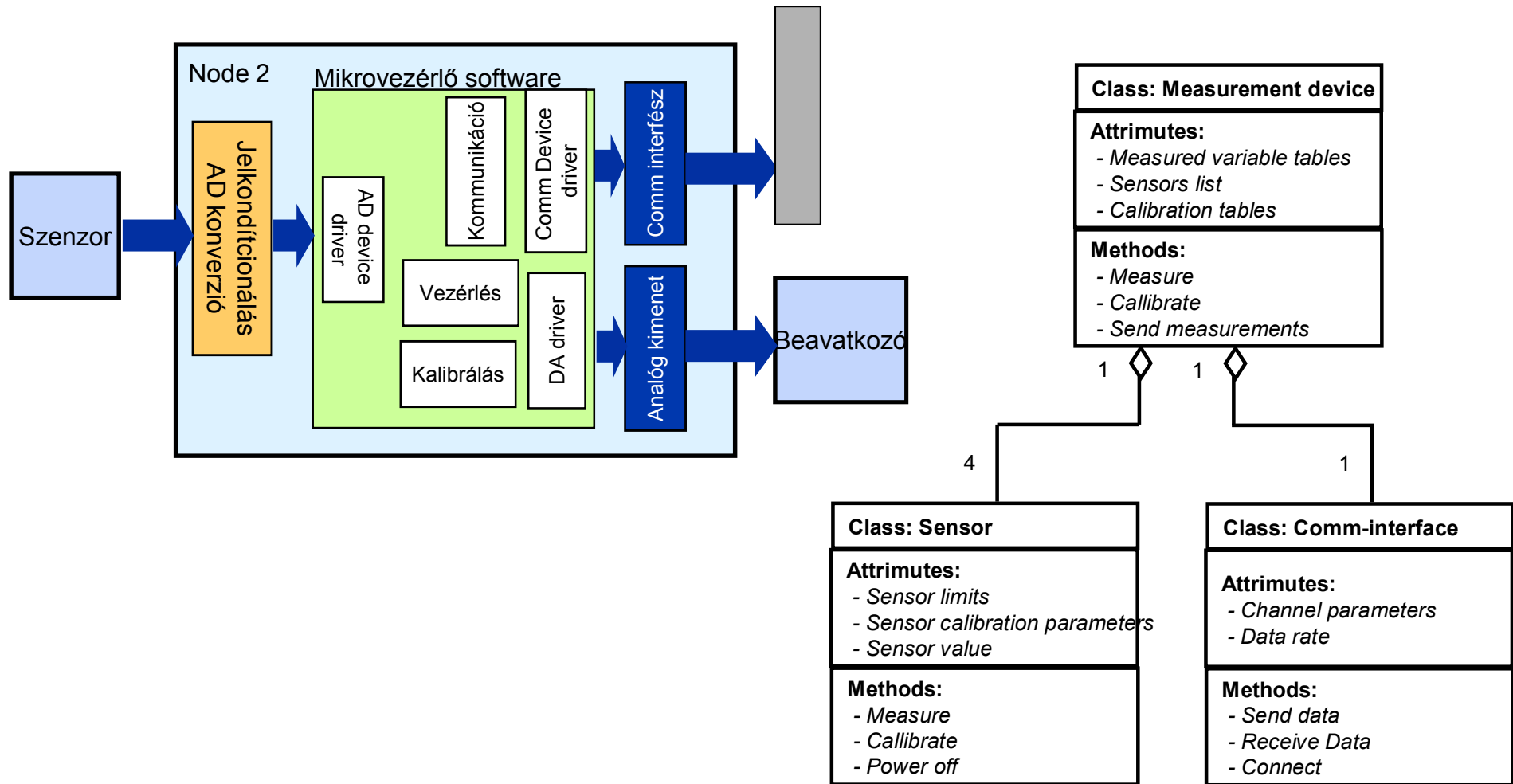
Szoftver irány



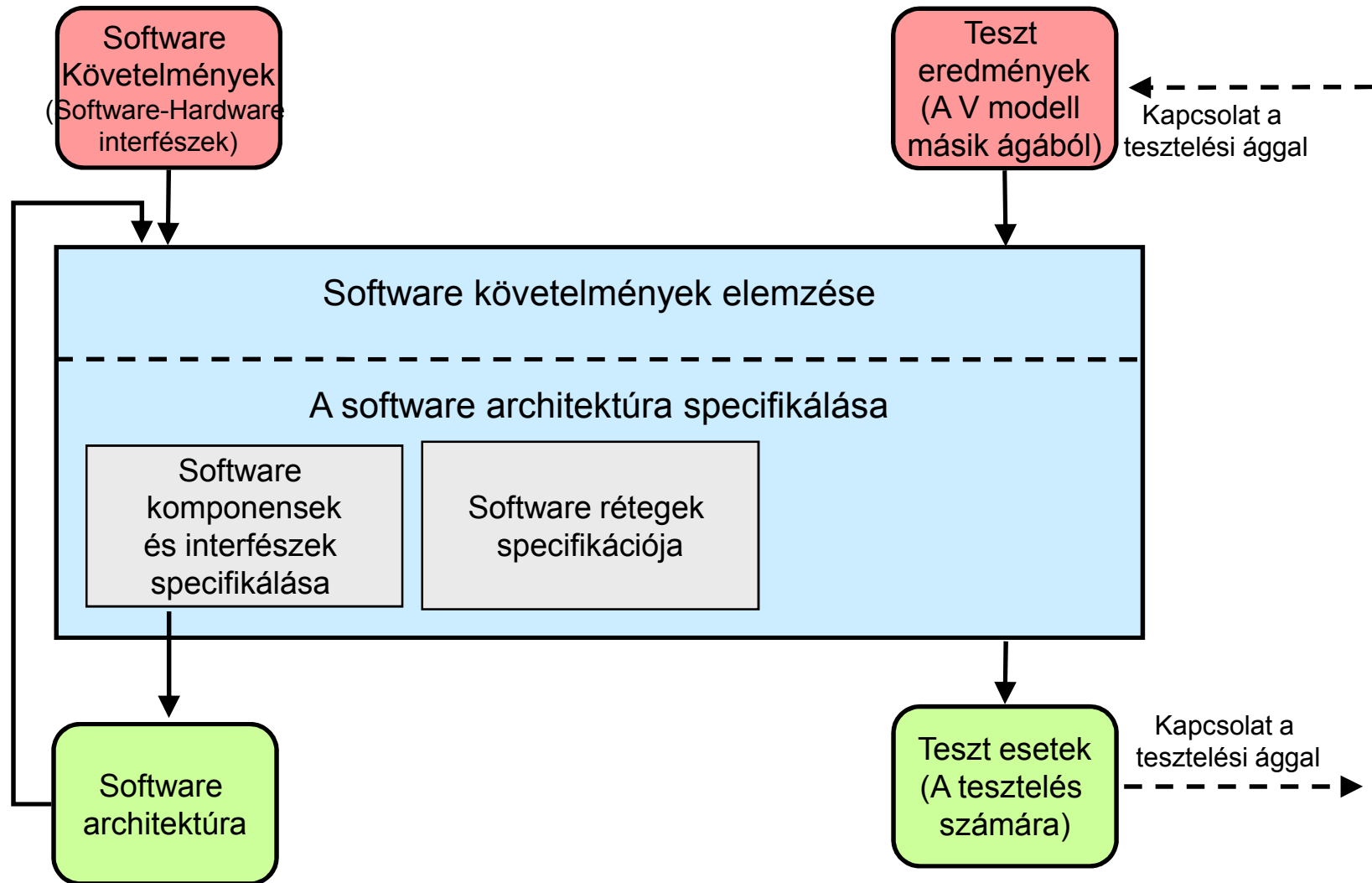
Szoftver architektúra



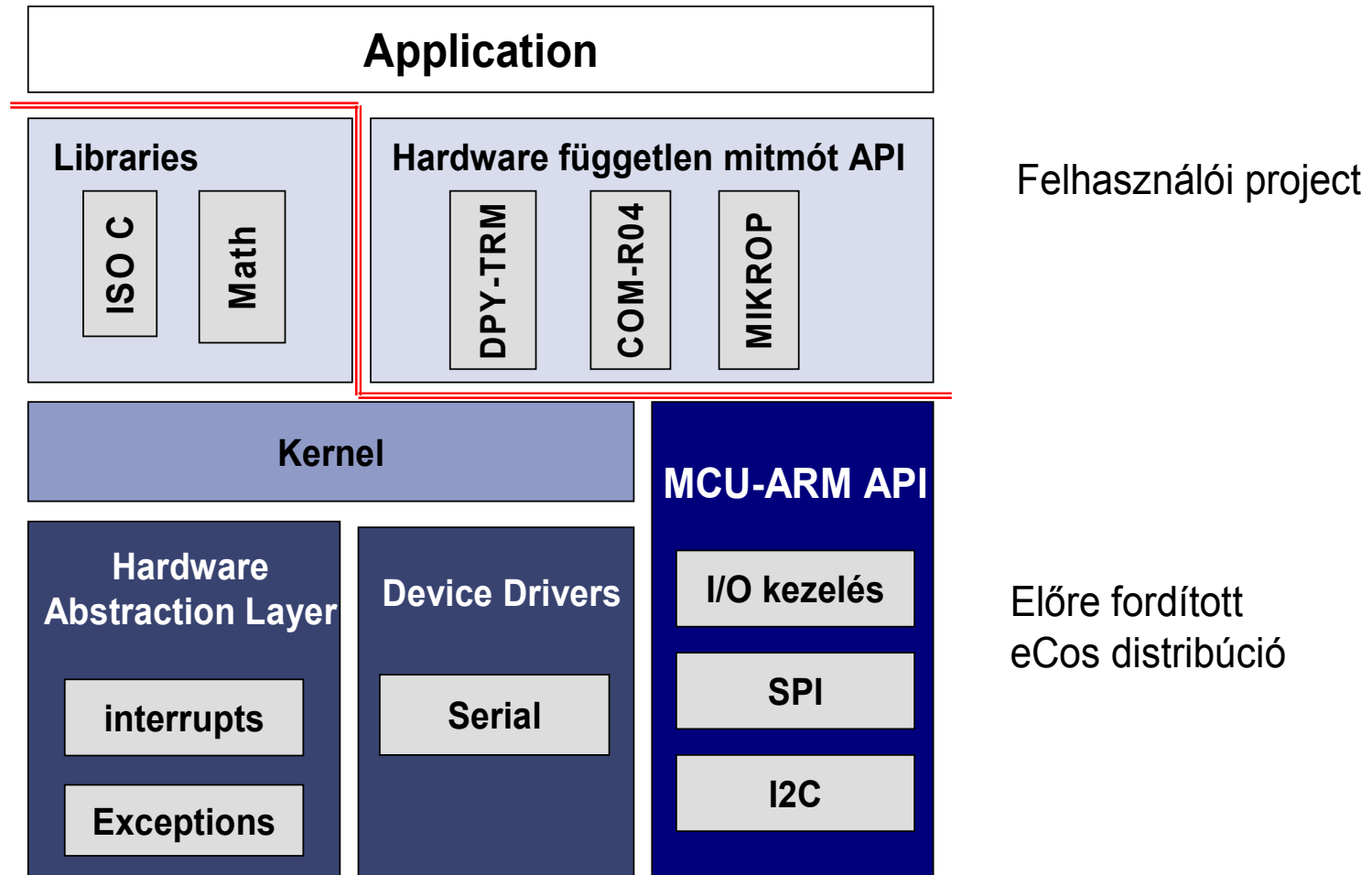
Szoftver komponensek és interfészeinek meghatározása



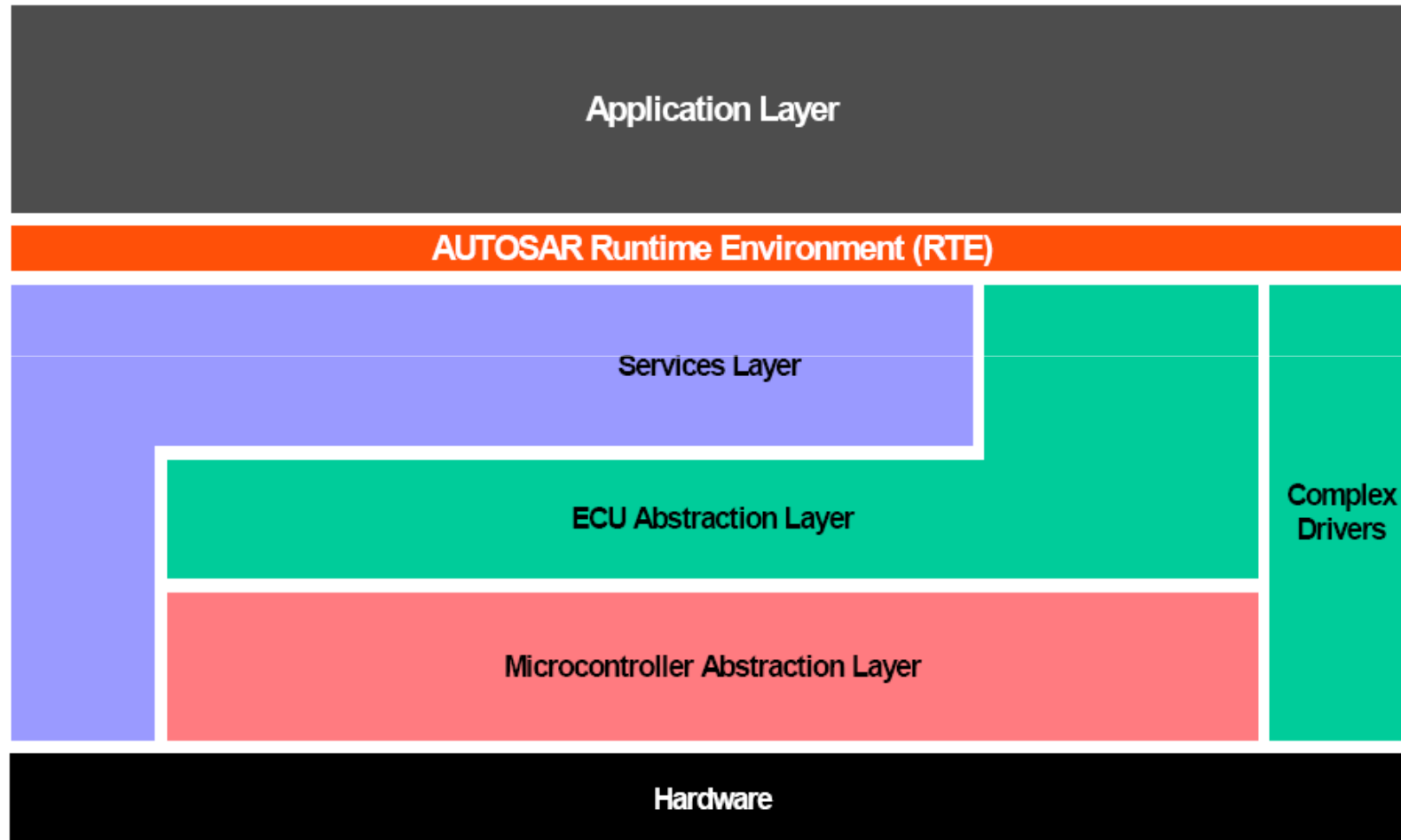
Szoftver architektúra



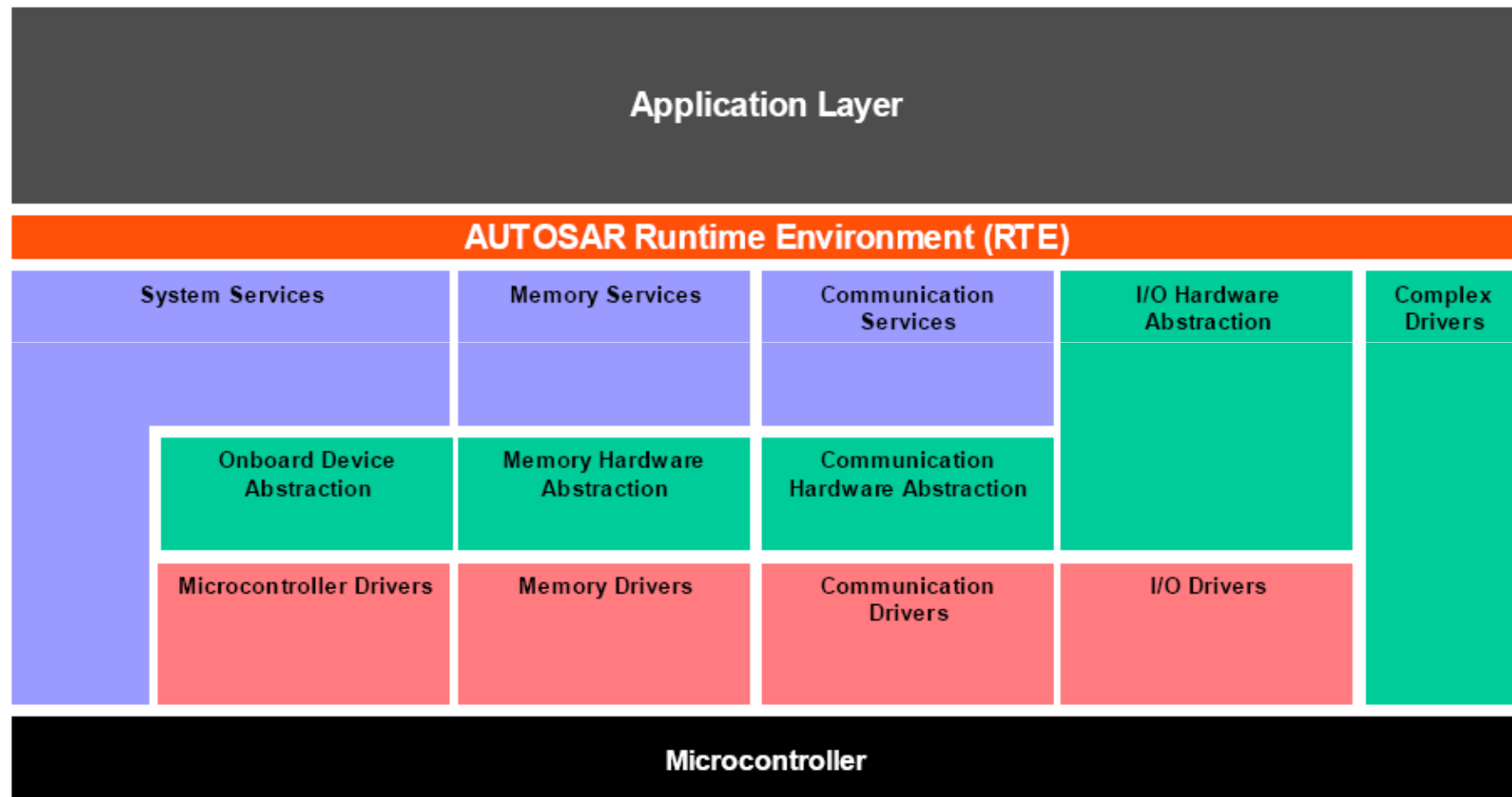
Egy általános beágyazott rendszer SW architektúrája



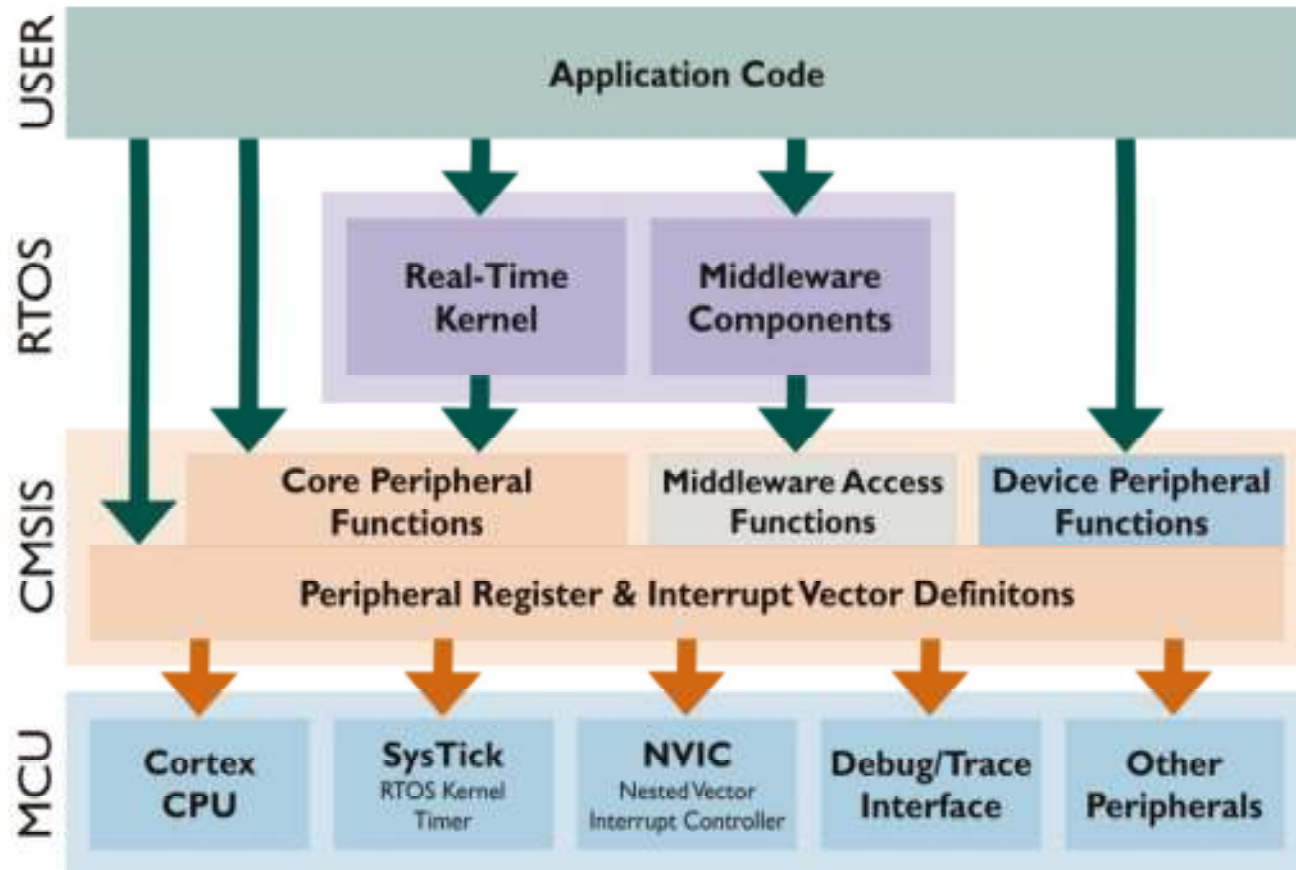
Réteges szemléletű szoftver architektúra példa AUTOSAR



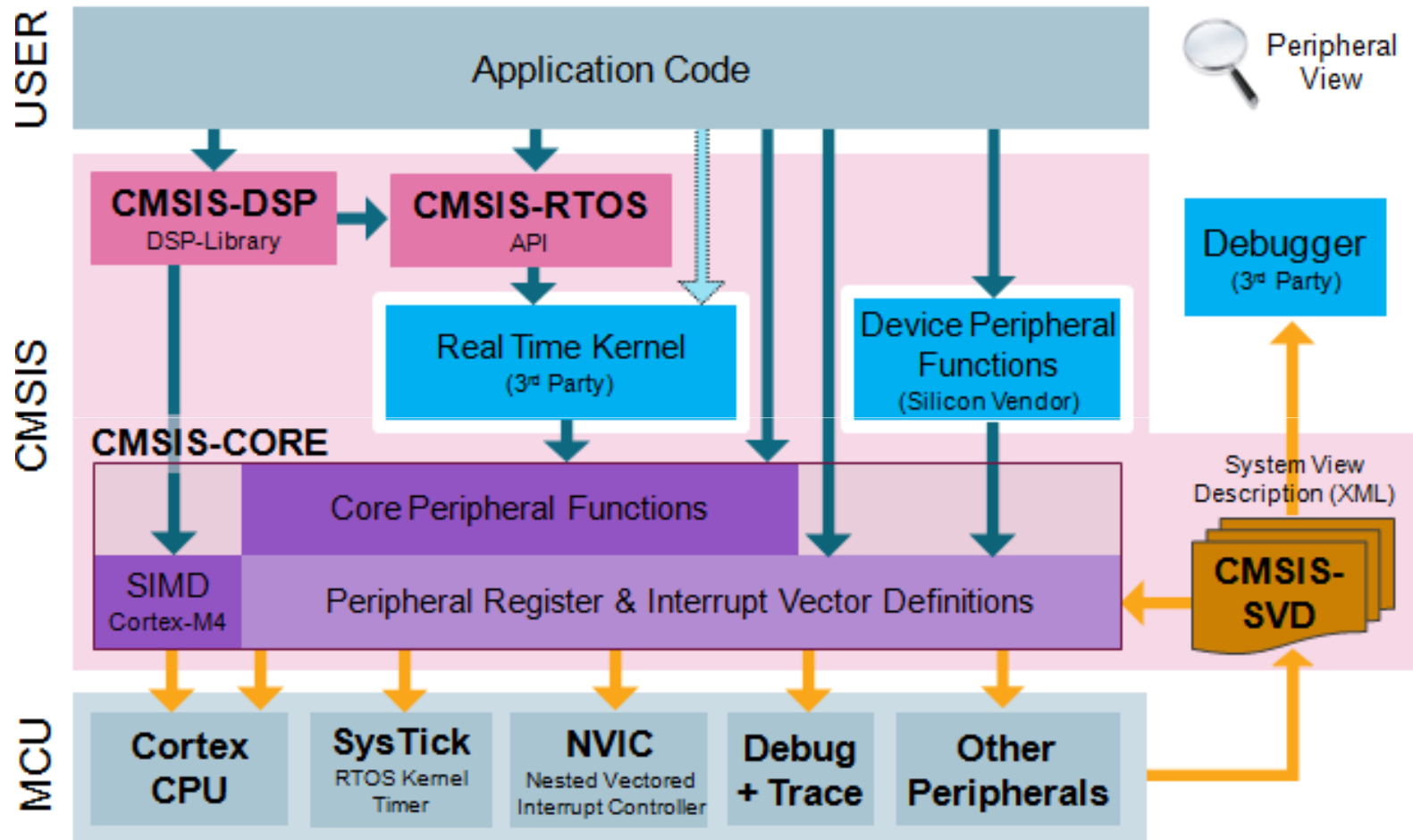
Réteges szemléletű szoftver architektúra példa AUTOSAR



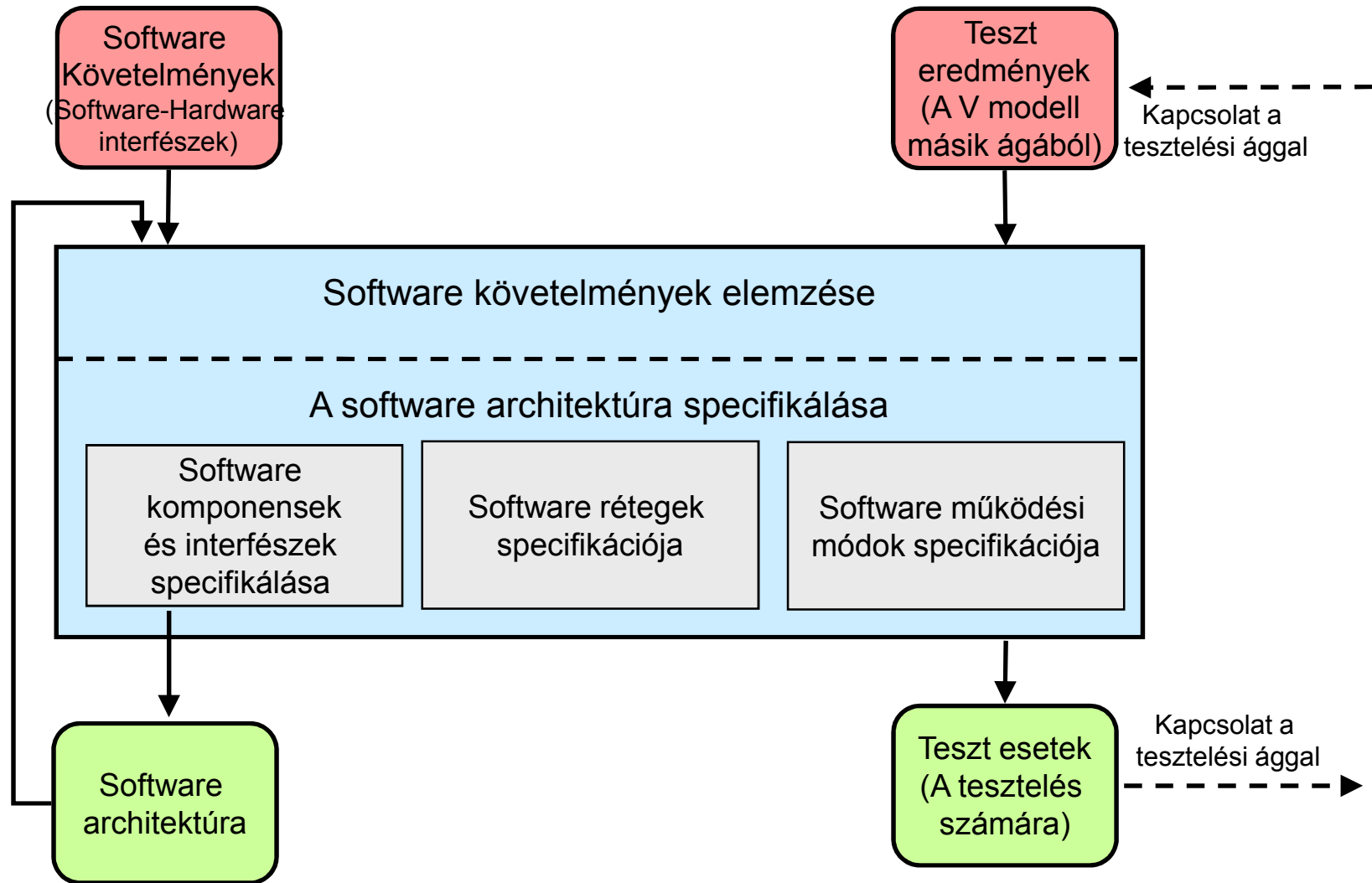
CMSIS szerkezete (v1.3)



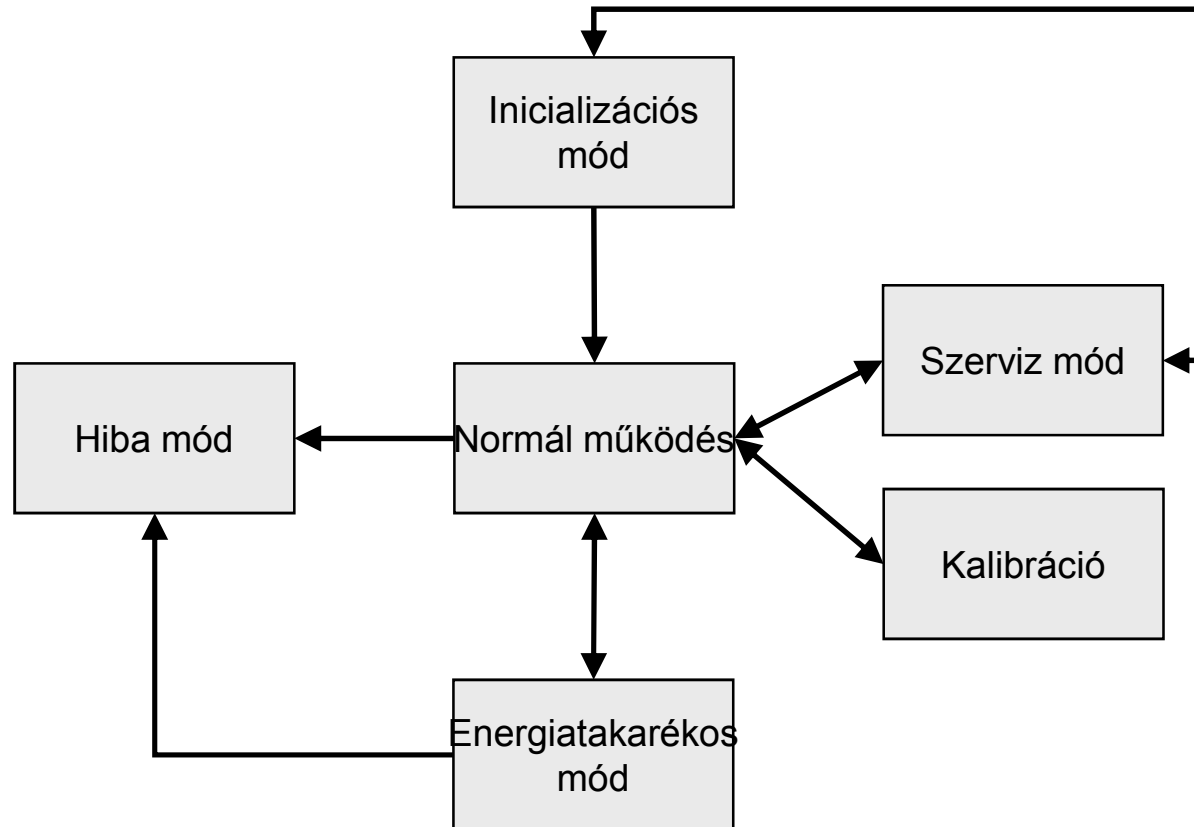
CMSIS szerkezete (v3)



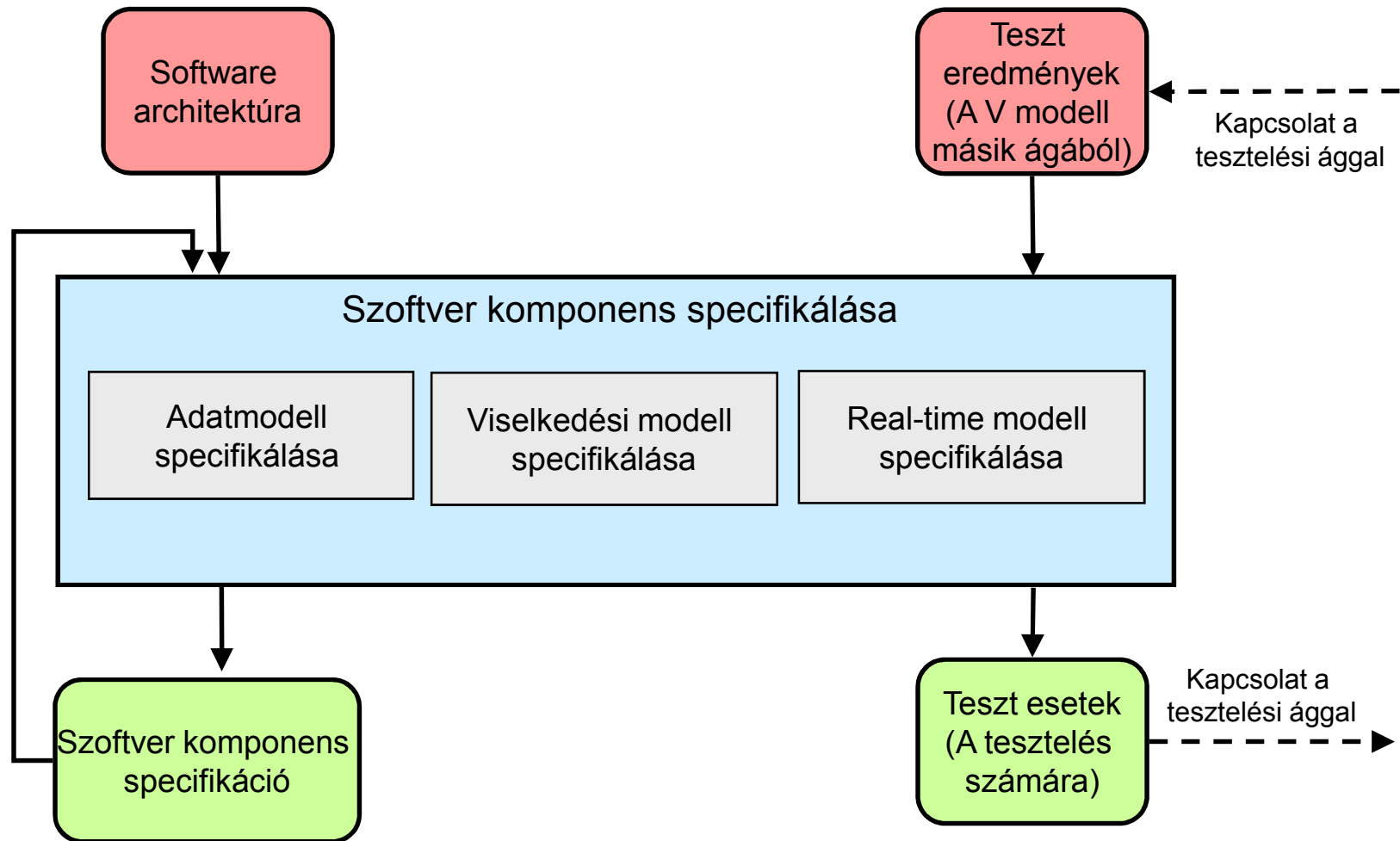
Szoftver architektúra



Szoftver működési módok

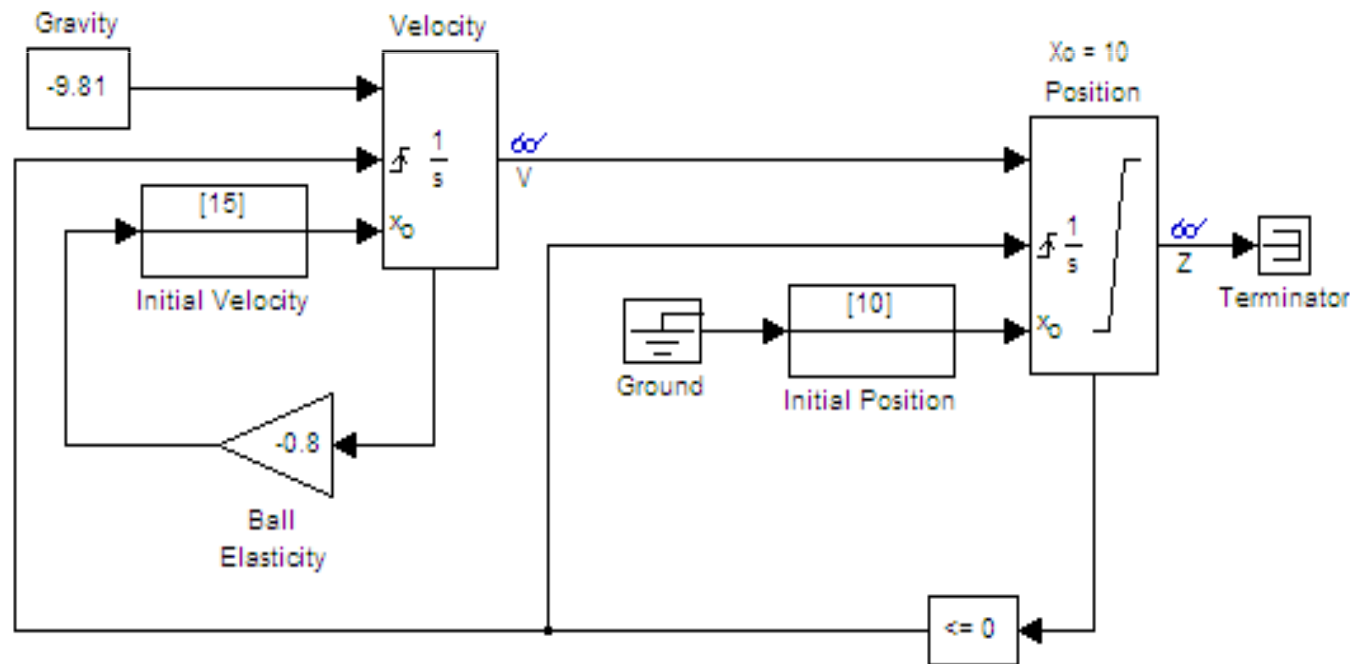


Szoftver komponens tervezés



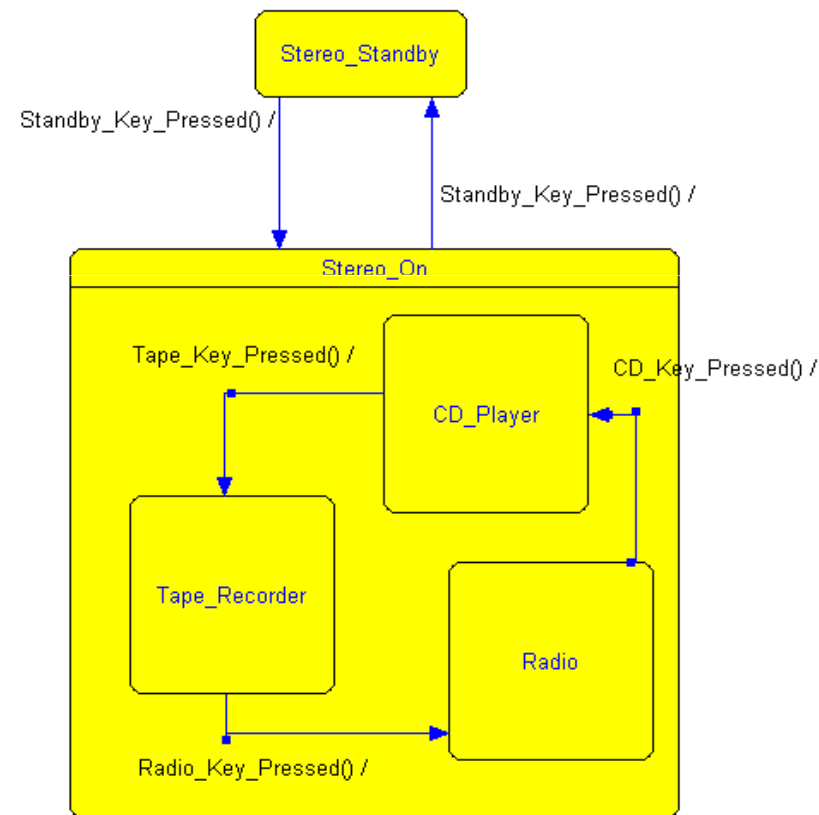
Adatmodell, adatfolyam meghatározása

- Sokszor domain specifikus nyelvvel:
 - Simulink
 - *ASCET*



Viselkedési modell

- Legtöbb esetben valamilyen állapotgépes leírás

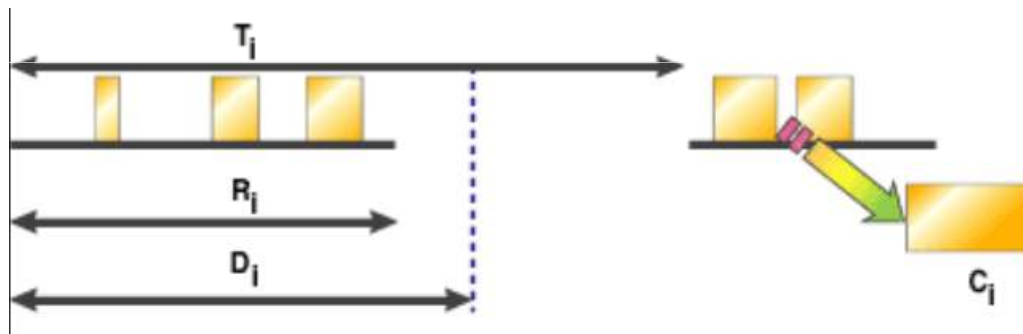


Real-Time modell specifikálása

- Tipikusan fixen ütemezett taszkok: 2,5ms, 5ms, 10ms
...

Real-Time modell specifikálása

- Tipikusan fixen ütemezett taszkok: 2,5ms, 5ms, 10ms
...
- **DMA:** Deadline Monotonic analysis



$$R_i = C_i + \sum_{\forall k \in hp_i} \left\lceil \frac{R_i}{T_k} \right\rceil C_k$$

Table 1 DMA example

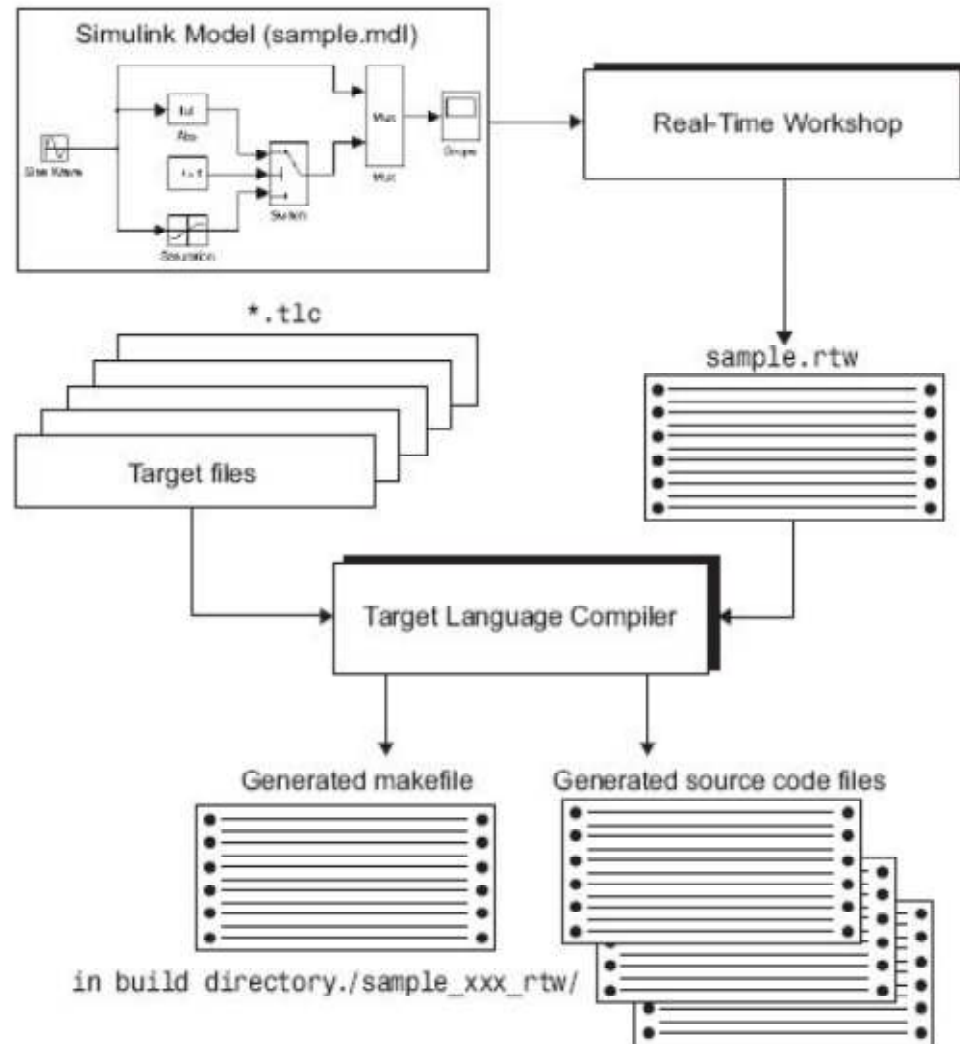
| Task | T | C | D |
|------|--------|------|--------|
| 1 | 250ms | 5ms | 10ms |
| 2 | 10ms | 2ms | 10ms |
| 3 | 330ms | 25ms | 50ms |
| 4 | 1000ms | 29ms | 1000ms |

Table 2 Calculation of worst-case Task 3 response time

| Step | R ⁿ | I | R ⁿ⁺¹ |
|------|----------------|----------|------------------|
| 1 | 0 | 0 | 25 |
| 2 | 25 | 5+3x2=11 | 36 |
| 3 | 36 | 5+4x2=13 | 38 |
| 4 | 38 | 5+4x2=13 | 38 |

Modell alapú kódgenerálás

Simulink Real-Time Workshop



Kódgenerálás alkalmazási köre, helye

