



From Measurements to Standardized Multi-Domain
Compact Models of LEDs

Tovább lépés a LED multi-domain modellezés terén

Gaál Lajos, Hegedüs János, dr. Poppe András,
dr. Farkas Gábor, dr. Rencz Márta





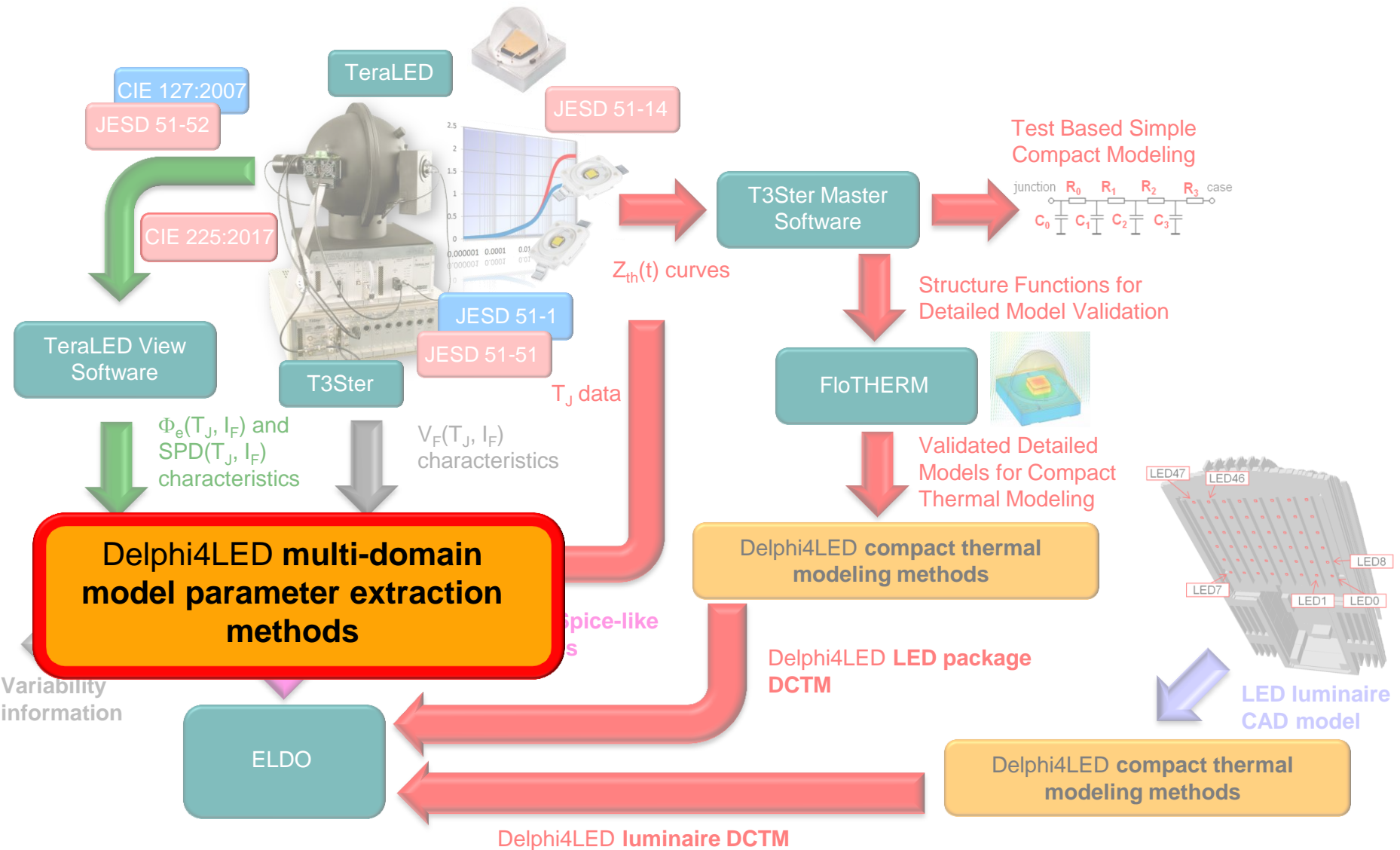
Delphi4LED projekt

Cél:

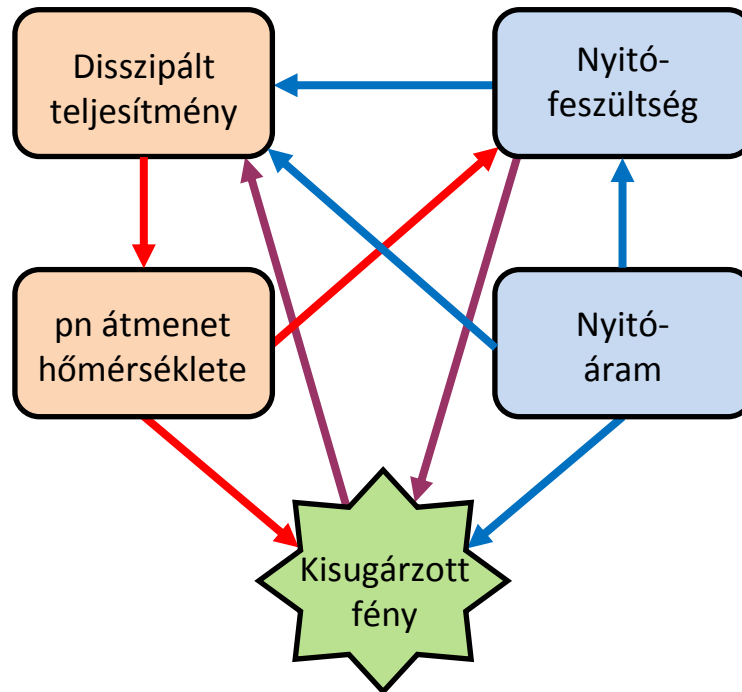
*A mérésekből kiindulva jussunk el
LED eszközök szabványos
multi-domain kompakt modelljéig*

- A várt eredmények:
 - új mérési,
 - modellezési,
 - és szimulációs
módszerek/eljárások
- Ennek érdekében: szabványos módszerek
és adatformátumok kidolgozása

Delphi4LED workflow



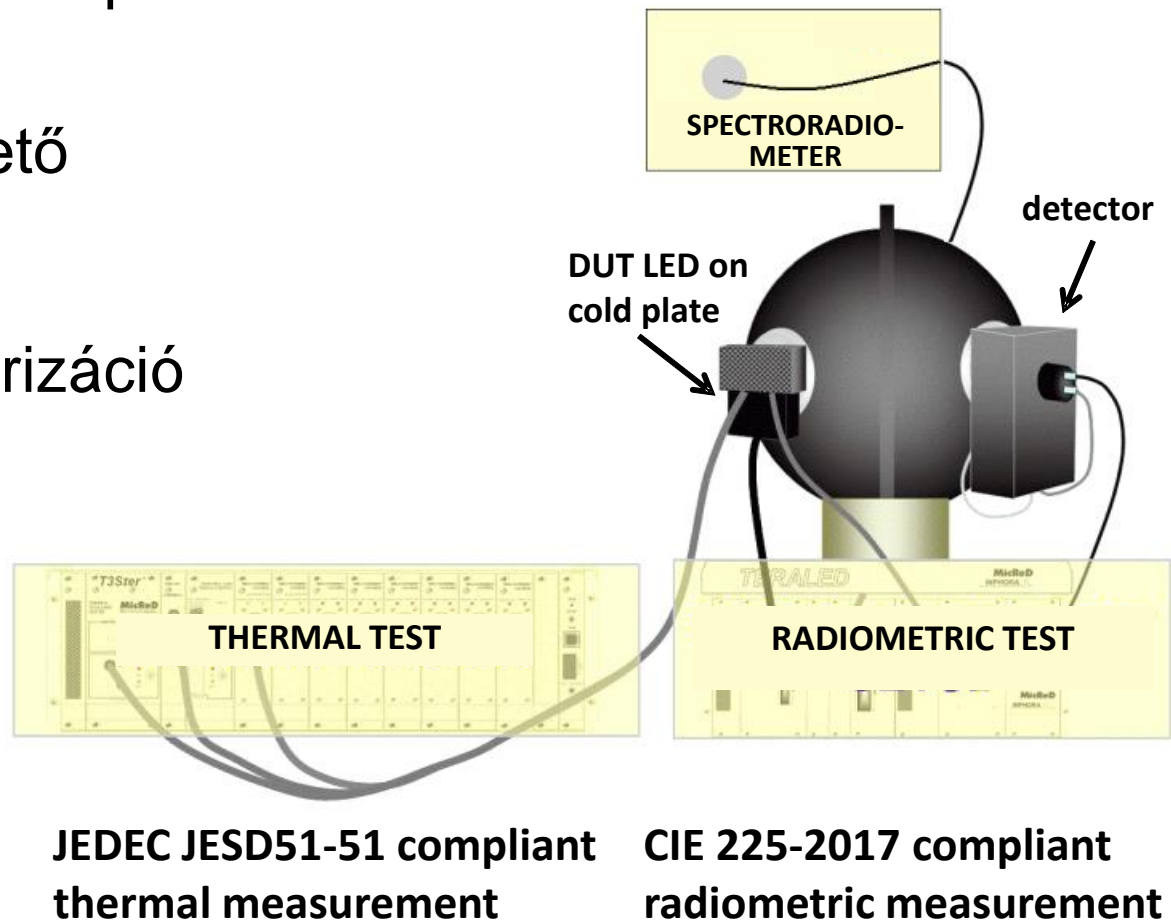
Minden mindennel összefügg...



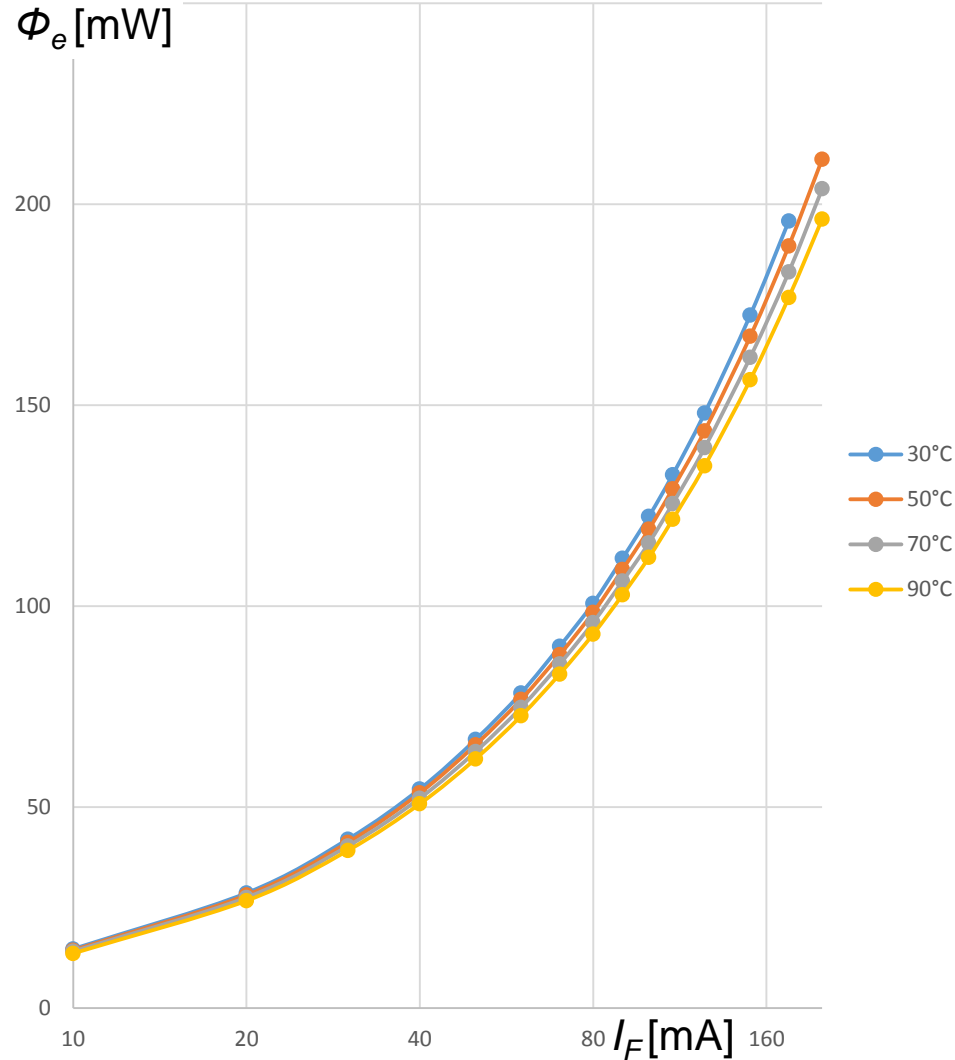
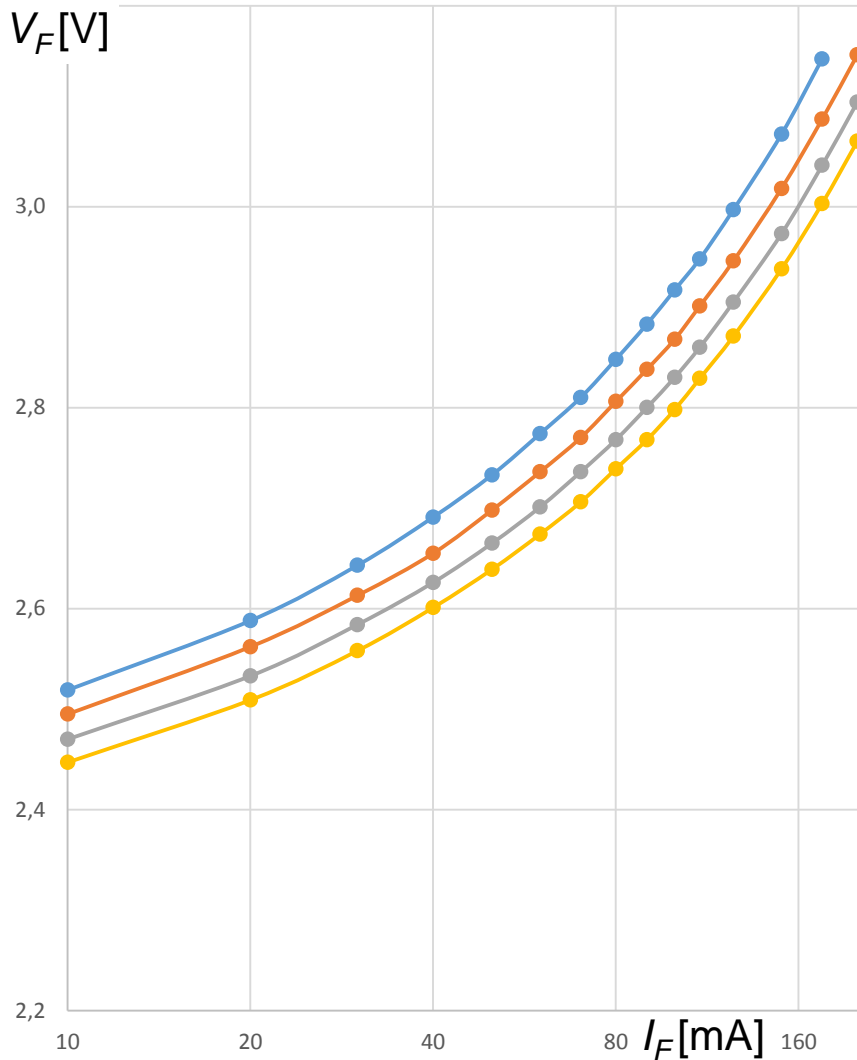
- **Multi-domain karakterizáció:** egyszerre mérjük / szimuláljuk a szilárdtest fényforrás elektromos, termikus és fénytani tulajdonságait
- **Cél:** a **gyakorlati tervezők számára** olyan modell alkotása, amellyel az **üzemi jellemzők** – fényáram, spektrális teljesítményeloszlás, hőmérséklet – a tervezés során **számolhatók** (Spice, CFD szimuláció)

Egy célszerű mérési elrendezés

- T3Ster + TeraLED + Spectroradiometer
- Egyszerre végezhető termikus, elektromos és optikai karakterizáció



Példa: Egy kék LED (Lumileds 3535L) mért nyitófeszültsége és fluxusa



Kiindulási alap a chip szintű LED modellhez

- A fűtőáramot két részre osztjuk:

A melegedésért felelős disszipációs áram:

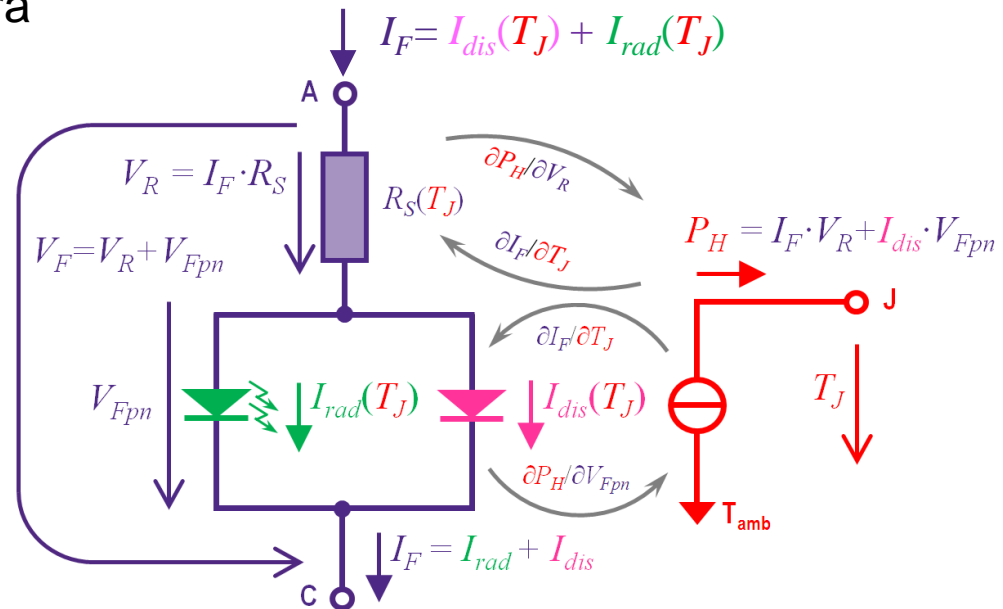
$$I_{dis}(V_{Fpn}) = I_{0_dis} \cdot [\exp(V_{Fpn} / (n_{dis} V_T)) - 1]$$

A fénygenerációért felelős áram:

$$I_{rad}(V_{Fpn}) = I_{0_rad} \cdot [\exp(V_{Fpn} / (n_{rad} V_T)) - 1]$$

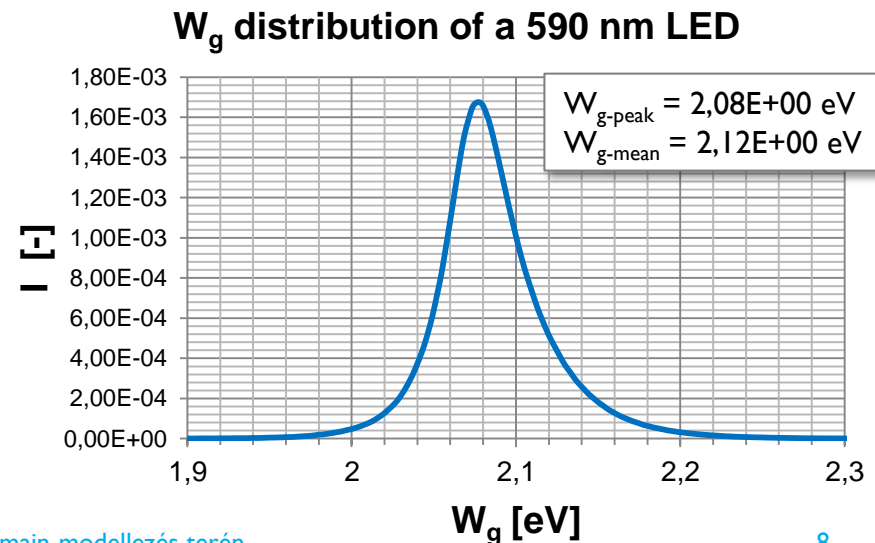
- Soros ellenállás figyelembe vétele:

- Hatása az I-V karakterisztikára
- Hatása a disszipációra



Új módszer az I_{rad} meghatározására

- Előző, egyszerűsített számítási módszer:
 - $I_{rad} = \Phi_e / V_{Fpn}$, ahol V_{Fpn} a belső pn átmenet feszültsége
 - A számításhoz szükség van az R_s modellparaméterre, amely már egy illesztett paraméter
- Az új számítási módszer:
 - $I_{rad} = \Phi_e \cdot q / W_g$, ahol W_g a tiltott sáv szélessége, amelyet egy mért spektrumból kapunk
 - Az új módszer előnye, hogy fizikai hátterű, így nincs szükség paraméterillesztésre

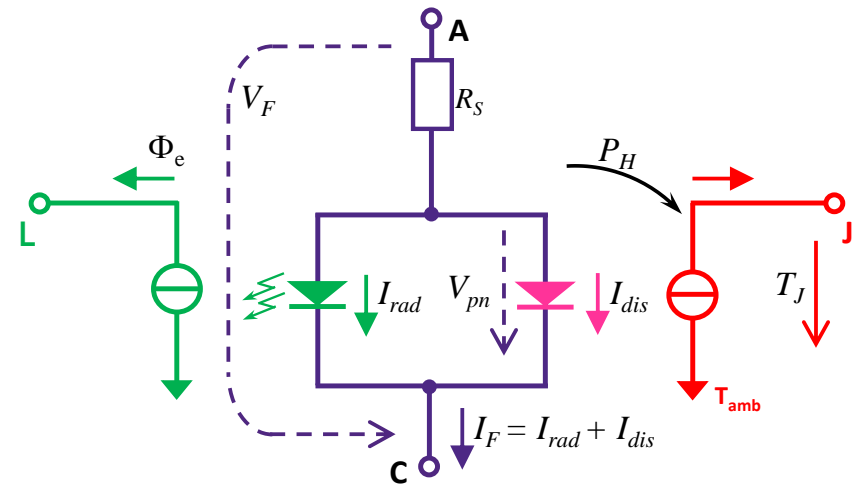


Az új modell kifejlesztésének első lépése

- Használjuk a meglévő modellt, **de:**
- I_{rad} -ot az optikai mérésekből határozzuk meg

$$W_g = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda_{peak}}$$

$$I_{rad} = q \cdot \frac{\Phi_e}{W_g}$$



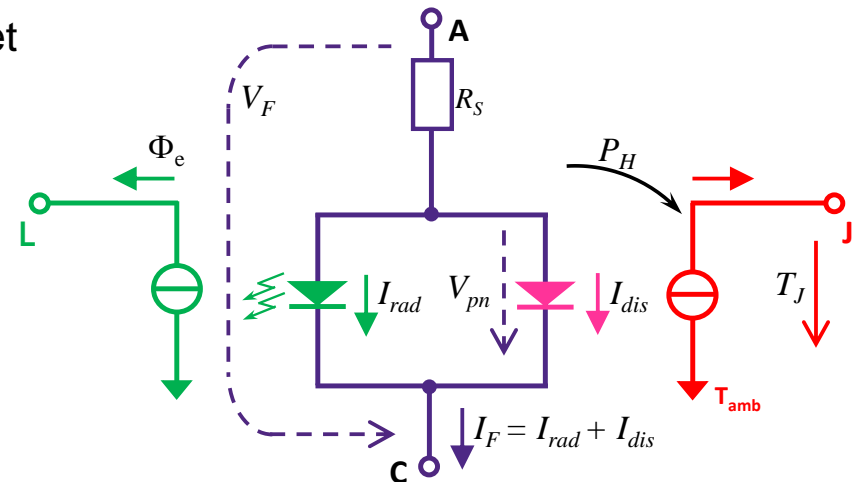
R_S meghatározása (optimalizáció)

- Optimalizáljuk R_S értéket úgy, hogy a disszipáló diódára vonatkozó Shockley egyenlet minél jobban illeszkedjen a mért adatokra

$$I_{dis} = I_F - I_{rad}$$

$$V_F = I_F \cdot R_S + \underbrace{m_{dis} \cdot U_T \cdot \ln\left(\frac{I_{dis}}{I_{0,dis}}\right)}_{V_{pn}\text{-re vonatkozó Shockley egyenlet}}$$

V_{pn} -re vonatkozó
Shockley egyenlet

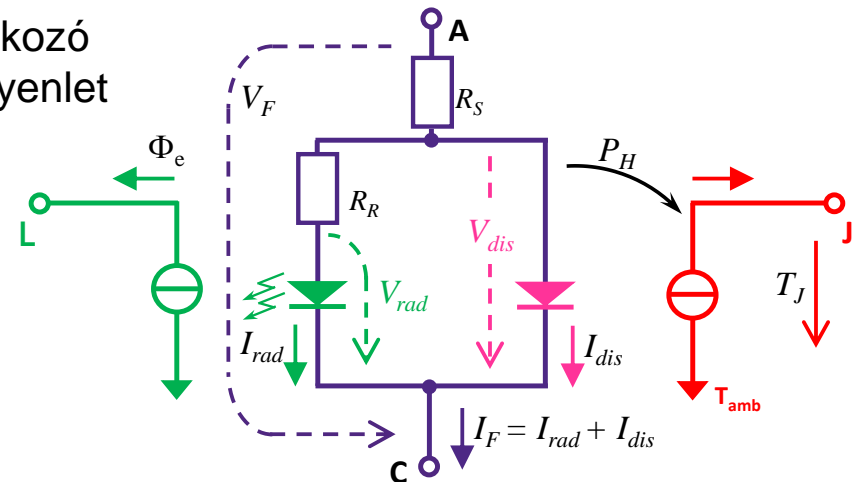


Javított LED modell

- Az előző modell nagy áramoknál a fluxust túlbecsüli, nem vesz tekintetbe egyes veszteségeket
- R_R ellenállás beépítésével jobb eredményeket kapunk
- *Optimalizáljuk RR értéket úgy, hogy a radiatív diódára vonatkozó Shockley egyenlet minél jobban illeszkedjen a mért adatokra*

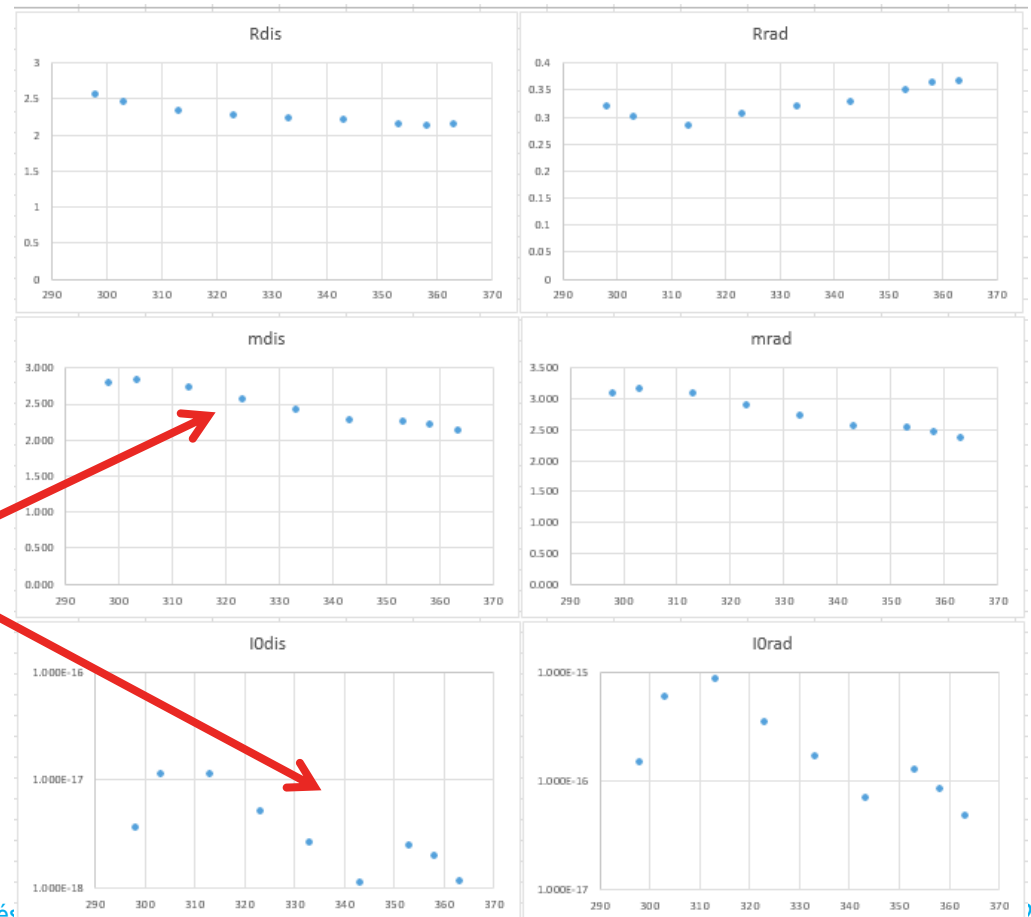
$$V_{dis} = I_{rad} \cdot R_R + m_{rad} \cdot U_T \cdot \ln\left(\frac{I_{rad}}{I_{0,rad}}\right)$$

V_{rad} -ra vonatkozó
Shockley egyenlet



Modell paraméterek (1)

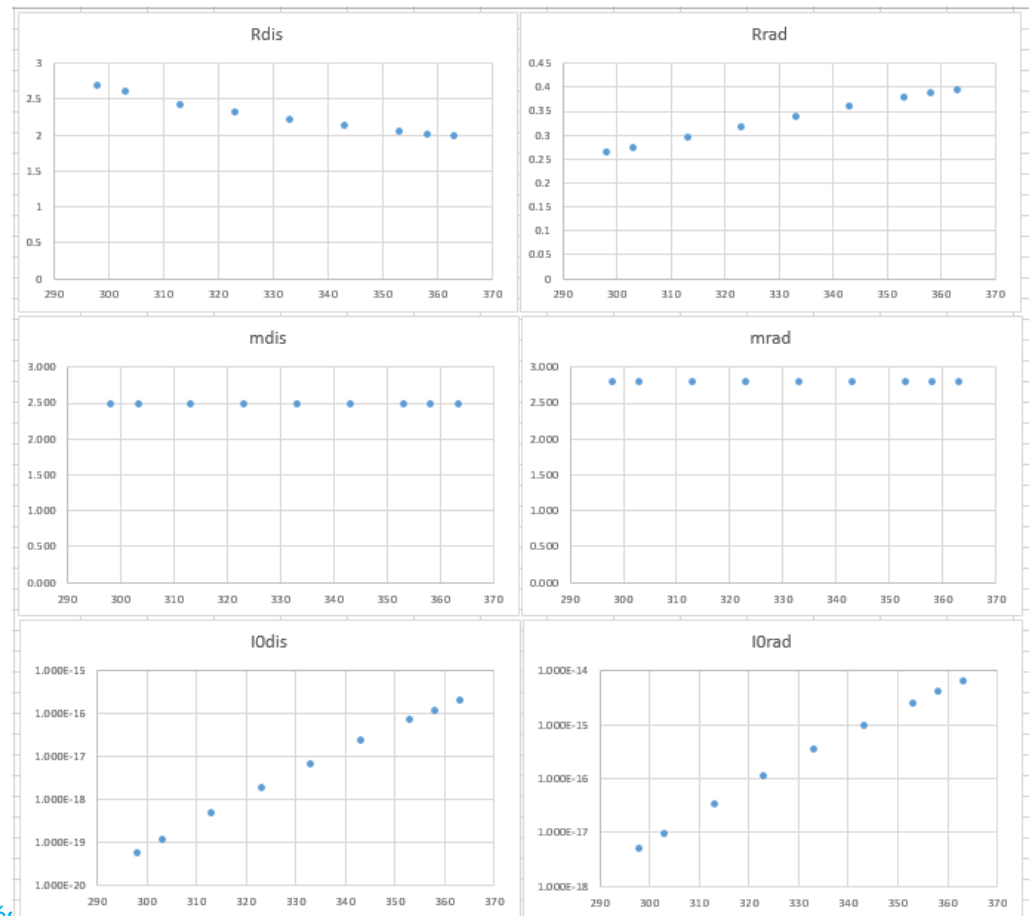
- Az összes mért hőmérsékletre elvégzett optimalizációs lépések után a modellparaméterek a hőmérséklet függvényében változatos értékeket mutatnak
 - PI. 3535L kék LED



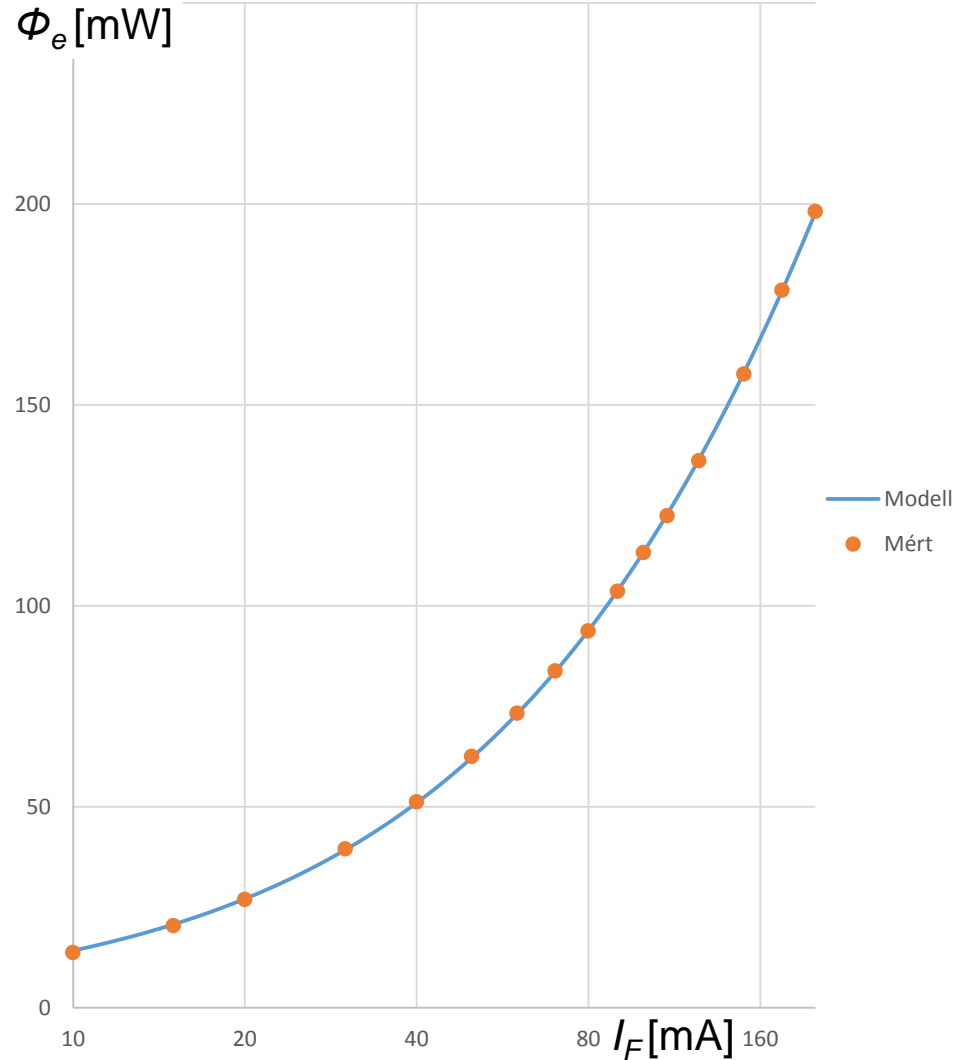
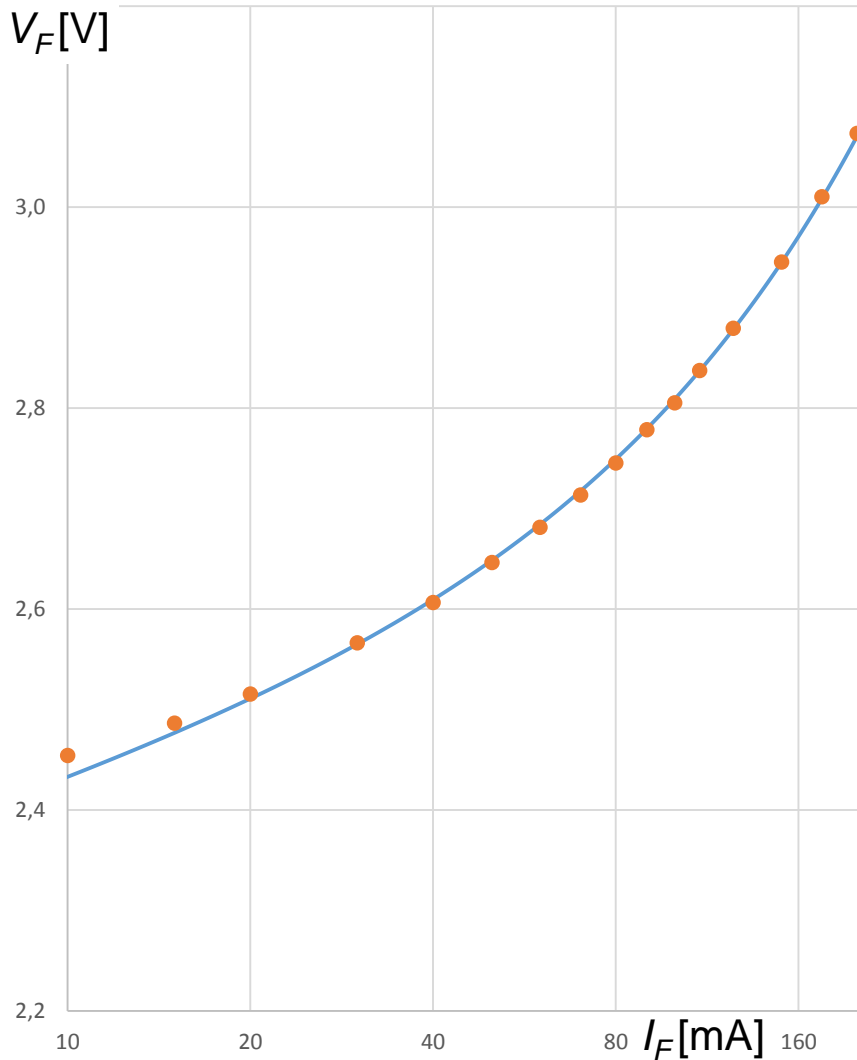
A Shockley egyenlet exponenciális természete miatt az m tényező kis megváltozása is nagy ugrást okoz az I_0 szaturációs áramban

Modell paraméterek (2)

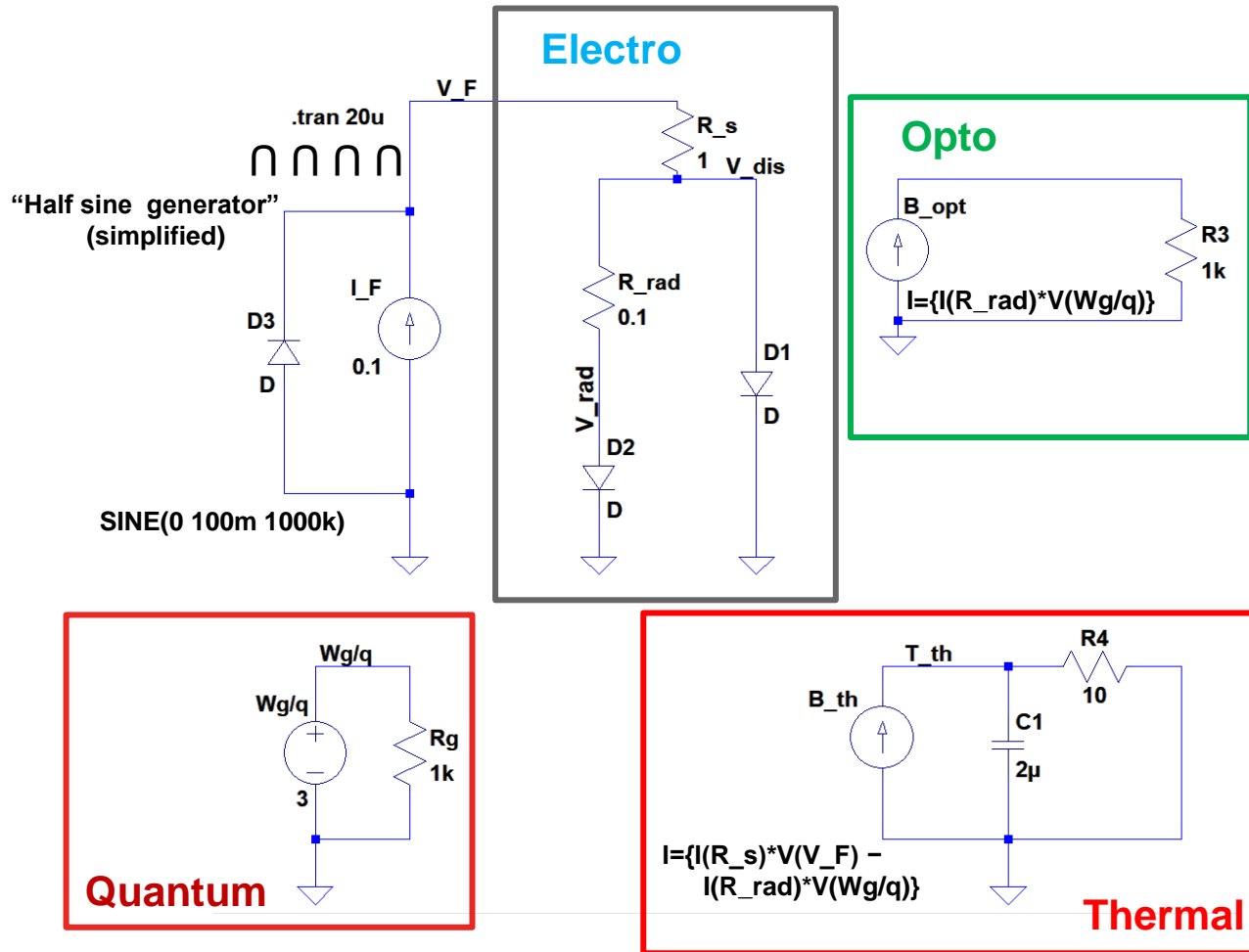
- m_{dis} és m_{rad} paramétereket rögzítettük egy átlagos értéken a mért tartományban
- Újra lefutattuk az optimalizációt
- Így a paraméterek hőmérsékletfüggése modellezhető tendenciákat mutat



Nyitófeszültség és fluxus eredmények egy hőfokra

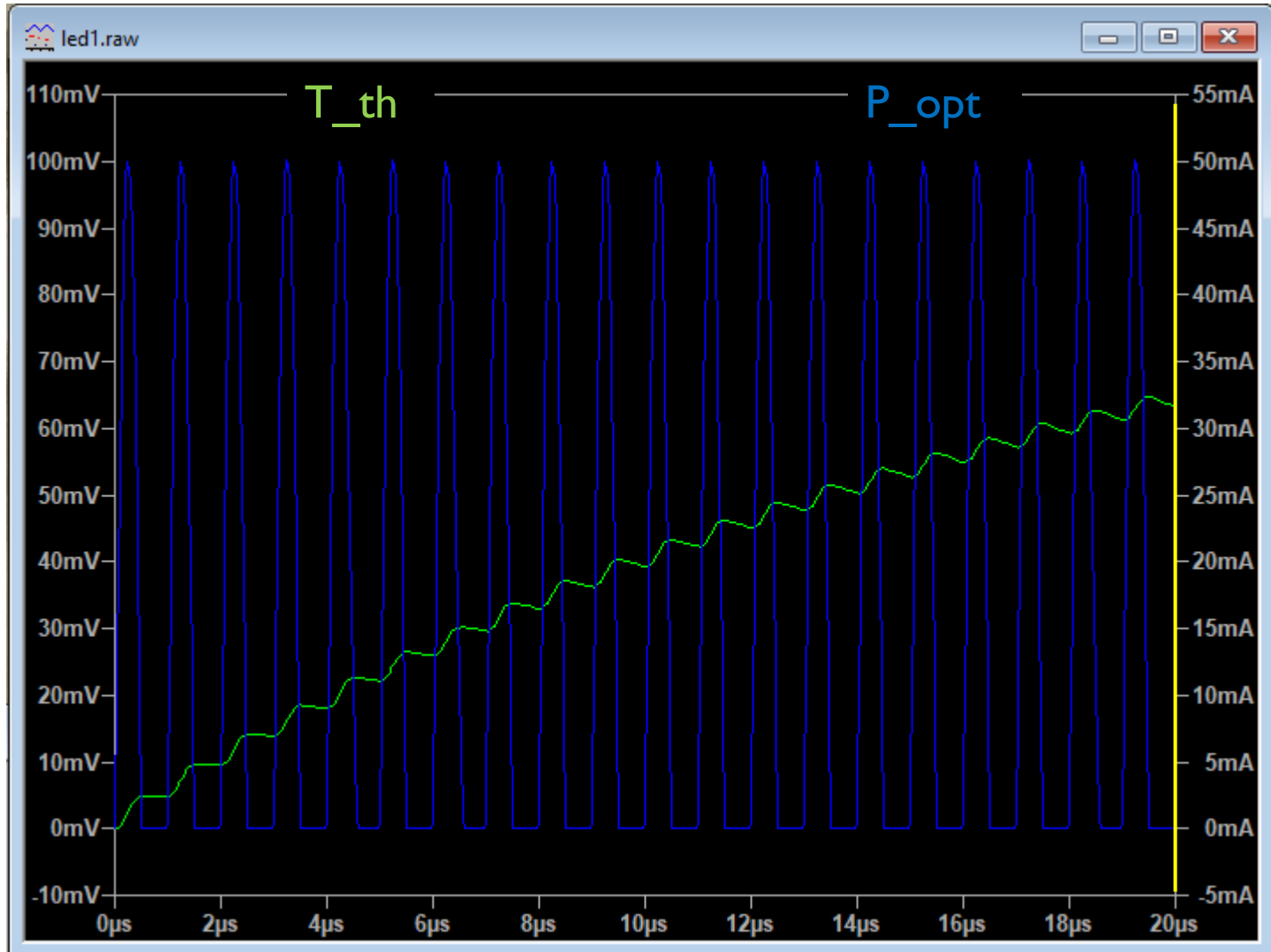


Spice modell



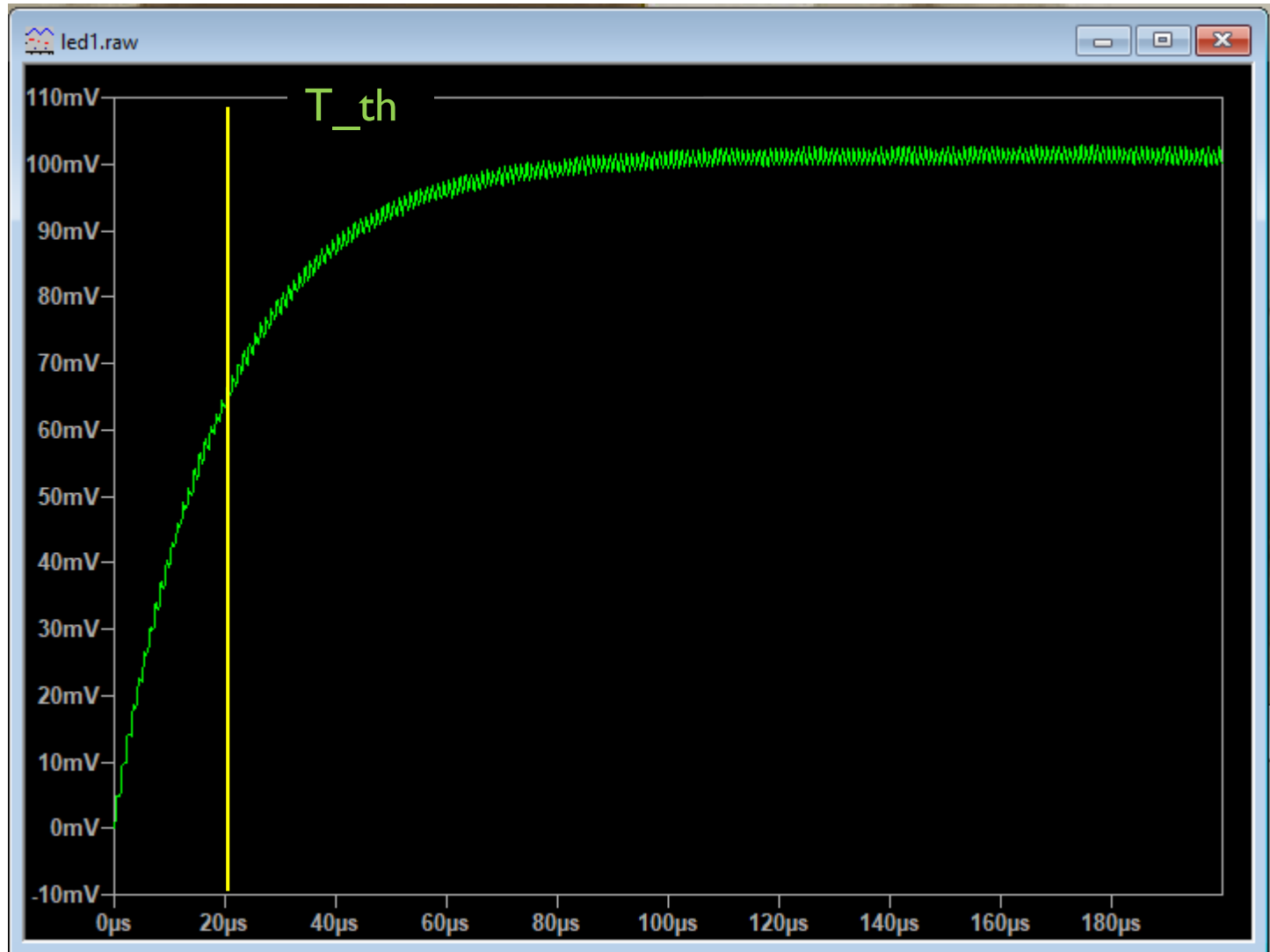
Szimulált tranziens, fluxus és átmenet hőfoka

Bekapcsolás



Szimulált tranziens, fluxus és átmenet hőfoka

Stabilizálódás



Köszönetnyilvánítás

A Delphi4LED projekt
az Európai Unió H2020-as keretprogramja,
ECSEL Közös Kezdeményezése

és
a Nemzeti Kutatási és Innovációs Alap

társfinanszírozásával valósul meg
a **H2020 ECSEL RIA 692465** sz. és a **NEMZ_16-1-2017-0002** sz.
támogatási szerződések keretén belül.

