



ELTE

FACULTY OF
SCIENCE

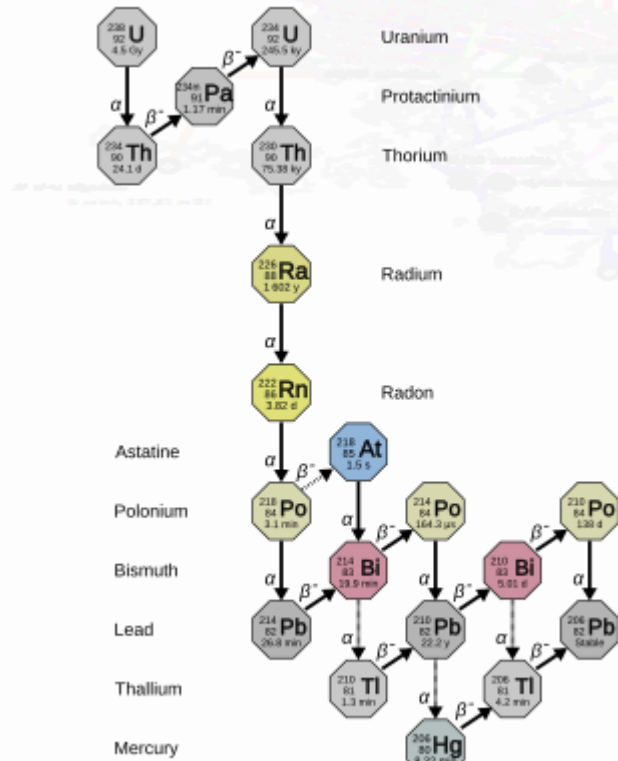
Alfa részecskék detektálására alkalmas mérőműszer fejlesztése

Tóth Szabolcs, Horváth Ákos, Máthé Kálmán

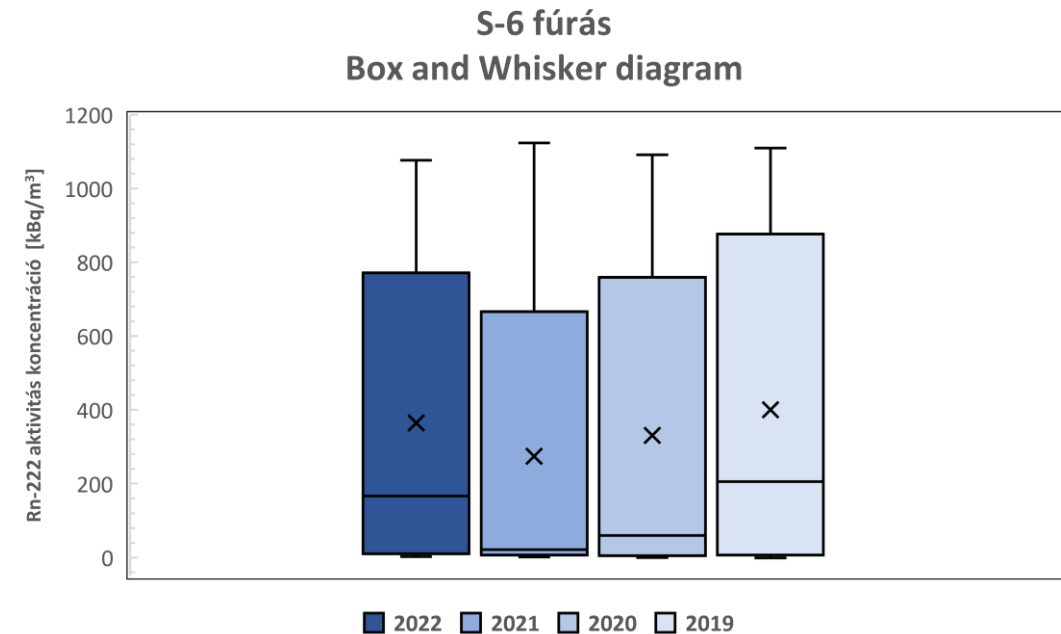
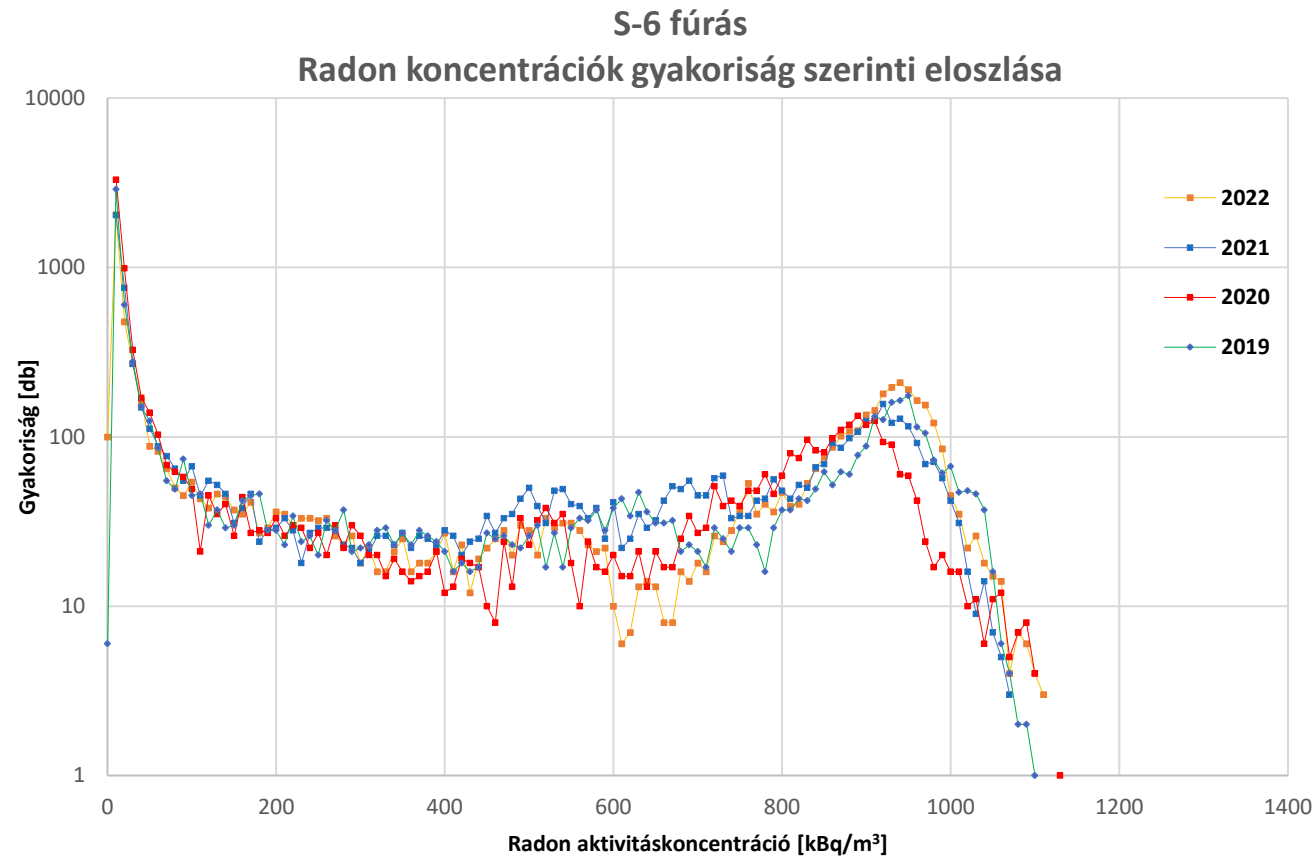
PhD hallgató

L. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam, Hajdúszoboszló, 2025. április 7–9.

Bevezetés

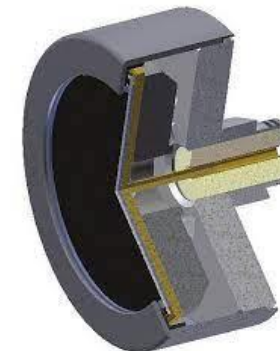


Korábbi mérések eredményei



Fejlesztés során kitűzött célok

- Alfa részecskékre legyen csak érzékeny
- Energiaszelektivitás, linearitás
- Modularitás, könnyű integrálhatóság
- Alacsony áramfelvétel (max. 2-5 mA)
- Zavarszűrő „dobozolás”
- Alacsony bekerülési költség (max. 30.000 Ft)
- Felhasználási területek
- Alfa spektrometria, Rn-222 és leányelemeinek mérése levegőben



Fotodiódák kiválasztásának szempontjai

Gyártó	Advanced Photonix	Hamamatsu	Excelitas Technologies
	SLCD-61N5	S3590-06	VTH2120
Aktív felület	93,51 mm ²	100 mm ²	100 mm ²
Kapacitás	<2 nF (at $V_R=0$ V)	40 pF (at $V_R=70$ V)	<120 pF (at $V_R=30$ V)
Kiürített tartomány méret	>0,01 mm	max. 0,3 mm	>0,09 mm
Sötétáram	max. 3,3 μ A (at $V_R=5$ V)	2-6 nA (at $V_R=70$ V)	<10 nA (at $V_R=40$ V)
Átütési feszültség	max. 20 V	max. 100 V	>100 V
Spektrális érzékenység	400-1100 nm (max. 930 nm)	340-1100 nm (max. 960 nm)	N/D
Ár	15,80 Euro	165,60 Euro	8,60 Euro
Hivatkozás	Luca Gugliermetti et al: Alpha spectrometry with the inexpensive open-source detector Alphaino	G. Pronost et al: Development of new radon monitoring systems in the Kamioka mine	-

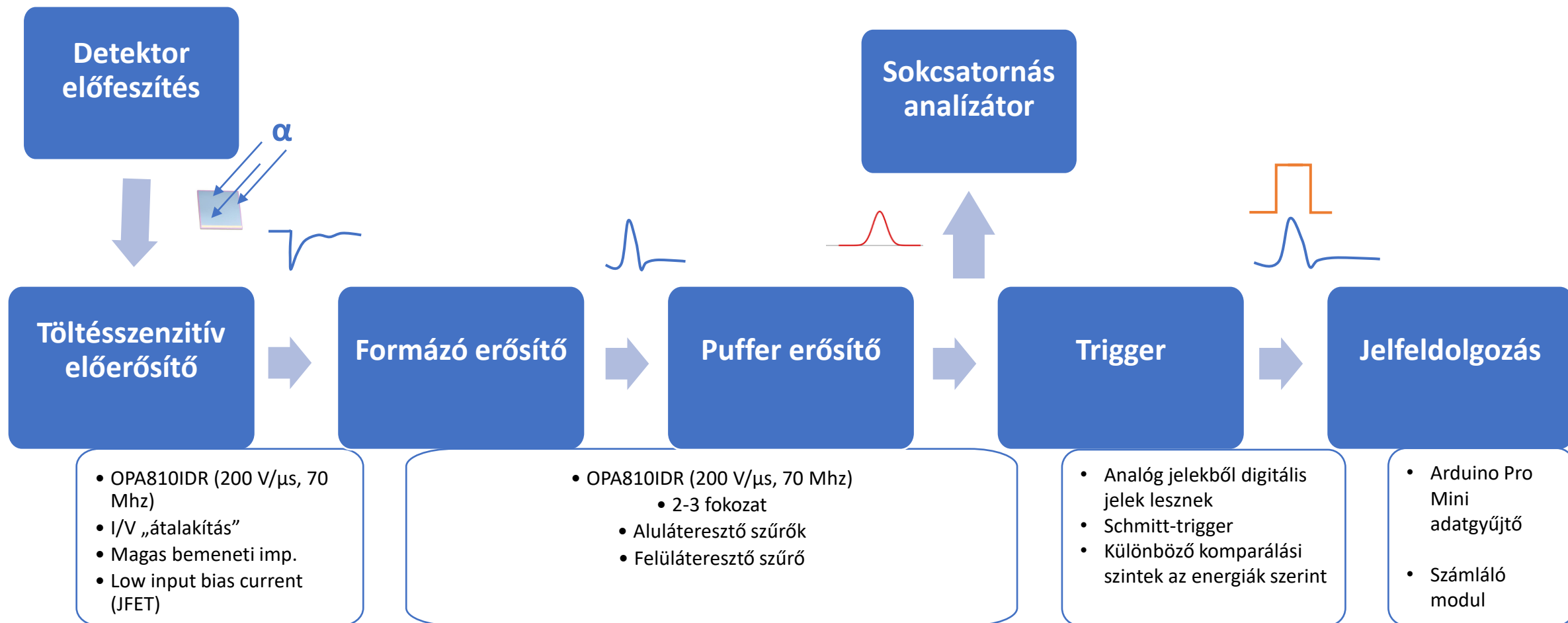
Műveleti erősítő kiválasztásának szempontjai

- **JFET, CMOS bemenet a DC hibák csökkentésére**
- **Kis bemeneti áram** (pA, fA tartomány)
- Alacsony zaj (nV tartomány)
- Magas jelváltozási sebesség (több mint **10 V/μs**)
- **GBW érték: 70 Mhz**
- Offset **drift: <10 μV/°C**
- Alacsony fogyasztás (~ **mA tartomány**)

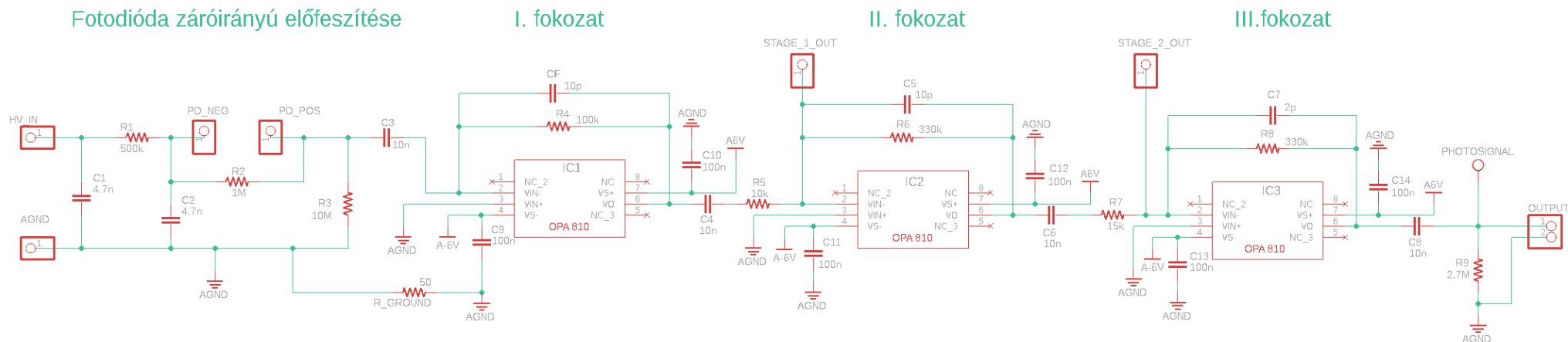
Teljesítmény optimalizálás

- Rail-to-Rail konfiguráció, szimpla tápos kivitelezés
- **Alacsony fogyasztás, nagy jelváltozási sebesség és nagy sávszélesség együtt nem lehetséges!**

Prototípus fejlesztése

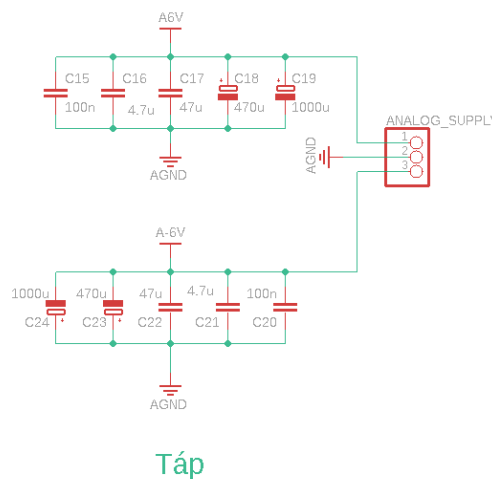


Prototípus fejlesztése II.



Töltésszenzitív erősítő erősítése:

$$G_c = \frac{V_{out}}{Q_s} = \frac{1}{C_f} = 0,21 \text{ V/pC}$$

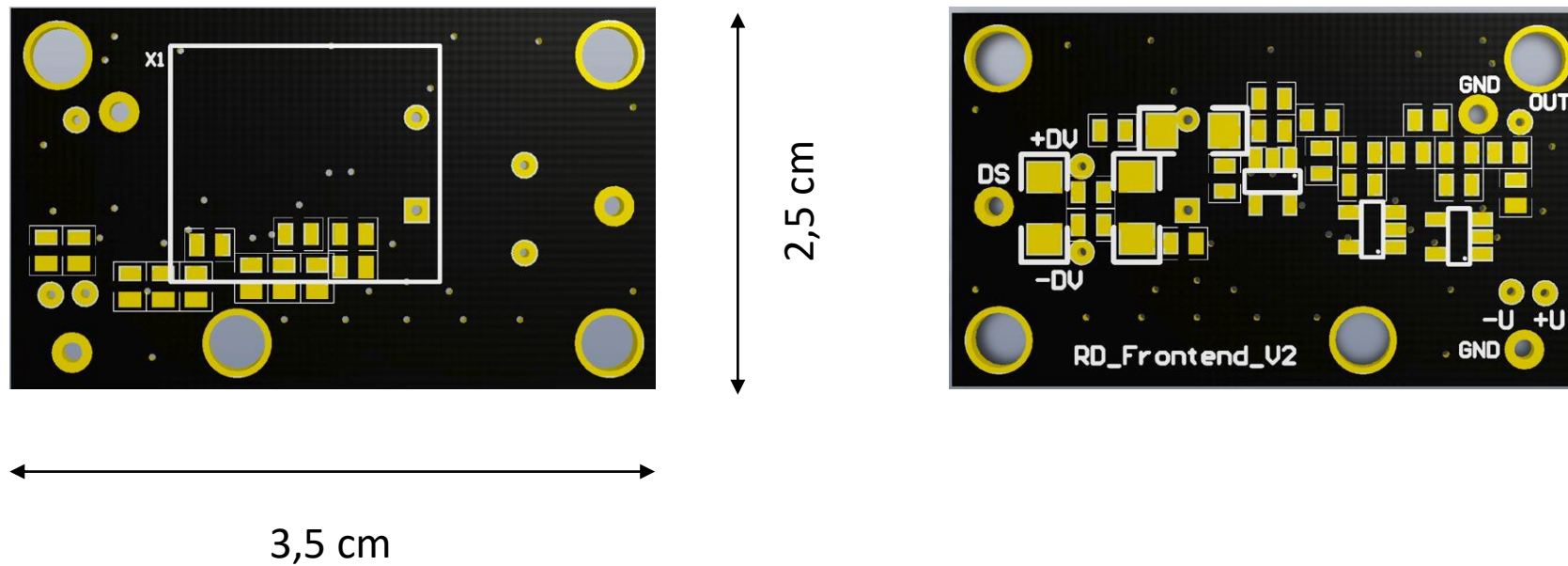


Töltésszenzitív előerősítő érzékenysége:

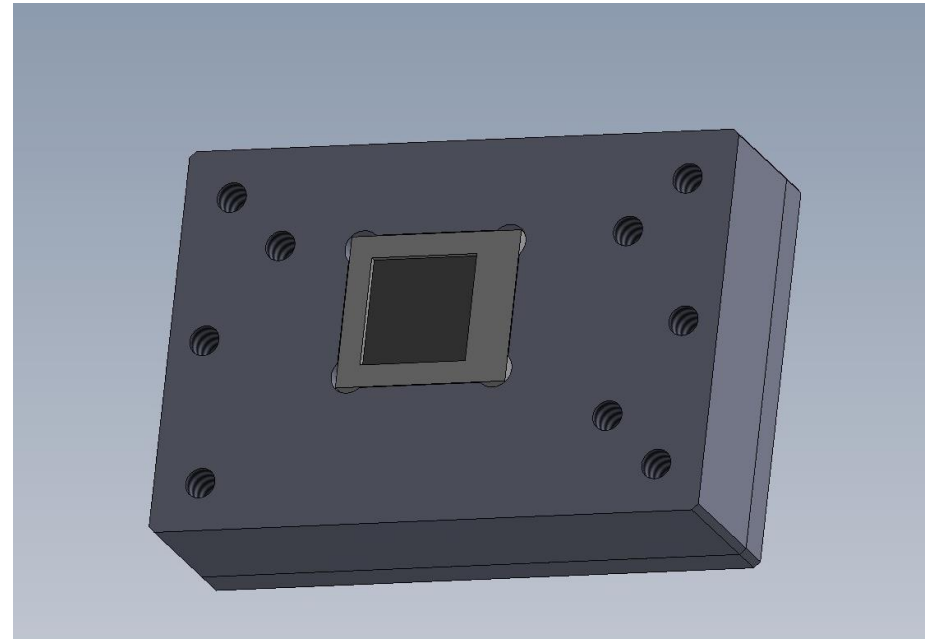
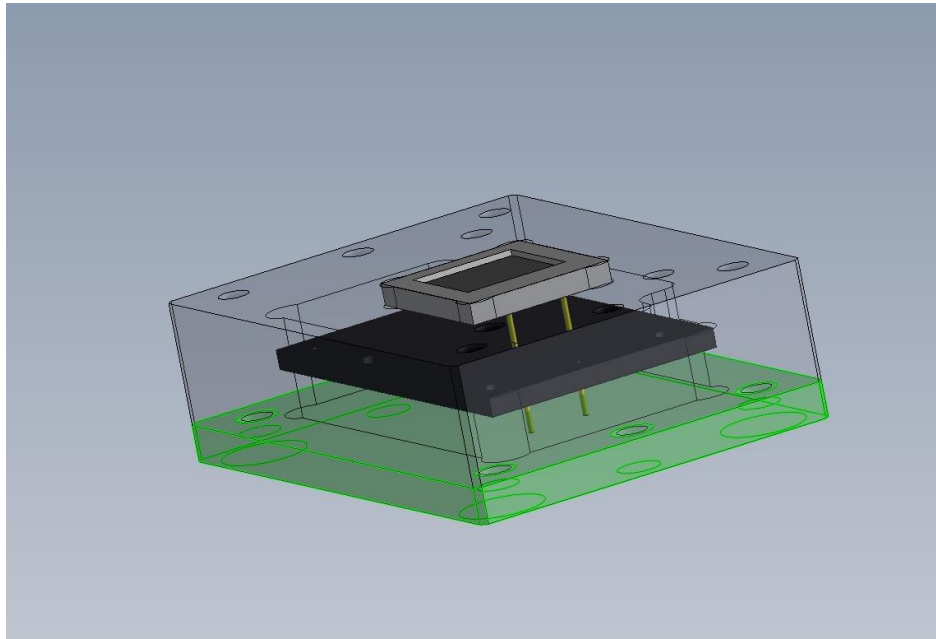
$$R_s = \frac{e^-}{C_f} \cdot \frac{1}{\varepsilon} = 94 \frac{\text{mV}}{\text{MeV}}$$

$$C_f = 4,7 \text{ pF}$$

Nyomtatott áramkör tervek



„Faraday-kalitka” elvét megvalósító tokozás



Első tesztek

Teszt az ^{241}Am alfa forrással

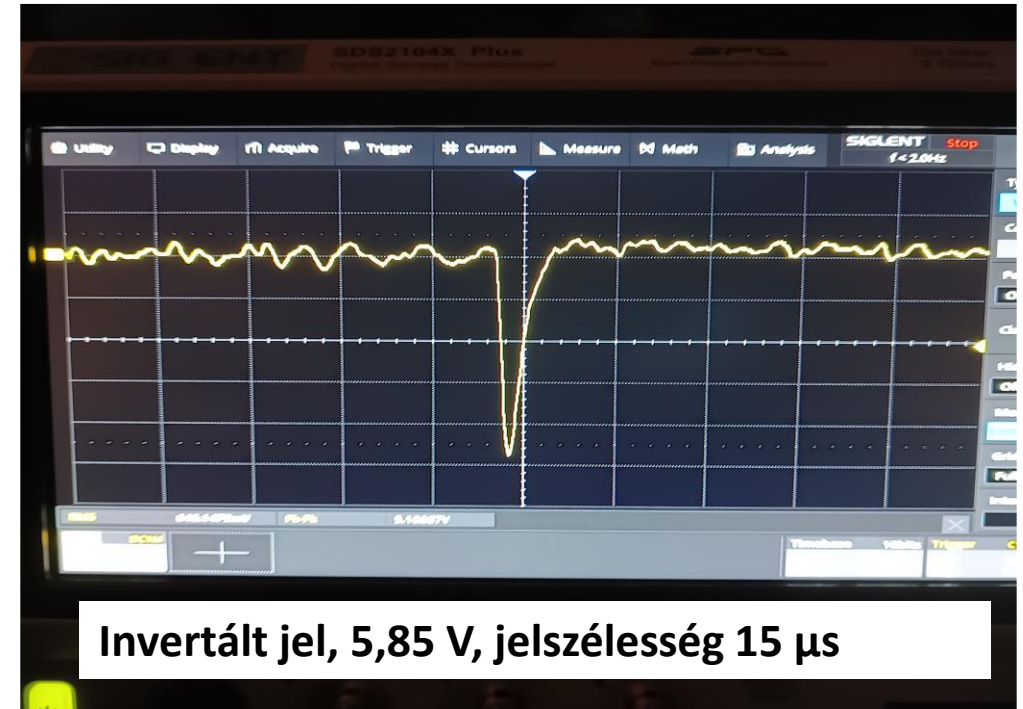


Oscilloszkóp

„Fekete doboz”

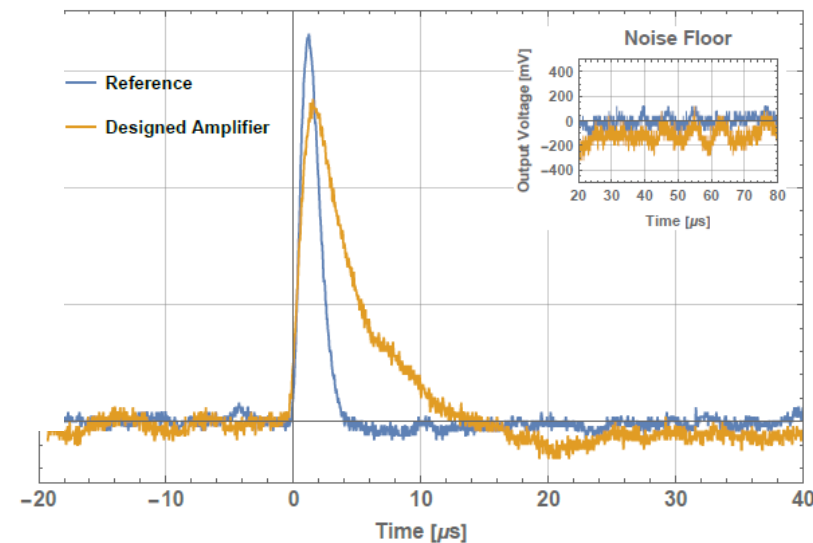
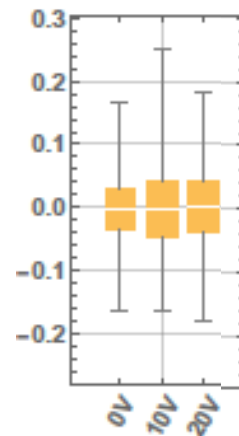
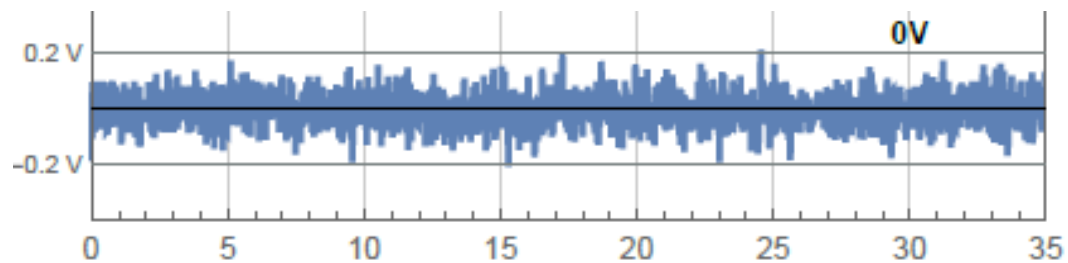
^{241}Am alfa forrás

Erősítő kimenetének vizsgálata



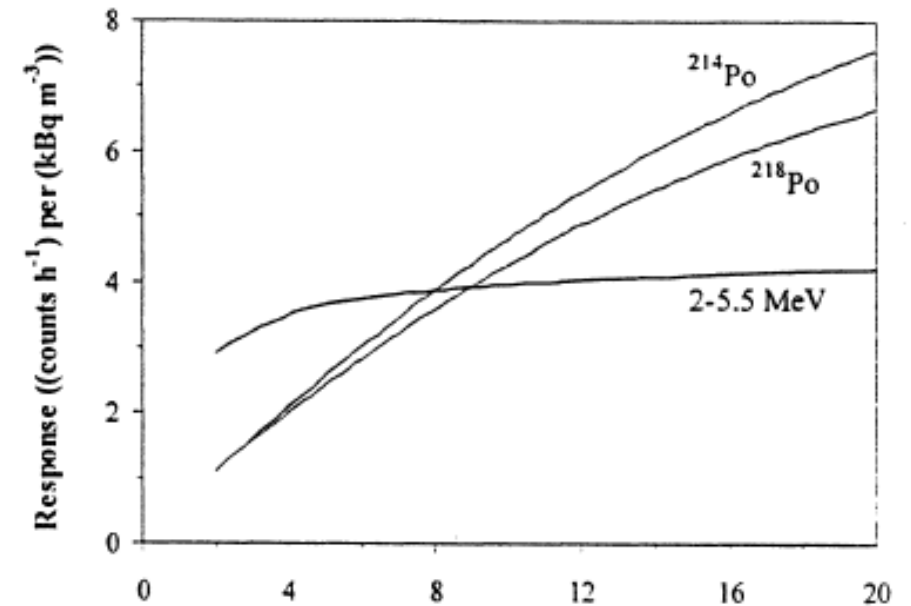
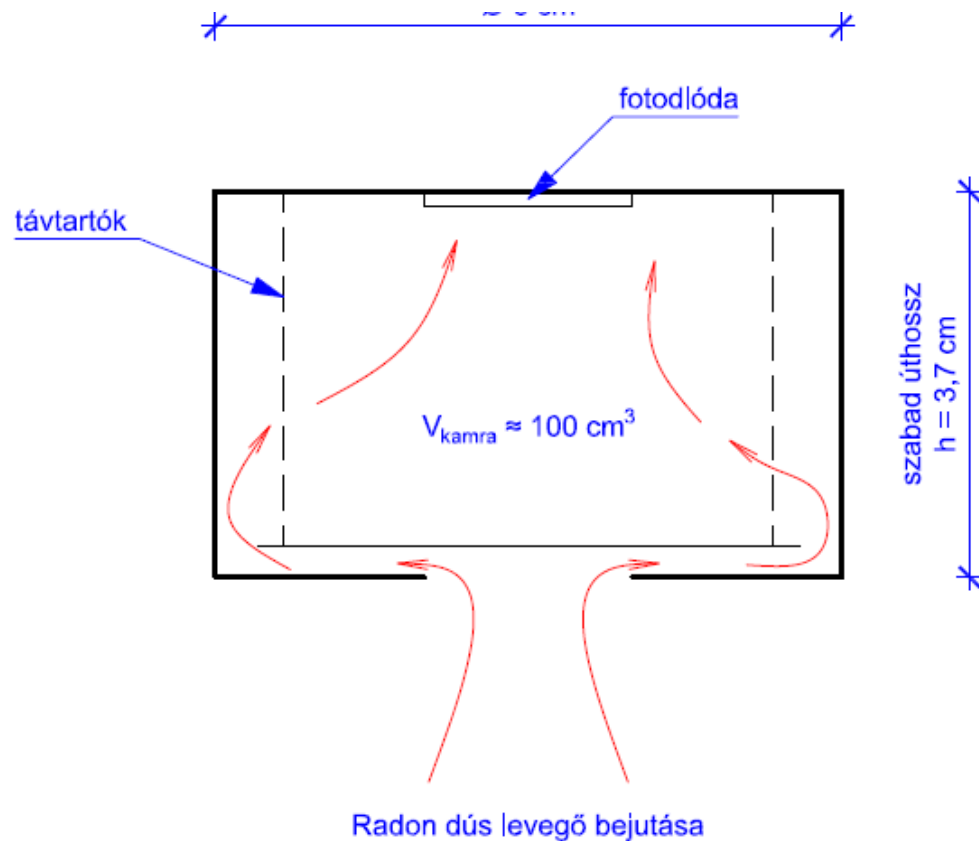
Invertált jel, 5,85 V, jelszélesség 15 μs

A tervezett erősítő jel/zaj viszonya



Mért/számított paraméter	Tervezett erősítő	Ortec 575
RMS [mV]	106,8	32,44
Peak-to-Peak [mV]	198	160
SNR [dB]	28	42

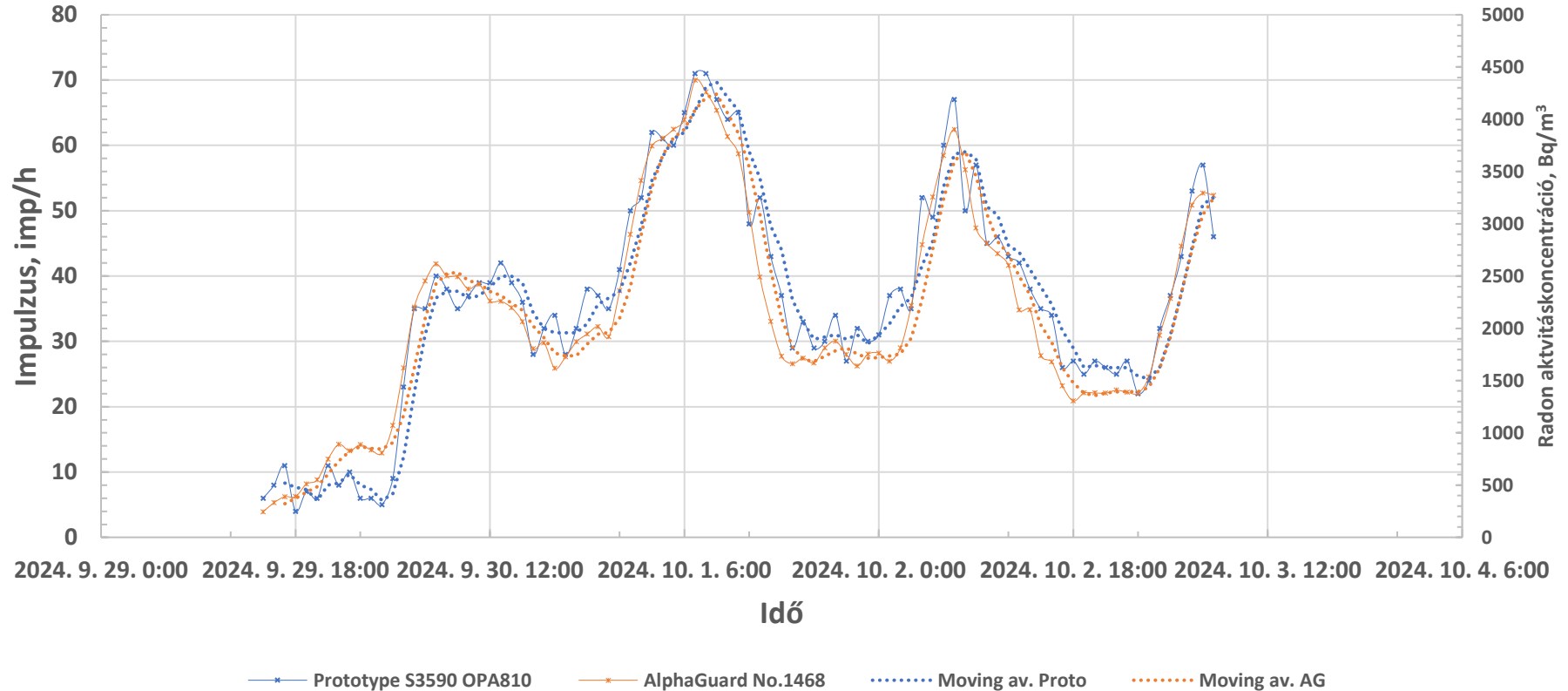
Diffúziós kamra kialakítása



Voytchev, M & Klein, D & Chambaudet, A & Georgiev, G. (2001). The use of silicon photodiodes for radon and progeny measurements. Health physics. 80. 590-6. 10.1097/00004032-200106000-00010.

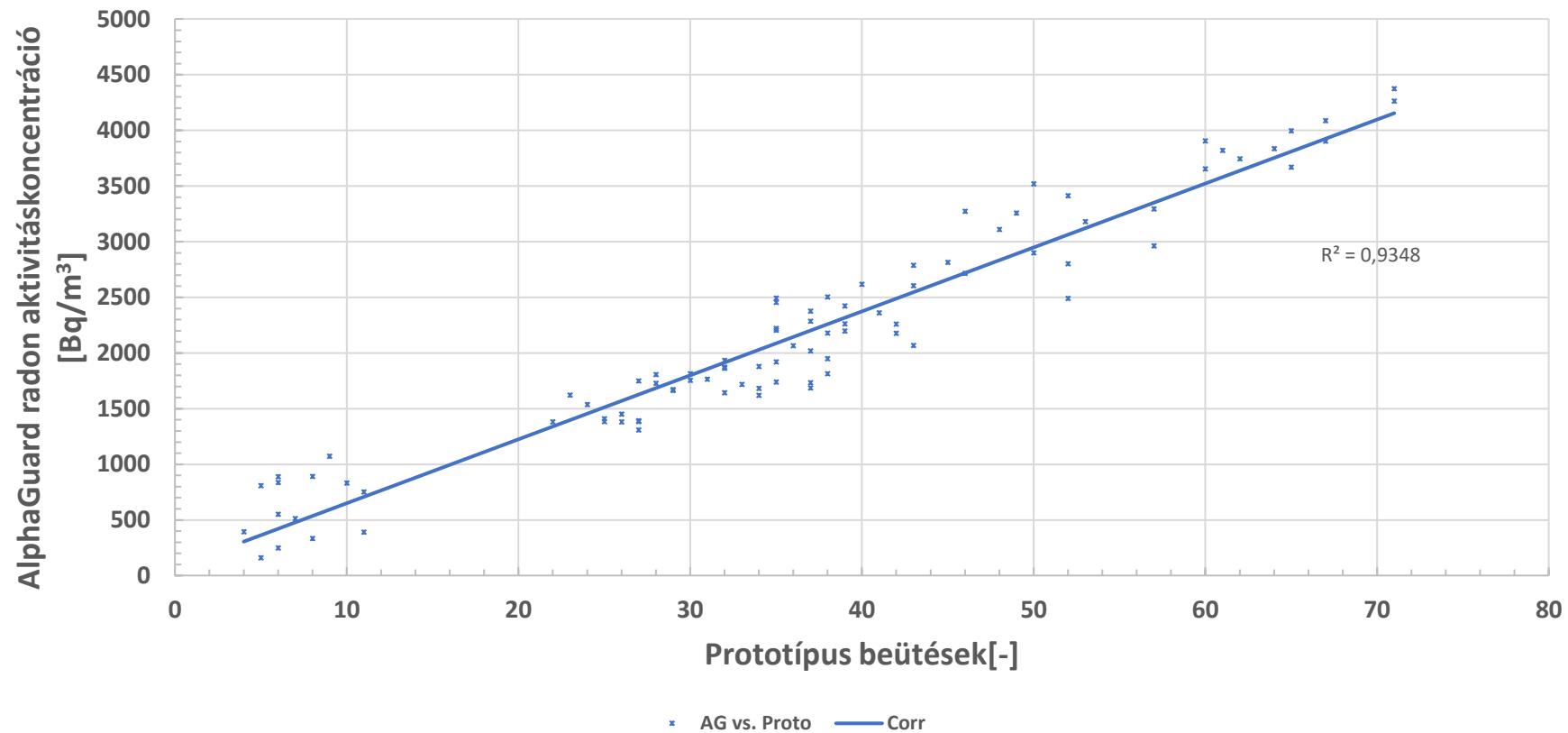
Első összemérések

AlphaGuard PQ2000 No. 1468 vs Prototype S3590 OPA810



Kiértékelés

AlphaGuard PQ2000 No. 1468 vs Prototype S3590 OPA810



Jövőbeli tervek

- Magasabb záróirányú feszültség (30...100V) kapcsolása a fotodiódára, kapcsolás és elektronika gyártása
- PIPS detektor tesztelése
- Sokcsatornás analízátorhoz való illesztés (FWHM vizsgálata)
- Diffúziós kamra modellezése (GEANT4)



ELTE

FACULTY OF
SCIENCE

Köszönöm a megtisztelő figyelmet!

Tóth Szabolcs

PhD hallgató

L. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam, Hajdúszoboszló, 2025. április 7–9.