

Neutronkoincidenciás adatgyűjtő rendszer fejlesztésének folytatása

■ OAH-ABA 41/15

Husztai József, Szirmai Károly

Vázlat

Előzmények, feladat célja

Eszközök

- PTR-32 adatgyűjtő hardver
- Szoftvercsomag

Megvalósítás

- Vétő-rendszer
- Feynman-féle kiértékelés
- Burr-féle hibaszámítás

Publikációk, irodalom

Előzmények

A fejlesztési munkák az SP1 A1667 támogatói program keretében folytak

2007: Egycsatornás prototípus

2008: 16 csatornás rendszer

2009: Bemutatás a NAÜ-ben

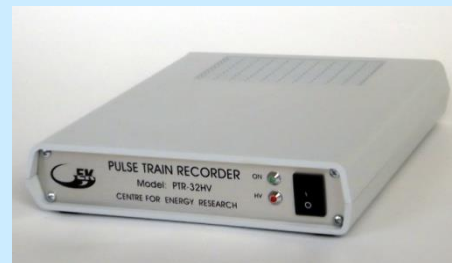
2010: Csatornaszám kezelés megvalósítása

2011: 32 csatornás változat a LANL részére

2012: Nagyfeszültségű tápegység beépítése

2013: FA algoritmus és INCC kommunikáció

2014: NAÜ elfogadta safeguards célú mérésekhez



Megvalósítandó feladatok

Másodlagos impulzusok vétója

- A megszólaló csatorna rövid időre letiltja a szomszédos csatornákat
- A leíró mátrix 1024 elemű
- Gondosan kidolgozott grafikus kezelői felület
- A hardveres megoldás növelné a mérhető tartományt

Feynman-féle kiértékelési algoritmus

- Csak egy eloszlással dolgozik

Burr-féle hibaszámítás

- Nagyon hosszadalmas képletek
- Tesztelése még mindig folyik

Eszközök

Adatgyűjtő hardver

- Egy programozható logikai céláramkörre alapul
- Vezérlés USB vonalon keresztül PC-ről

Szoftver

- Adatgyűjtés vezérlése
- Nagyfeszültségű plató felvétele
- Multiplicitás eloszlás számítása
- Rossi-alfa spektrum
- Adatok exportálása
- Segédprogramok

32 csatornás adatgyűjtő hardver

- Fejlesztése több éve folyik a magyar támogatói programban
- A beérkező impulzusok közötti időtartamot rögzíti (követési idő)
- A követési idő mellett a csatornaszámot is rögzíti
- A magas órajel frekvencia miatt nincs szükség derandomizálásra
- Csatornák veszteségmentes összefésülése
- Beépített, szoftver vezérelésű nagyfeszültségű tápegység



PTR-32HV műszaki adatok

Impulzus gyakoriság: 1 cps – $2,5 \cdot 10^6$ cps

Időbeli felbontás: ± 5 ns

Bemenő jel: > 20 ns TTL impulzus

Bemenő csatlakozó: 37 pólusú Canon

Kimenet: USB 2.0

Tápellátás: 5 VDC, 2.5 A adapter

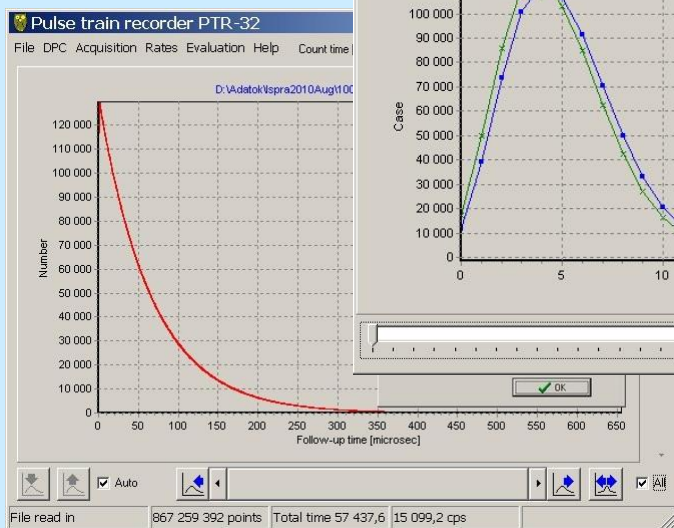
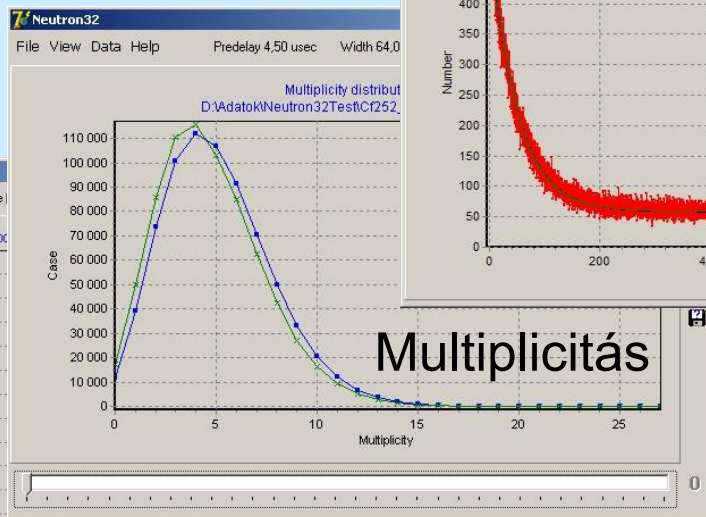
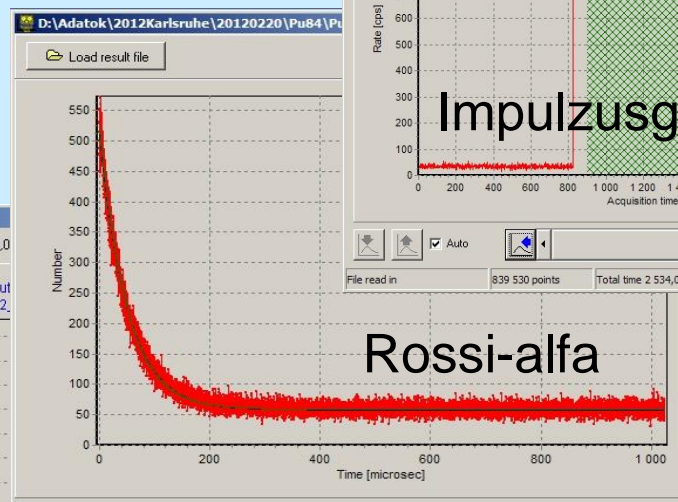
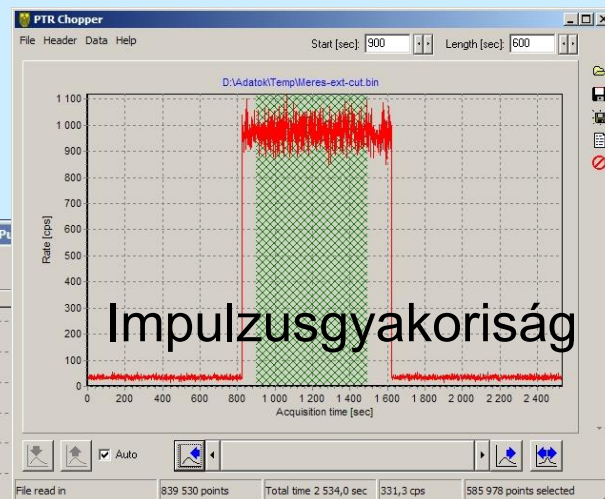
Méret: 180 mm * 200 mm * 40 mm

Nagyfeszültség: 2kV, 500 μ A

Szoftvercsomag

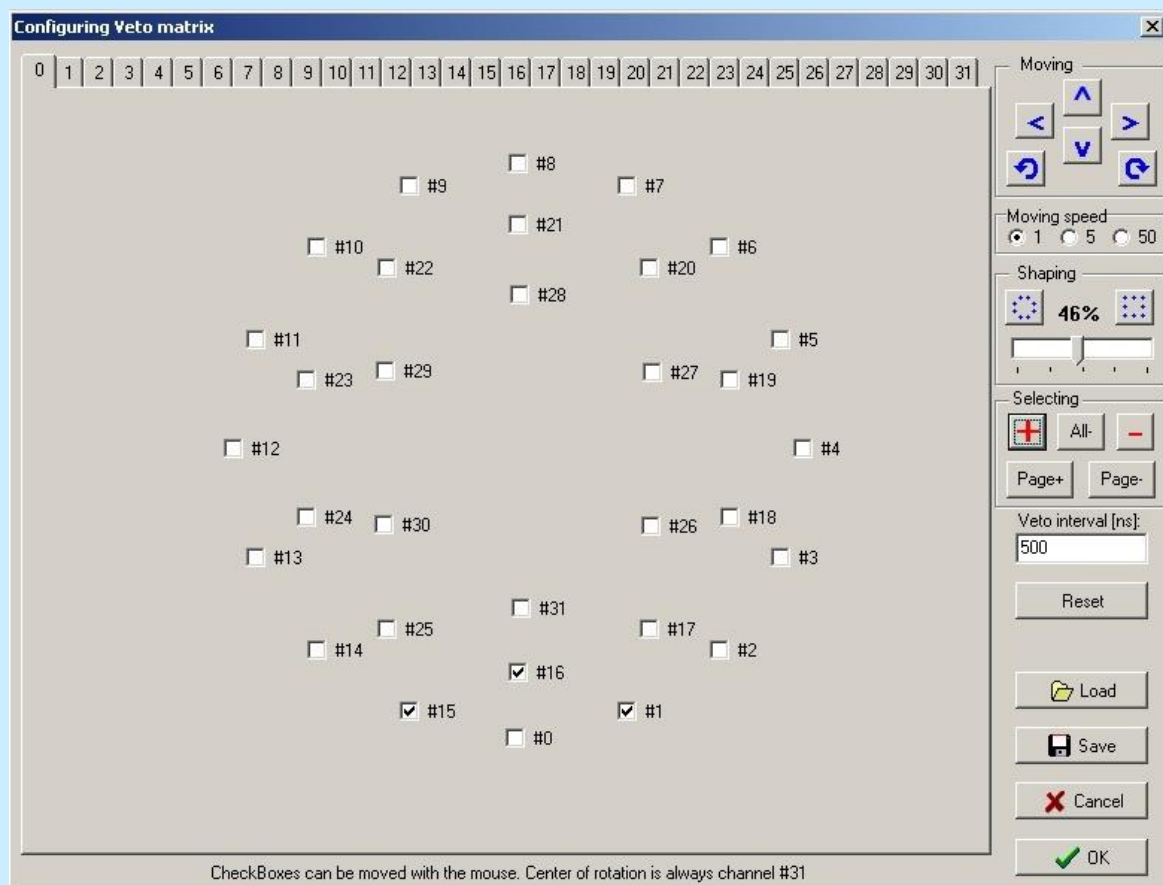
Négy, önállóan is
használható program

Ugyanazon
adatsor különféle
nézetei



Vétő-rendszer felhasználói felülete

- A csatornákat jelképező mezők egérrel mozgathatók a lapon
- A csoportok eltolhatók, forgathatók és alakzatba rendezhetők
- A mezőket a valóságos fizikai helyzetüknek megfelelően lehet elrendezni
- Csatornánként megadhatók a vétőzött szomszédok
- A konfiguráció szöveges fájlba menthető és visszatölthető



Feynman-féle kiértékelés

Az első három normalizált momentumot (b_1, b_2, b_3) használja

➤ q_i a normalizált multiplicitások

➤ w_i a kapu faktorok

$\dot{S}, \dot{D}, \dot{T}$ a koinc. gyakoriságok

Szükséges a kihálási idő ismerete

➤ D függése az ablakszélességtől:

$$D = D_{\max} (1 - e^{-G/\tau})$$

➤ Listázó módú kiértékeléshez csak egy mérésre van szükség

➤ Rossi-alpha: $N(t) = A + R \cdot e^{-t/\tau}$

$$b_1 = \sum i \cdot q_i$$

$$b_2 = \sum i(i-1)q_i$$

$$b_3 = \sum \frac{i(i-1)}{2} q_i$$

$$\dot{S} = \frac{b_1}{G \cdot w_1}$$

$$\dot{D} = \frac{1}{G \cdot w_2} \left(b_2 - \frac{b_1^2}{2} \right)$$

$$\dot{T} = \frac{1}{G \cdot w_3} (b_3 - b_1 b_2 + b_1^3)$$

$$w_1 = 1$$

$$w_2 = 1 - \frac{\tau}{G} \left(1 - e^{-\tau/G} \right)$$

$$w_3 = 1 - \frac{\tau}{2G} \left(3 - 4e^{-\tau/G} + e^{-2\tau/G} \right)$$



Burr-féle hibaszámítás

- A véletlenszerű és triggerelt esetek kezelése
- Nem átfedő ablakokra egzakt értéket ad
- Átfedő ablakok esetén jó közelítés
- Hatodrendű momentumokat használ
- Nagyon terjedelmes képletek

$$\text{cov}(M_3, M_1 M_2) = A + B + C$$

$$\text{cov}(M_1 M_2, M_3 / 3) = G - H$$

$$\text{cov}(M_1 M_2, M_3 / 3) = G - H$$

$$m_2 = -\sum_{j=2}^n j(j-1) \cdot b_j$$

$$A = \frac{n}{2} [n \cdot m_6 + n(n-1)m_3^2 + n(n-1)(n-2)m_3 m_2 m_1 + n(n-1)m_3 m_1 + n(n-1)m_4 m_2$$

$$+ \frac{12n^3}{6} \{ n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1 \}$$

$$- \frac{n}{2} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$+ \frac{2n}{2} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$+ \frac{1}{n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$- \frac{1}{2n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$+ \frac{1}{3n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$- \frac{1}{4n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$+ \frac{1}{5n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$- \frac{1}{6n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$+ \frac{1}{7n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$- \frac{1}{8n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$+ \frac{1}{9n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$- \frac{1}{10n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$+ \frac{1}{11n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$- \frac{1}{12n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$+ \frac{1}{13n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$- \frac{1}{14n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$+ \frac{1}{15n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$- \frac{1}{16n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$+ \frac{1}{17n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$- \frac{1}{18n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$+ \frac{1}{19n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$- \frac{1}{20n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$+ \frac{1}{21n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

$$- \frac{1}{22n} [n(n-1)m_3 m_1 + 2n(n-1)m_3 m_2 + 4n(n-1)m_4 m_1 + 3n(n-1)(n-2)m_3^2 + 6n(n-1)m_3 m_1]$$

Publikációk

Előadás a Safeguards Symposium-on

- J. Huszti and D.H. Beddingfield: Development of a Pulse-Train Recorder for Safeguards

Adatfeldolgozási ajánlás listázó módú mérésekhez

- D.H. Beddingfield , M.T. Swinhoe, J. Huszti and M.R. Newell: A Prescription for List-Mode Data Processing Conventions; LANL 2015, LA-UR-15-27846

Irodalom

1. N. Ensslin et al.: Application Guide to Neutron Multiplicity Counting; LANL Report, 1998, LA-13422-M
2. D.M. Cifarelli, W. Hage: Models for a three-parameter analysis of neutron signal correlation measurements for fissile material assay; NIM A 251 (1986) pp. 550-563
3. S. Croft et al.: Extraction of correlated count rates using various gate generation techniques; NIM A 691 (2012) 152–158
4. N. Dytlewski et al.: Measurement variances in thermal neutron coincidence counting; NIM A 327 (1993) pp. 469-479
5. T. Burr, K. Butterfield: Variance results for the second and third reduced sample moments in neutron multiplicity counting for randomly triggered or signal-triggered counting gates; NIM A 594(2008) pp. 257-265.



Köszönöm a figyelmüket!

Lásd még:

http://www.iki.kfki.hu/radsec/groups/neutron_en.shtml

huszti.jozsef@energia.mta.hu