

# Kotna korelacija anihilacijskih žarkov $\gamma$

Martin Šifrar

5. februar 2023

## 1 Naloga

1. Inicializiraj časovno-digitalni pretvornik na plošči Red Pitaya in opravi kalibracijo.
2. Izmeri ločljivost časovno-digitalnega pretvornika.
3. Izmeri porazdelitev časovnih intervalov med razpadi radioaktivnega vira.
4. Poišči koincidence anihilacijskih žarkov in izmeri njihovo kotno korelacijo.

## 2 Meritve

### 2.1 Ločljivost TDC-jev

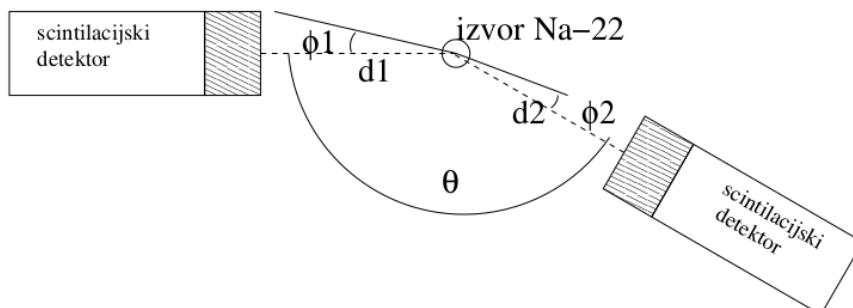
Za oceno ločljivosti oba TDC-ja priklopimo na isti signal (en izmed scintilatorjev). Ko pomerimo porazdelitev medkanalnih časov, bomo nekje blizu 0 videli oster vrh. V idealnem primeru bi bil tak vrh točno na ničli in bi imel širino 0. V dejanskem primeru dobimo nek spekter. Ločljivost lahko ocenimo kot RMS odmik od idealnega sovpadanja. V programu razberemo, da je ta RMS odmik (oz. standardna deviacija)

$$\sigma_t = 2.4 \text{ ns}.$$

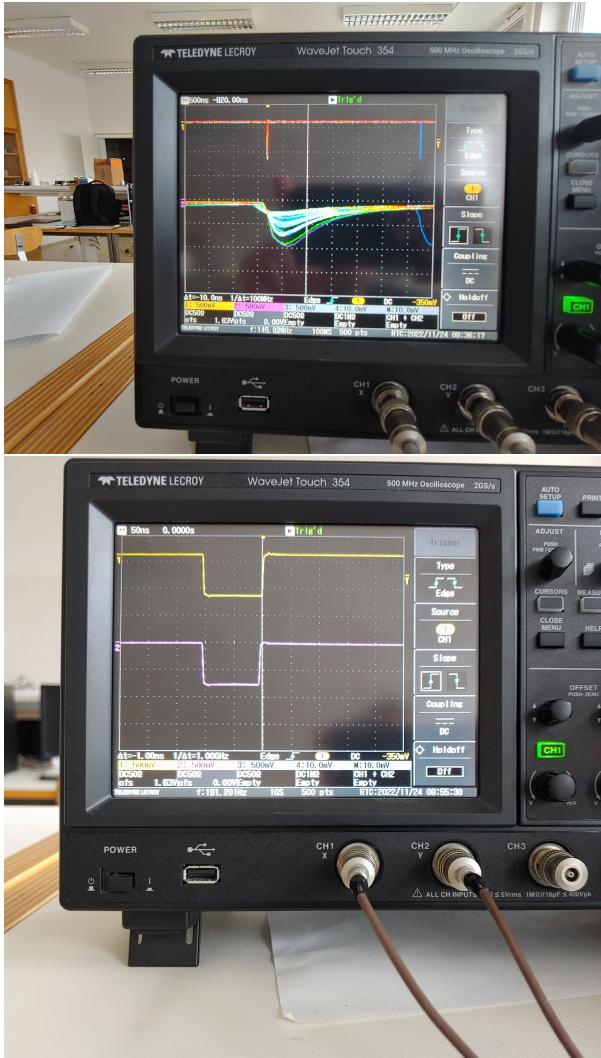
### 2.2 Enokanalna meritev

Na obeh TDC-jih pomerimo spekter časov med razpadi. Spektra vidimo na sliki 5. Če nanju v logaritemski obliki prilagodimo premico, dobimo naklona, ki predstavlja aktivnosti

$$R_1^{(\text{fit})} = (1195 + / - 4) \text{ s}^{-1},$$
$$R_2^{(\text{fit})} = (1408 + / - 5) \text{ s}^{-1}.$$



Slika 1: Kotna postavitev scintilatorjev.



Slika 2: Signali, sunki iz scintilacijskega detektorja na osciloskopu. Amplituda sunka je sorazmerna z energijo elektrona. Na drugi sliki vidimo signale iz diskriminatorja in oblikovalca signalov. Nastavitev so take, da sta oba signala dolga 100 ns in da je njih zamik 0.

Na drug način lahko število vseh sunkov pogledamo celokupno in delimo s časom meritve. Pogledamo tudi odstopanja od vrednosti, ki smo jih dobili iz naklona premice.

$$R_1^{(\text{vse})} = 1183 \text{ s}^{-1}, \quad \delta = 0.01,$$

$$R_2^{(\text{vse})} = 1189 \text{ s}^{-1}, \quad \delta = 0.02.$$

Vrednosti, s katerimi bomo nadaljevali račun, vzamemo kar kot sredinsko vrednost obeh metod, za napako pa vzamemo kar odstopanje.

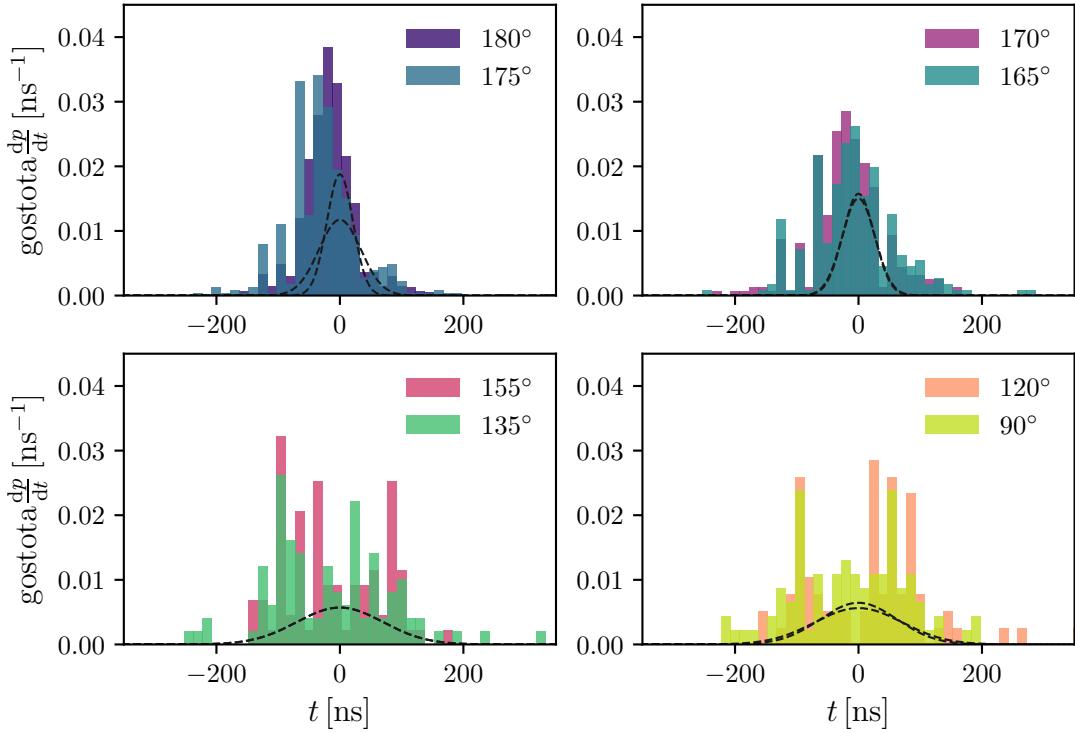
$$R_1 = (1190 \pm 12) \text{ s}^{-1},$$

$$R_2 = (1400 \pm 20) \text{ s}^{-1}.$$

### 2.3 Medkanalna meritev

Zdaj pomerimo porazdelitev medkanalnih časov, prvo pri kotu  $180^\circ$  (glej sliko 1), nato pa še pri nekaj drugih.

## Spekter po časih med razpadi



Slika 3: Spektri medkanalnih časov v koincidenčnem vrhu za različne kote  $\theta$  (slika 1). S črno so narisane Gaussovke, prilagojene na spekter.

Napako števila sunkov ocenimo na nekoliko za lase privlečen način. Na spekter prilagodimo Gaussovko in pogledamo RSS (*ang.* root sum of squares) vrednost odmikov med njo in prilagojenim spektrom.

Razvidno je, da so števila sunkov v celotnem vrhu odvisna od kota med scintilatorjem. Daleč največ sunkov je pri kotu  $180^\circ$ , tj. pri načinu, ko  $\gamma$ -fotona odletita v nasprotnih smereh. Tak način razpada označuje singletno stanje.

### 2.4 Naključne koincidence

Če obrnemo DELAY vijak na eni izmed enot GG8000, se koincidenčni vrh odpelje izven merilnega območja, ki smo ga nastavili. Tedaj je zaznana porazdelitev pretežno le še naključne koincidence. Če sta  $R_1$ ,  $R_2$  aktivnosti eksponentne porazdelitve, izmerjene na enem in drugem TDC-ju posebej (slika 5 zgoraj), velja za aktivnost naključni koincidenc produktna zveza

$$R_{12} = R_1 R_2 \tau, \quad (2.1)$$

pri čemer je  $\tau$  širina merilnega okna  $[-500, 500]$ . Pričakujemo torej, da bo

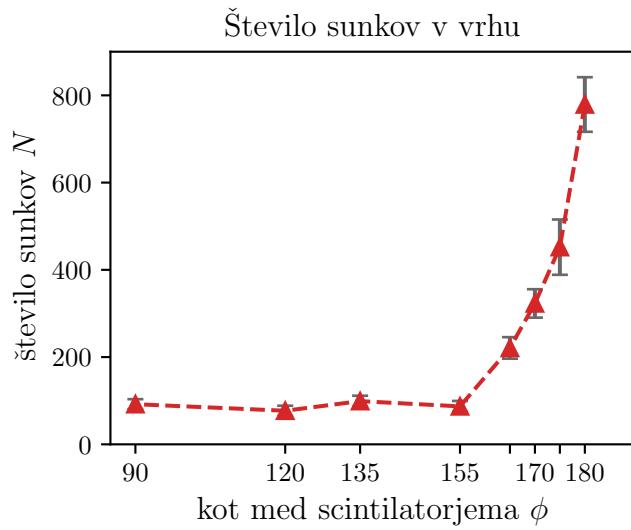
$$R_{12} = (1.66 \pm 0.03) \text{ s}^{-1}.$$

A iz medkanalne meritve (slika 5 spodaj), dobimo aktivnost

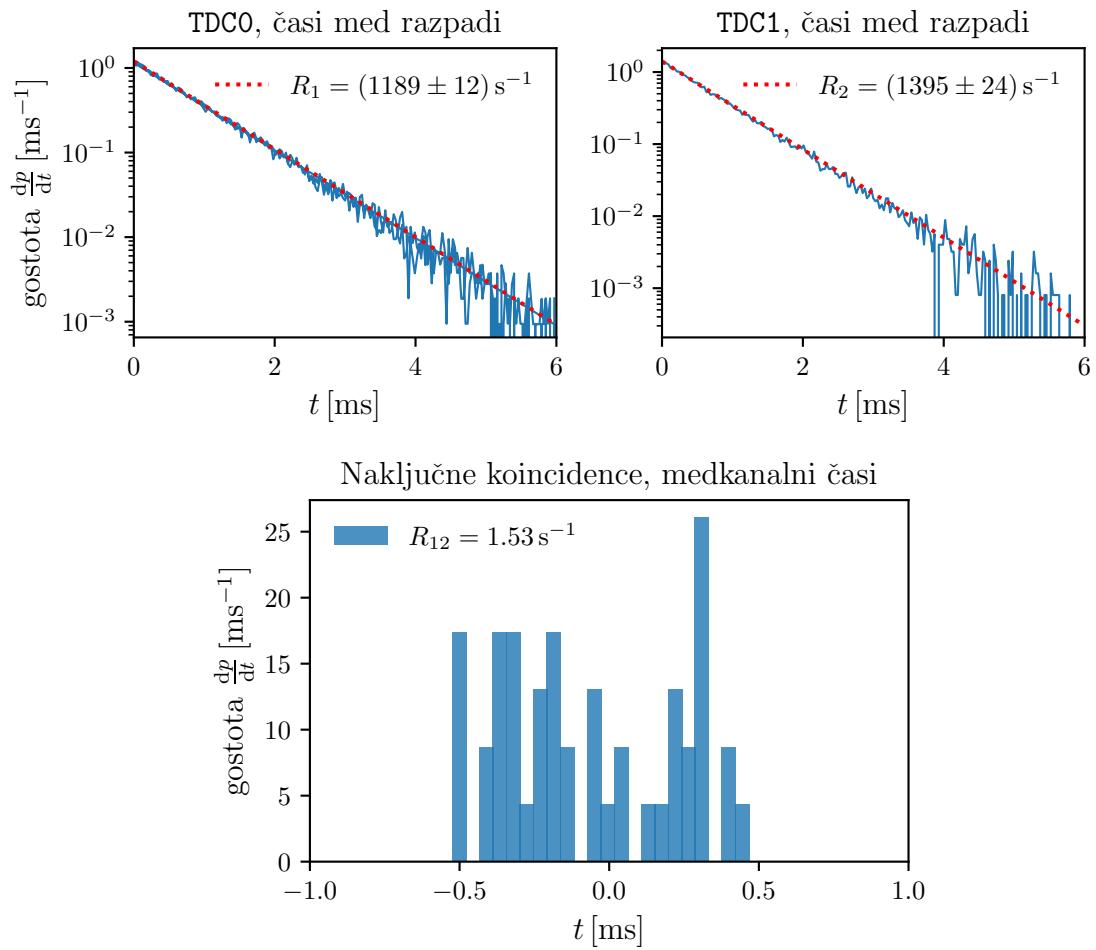
$$R_{12} = 1.53 \text{ s}^{-1}.$$

Da bi lahko določili napako te druge meritve, bi jo morali nekajkrat ponoviti. Ker pa od naše predvidene vprednosti  $(1.66 \pm 0.03) \text{ s}^{-1}$  odstopa več kot predvideno, sklepam, da je velikostnega reda

$$\Delta R_{12} \approx 0.1 \text{ s}^{-1}.$$



Slika 4: Odvisnost celokupnega števila sunkov v odvisnosti od kota med scintilatorjema. Kot  $180^\circ$  označuje razpad singletnega stanja.



Slika 5: Da preverimo zvezo 2.1, izmerimo čase med razpadi na prvem in drugem TDC-ju posebej, nato pa medkanalno izmerimo še naključne koincidence med njima.