

Ασκηση 4

Χρονική φασματοσκοπία

Μέτρηση πολύ μικρών χρόνων ζωής

Σκοπός

Σκοπός αυτής της άσκησης είναι η εξουκείωση του φοιτητή με τον TAC (Time to Amplitude Converter) ή TPHC (Time to Pulse Height Converter) και η μέτρηση του χρόνου ζωής πυρηνικών σταθμών.

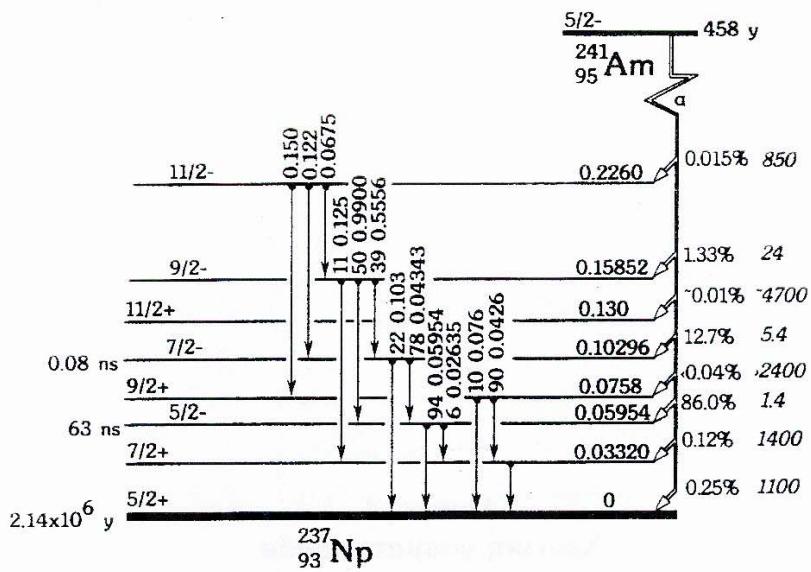
Θεωρία

Ο TAC (Time to Amplitude Converter) ή TPHC (Time to Pulse Height Converter) είναι μια μονάδα η οποία μετατρέπει την χρονική διαφορά των παλμών που φθάνουν στις εισόδους START και STOP της μονάδας σε ύψος παλμών. Είναι ένα ρολόι που μπορεί να μετρήσει χρονικές διαφορές 10^{-11} sec. Περισσότερα για τον TAC στο κεφάλαιο 4 του πρώτου τόμου των σημειώσεων του μαθήματος.

Η μέτρηση των χρόνων ζωής των διεγερμένων καταστάσεων του πυρήνα αποτελεί μια ενδιαφέρουσα τεχνική της Πυρηνικής Φυσικής. Ο χρόνος ζωής της μιας διεγερμένης πυρηνικής στάθμης σχετίζεται με το ενεργειακό εύρος Γ της γραμμής που προκύπτει από την αποδιέγερση με την αρχή της αβεβαιότητας:

$$\Gamma t \geq \hbar \quad (4.1)$$

Ενα τμήμα του διαγράμματος διάσπασης του ^{241}Am δείχνεται στο σχήμα 4.1. Το ^{241}Am διασπάται με εκπομπή σωματιδίων άλφα στο ^{237}Np . Εκπέμπονται πολλές ομάδες σωματιδίων άλφα που αφήνουν τον πυρήνα του ^{237}Np σε διεγερμένη κατάσταση. Μας ενδιαφέρει ο κλάδος της διάσπασης που οδηγεί στην στάθμη με ενέργεια 59.54 keV και λόγο διακλάδωσης 86%. Τα σωματίδια άλφα του κλάδου αυτού έχουν ενέργεια 5.486 MeV. Η διεγερμένη στάθμη των 59.54 keV αποδιεγείρεται, με μέσο χρόνο ζωής 63 nsec, εκπέμποντας ή ένα φωτόνιο γάμμα με ενέργεια 59.54 keV (πιθανότητα 94%), ή δύο φωτόνια με ενέργεια 26.35 keV και 33.20 keV (πιθανότητα 6%). Ο καλύτερος τρόπος για να μετρηθεί ο μέσος χρόνος ζωής της στάθμης των 59.54 keV είναι η τεχνική του καθυστερημένου ταυτοχρονισμού με TAC.



Σχήμα 4.1. Τμήμα του διαγράμματος διάσπασης του ^{241}Am .

Μεθοδολογία

a. Βαθμολογία ενός TAC

Με τον όρο βαθμολογία ενός TAC εννοούμε την εύρεση της σχέσης μεταξύ της χρονικής διαφοράς των παλμών στις εισόδους START και STOP και του ύψους του παλμού εξόδου. Επειδή συνήθως η έξοδος του TAC οδηγείται σε έναν MCA, κατ' επέκταση, βαθμολογία εννοούμε την σχέση μεταξύ της χρονικής διαφοράς των παλμών στις εισόδους START και STOP και του καναλιού. Η βαθμολογία γίνεται εισάγοντας γνωστές καθυστερήσεις στον κλάδο STOP. Ανάλογα με την περιοχή χρόνου η καθυστέρηση μπορεί να είναι:

1. καλώδια γνωστού μήκους για περιοχές χρόνου μέχρι 100 nsec
2. ηλεκτρονική καθυστέρηση για μεγαλύτερους χρόνους.

Η βαθμολογία ενός TAC μπορεί να γίνει επίσης με κατάλληλες γεννήτριες παλμών (time calibrators) που βγάζουν ζεύγη παλμών με γνωστή και ρυθμιζόμενη χρονική διαφορά.

β. Μέθοδος των καθυστερημένου ταυτοχρονισμού

Η μέθοδος του καθυστερημένου ταυτοχρονισμού στηρίζεται στην αρχή ότι κάθε μεμονωμένο γεγονός ανάγεται στο ίδιο "μηδενικό σημείο" χρόνου, την "κοινή αρχή" μέτρησης του χρόνου. Αρχή των χρόνων αποτελεί η χρονική στιγμή δημιουργίας της διεγερμένης κατάστασης τον χρόνο ζωής της οποίας ζητούμε να προσδιορίσουμε. Με την αναγωγή αυτή πετυχαίνεται τέτοια κατάσταση σαν όλες οι διεγερμένες καταστάσεις να δημιουργούνται την ίδια χρονική στιγμή. Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι το ισότοπο, του οποίου τον χρόνο ζωής κάποιας διεγερμένης στάθμης θα μετρήσουμε, θα πρέπει να εκπέμπει μια επιπλέον ακτινοβολία που να καθορίζει την δημιουργία της διεγερμένης στάθμης. Ανάλογα με το είδος της ακτινοβολίας αυτής αλλάζει το όνομα της τεχνικής, π.χ. (α , γ), (β , γ), (γ , γ), αλλά η ουσία της μεθόδου παραμένει η ίδια.

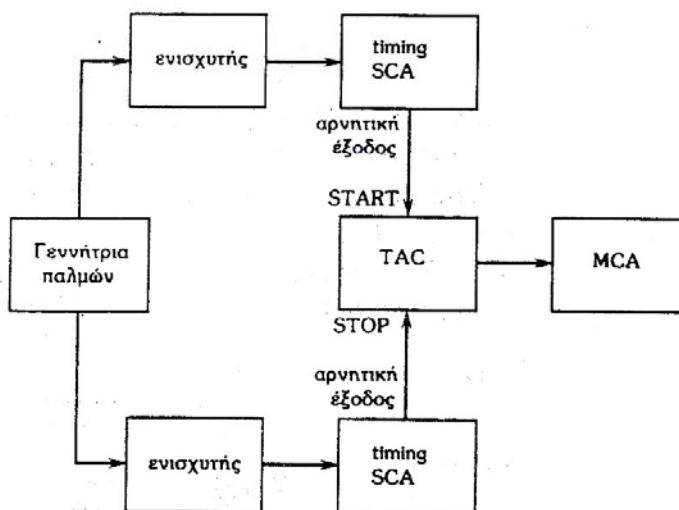
Περισσότερα για την τεχνική του καθυστερημένου ταυτοχρονισμού στο κεφάλαιο 5 του πρώτου τόμου των σημειώσεων του μαθήματος.

Στην παρούσα άσκηση έχουμε (α, γ) ταυτοχρονισμό. Σαν δημιουργία της στάθμης των 59.54 keV του ^{237}Np θεωρείται η εκπομπή των σωματιδίων άλφα από την διάσπαση του ^{241}Am με ενέργεια 5.486 MeV .

Πείραμα

α. Βαθμολογία του TAC με ηλεκτρονική καθυστέρηση

- Πραγματοποιείστε την συνδεσμολογία του σχήματος 4.2.

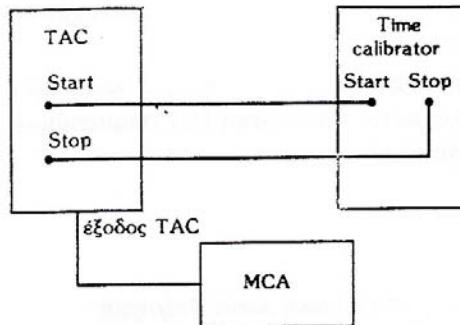


Σχήμα 4.2. Συνδεσμολογία για την βαθμολογία ενός TAC με χρήση ηλεκτρονικής καθυστέρησης.

- Rυθμίστε την γεννήτρια παλμών ώστε στην έξοδο του ενισχυτή να έχετε θετικούς παλμούς 5 volts περίπου. Ο χρόνος πτώσης των παλμών της γεννήτριας να είναι 50 μsec.
- Θέσατε την περιοχή του TAC (time range) στα 5 μsec και την περιοχή καθυστέρησης των timing αναλυτών ενός καναλιού (delay range) στην περιοχή 1 - 11 μsec.
- Θέσατε τα ποτενσιόμετρα των καθυστερήσεων των αναλυτών ενός καναλιού (delay) στις ελάχιστες ενδείξεις (θέσεις 1.00).
- Πάρτε το φάσμα των παλμών του TAC για μικρό χρονικό διάστημα, π.χ. 30 sec.
- Επαναλάβατε το βήμα 5 μεταβάλλοντας την καθυστέρηση του αναλυτή ενός καναλιού που είναι συνδεδεμένος στον κλάδο STOP, μέχρι να καλύψετε όλη την περιοχή του MCA.
- Βαθμολογείστε χρονικά το σύστημα.

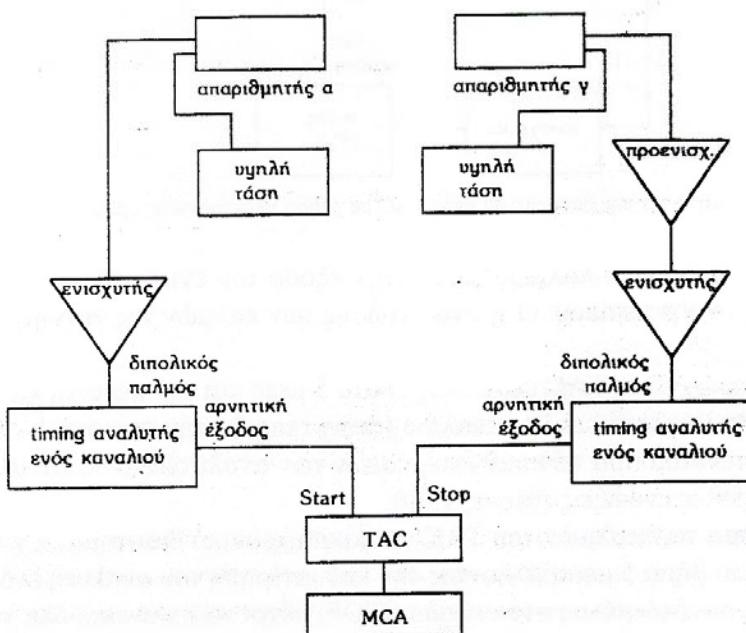
β. Βαθμολογία του TAC με χρήση time calibrator

- Πραγματοποιείστε την συνδεσμολογία του σχήματος 4.3.



Σχήμα 4.3. Συνδεσμολογία για την βαθμολογία ενός TAC με χρήση time calibrator.

2. Θέσατε την περιοχή του TAC (time range) στα 5 μsec. Στον time calibrator θέσατε Range = 5.12 μsec και Period = 0.32 μsec. Με τις συνθήκες αυτές ο time calibrator βγάζει ζεύγη παλμών των οποίων η χρονική διαφορά θα είναι 0.32, 2x0.32, 3x0.32 μsec, μέχρι τα 5.12 μsec.
3. Πάρτε το φάσμα των παλμών του TAC.
4. Βαθμολογείστε χρονικά το σύστημα.



Σχήμα 4.4. Συνδεσμολογία για την μέτρηση του χρόνου ζωής της στάθμης των 59.54 keV του ^{241}Am .

γ. Μέτρηση του χρόνου ζωής της στάθμης 59.54 keV με (α, γ) ταντοχρονισμό

1. Πραγματοποιείστε την συνδεσμολογία του σχήματος 4.4.
2. Βάλτε τις υψηλές τάσεις στους απαριθμητές. Για τον απαριθμητή των σωματιδίων άλφα -1900 volts και για τον απαριθμητή των γάμμα +1100 volts.
3. Ρυθμίστε, με την βοήθεια παλμογράφου, την ενισχυση των ενισχυτών ώστε να δίνουν στην έξοδο παλμούς ίσους με 5 volts περίπου.
4. Πάρτε, με τους αναλυτές ενός καναλιού, τα φάσματα των άλφα και των γάμμα.

5. Ρυθμίστε τα κατώφλια και τα παράθυρα των αναλυτών ενός καναλιού ώστε να απομονώνονται οι επιθυμητές περιοχές των άλφα και των γάμμα αντίστοιχα.
6. Τοποθετήστε τους διακόπτες delay range των αναλυτών ενός καναλιού στην περιοχή 1 - 11 μsec.
7. Πάρτε το φάσμα των παλμών του TAC. Σχεδιάστε το φάσμα σε ημιλογαριθμικό χαρτί.
8. Από την κλίση της καμπύλης αυτής και την καμπύλη βαθμολογίας υπολογίστε τον χρόνο ζωής της στάθμης των 59.54 keV.

Απαιτούμενα όργανα

Απαριθμητής σπινθηρισμών με ανθρακένιο
 Απαριθμητής σπινθηρισμών NaI(Tl)
 Τροφοδοτικά υψηλής τάσης (2)
 Προενισχυτής
 Γραμμικοί ενισχυτές (2)
 Timing αναλυτές ενός καναλιού (2)
 TAC
 Γεννήτρια παλμών
 Time calibrator
 Καταμετρητές (2)
 Χρονόμετρο
 Πλαίσιο - τροφοδοτικό NIM (2)