

EIN Z80-MIKRORECHNER ZUR ÜBERWACHUNG ANALOGER ZWEIGE EINER KERNPHYSIKALISCHEN EXPERIMENTELEKTRONIK

R. Baran, U. Starke

Physikalisches Institut der Universität
Erlangen-Nürnberg

1. Einleitung

In vielen kernphysikalischen Experimenten bereiten Schwankungen analoger Meßwerte Probleme. Ursachen sind unter anderem belastungs- oder temperaturabhängige Verstärkungsschwankungen. Das Instrument, das traditionellerweise zur Überwachung der kritischen Komponenten eingesetzt wird, ist der Vielkanalanalysator. Der Experimentator muß in regelmäßigen Abständen Kontrollspektren aufnehmen, um die Funktionstüchtigkeit und Stabilität seiner Anordnung zu überprüfen und gegebenenfalls Korrekturen vornehmen zu können. Die Verfügbarkeit billiger Hardware und komfortabler Software bietet es an, diese Routineaufgaben zu automatisieren. Bei der zunehmenden Komplexität der Experimente stellt sich sogar die Notwendigkeit der Automatisierung von Überwachungsfunktionen, da sie vom Experimentator manuell nicht mehr wahrgenommen werden können. In diesem Beitrag soll ein Meßsystem vorgestellt werden, das aus einem natürlichen Spektrum (ohne Testimpulse) Verstärkungsschwankungen registriert und mit diesen Informationen dem Experimentator die Korrektur der Meßwerte erlaubt. Die Software wurde in PEARL entwickelt, als Hardware wurde ein Z80-System mit Prozessperipherie auf ECB-Bus Basis eingesetzt.

2. Aufgabenstellung

Das Überwachungsprogramm hat die Aufgabe folgende Fehler zu erkennen:

- Eine Änderung der Verstärkung.
- Eine Änderung des Zeitverhaltens, wenn die Zeitimpulse von einem TPC (Time to Pulse Height Converter) stammen.
- Lastabhängige Zählratenverluste.

3. Implementation

Kernproblem des Überwachungsprogramms ist, ausgewählte Linien auf zeitliche Konstanz des Schwerpunktes zu prüfen. Zur Durchführung der Überwachung kann der Benutzer die vom ihm vorgesehenen Linien in maximal 8 Spektren eingrenzen. Danach werden zyklisch die Linienschwerpunkte berechnet, mit den vorher berechneten verglichen und auf dem Drucker protokolliert. Weiterhin stellt das Programm dem Datenaufnahmegerät über eine parallele Schnittstelle die aktuell berechneten Werte zur Verfügung. Das Überwachungsprogramm besteht aus zwei Teilen, dem Predialog, in dem der Benutzer die nötigen Parameter angibt und dem Meßprogramm. Beide Programme umfassen 8 Tasks mit insgesamt ca. 3000 Quellzeilen.

3.1 Predialog

Im Predialog grenzt der Benutzer in den Spektren die zu überprüfende Linie ein. Dazu wird ihm an einem grafischen Bildschirm das Spektrum angeboten, und er kann durch Positionierung des Grafikcursors die Testregion definieren. Für jede Linie muß die für die Schwerpunktberechnung nötige Präzision, eine physikalische Bedeutung und eine maximale Verweilzeit für die entsprechende Messung vorgegeben werden. Durch die Angabe der maximalen Verweilzeit wird eine Blockade der Überwachung an einer Meßstelle ausgeschlossen. Die eingegebenen Testparameter werden auf der Diskette zwischengespeichert.

3.2 Meßsystem

Im zweiten Teil wird mit diesen Benutzerparametern die Überwachung durchgeführt. Der Anwender hat hier die Möglichkeit, Parameter online den evtl. veränderten Randbedingungen anzupassen, z.B. die Repetitionszeit für die Messungen bei höherer Strahlintensität zu verkürzen. Für die Berechnung der Linienwanderung werden totzeit- und untergrundkorrigierte Integrale verwendet. Um eine Totzeitkorrektur durchführen zu können, registriert ein schneller Zähler die am Analog-Digital-Converter (im folgenden ADC) ankommenden Impulse. Durch einen Vergleich dieses Zählergebnisses mit dem Gesamtintegral im erhaltenen Spektrum kann auf die Totzeit des ADC's geschlossen werden. Die Kenntnis der Totzeit des ADC's ist für die Berechnung der lastabhängigen Zählratenverluste wichtig. Für die Untergrundberechnung wird eine Ausgleichsgerade zwischen linken und rechten Rand der Linie herangezogen.

Als Spezialfunktion ist hier die Funktion "Mastergate" vorgesehen. Damit kann der Rechner, als Fehlerreaktion, die Experimentelektronik und den Datenaufnahmerechner blockieren, wenn eine vom Experimentator festgelegte Primärstrahlintensität unterschritten wird. Eine weitere vom Programm als Fehler interpretierte Bedingung ist, wenn der Linienschwerpunkt außerhalb der Eingrenzung liegt.

Die Kopplung vom Überwachungsrechner zum Datenaufnahmerechner ist durch eine parallele Schnittstelle realisiert. In einem 13 Bit Wort steht binär codiert in 10 Bits der aktuelle Schwerpunkt, und in den restlichen 3 Bits die Nummer des zugehörigen Spektrums.

3.3. Werkzeuge

Zur Aufnahme der Analogdaten benötigt das Überwachungsprogramm das Instrument "Vielkanalanalysator". Zunächst wurde für die Emulation ein dynamischer ADC nötig. In dem verwendeten ECB-Karten-System werden ADC's angeboten, die einerseits von außen ein Startsignal für die Konversion fordern und andererseits verlangen, daß das Eingangssignal zumindest für die Zeit der Konversion stabil ist. Um nun die aus der Elektronik kommenden Impulse (typisch einige Mikrosekunden lang) verarbeiten zu können wurde der ADC (30 us Konversionszeit, bei 10 Bit Auflösung) um einen sog. Peakdetektor ergänzt. Der Peakdetektor ist eine Schaltung, die einen aus der Elektronik ankommenden Analogimpuls übernimmt und die Konversion des ADC's startet. Dieser meldet sich - für Realzeitanwendung erforderlich - interruptgesteuert mit dem Konversionsergebnis beim Prozessor. Dieser ADC kann von PEARL-Sprachebene aus über zwei Treiberbausteine angesprochen

werden. Eine Version liefert dem Programm die Höhe jedes Eingangspulses, die andere sortiert den konvertierten Impuls nach seiner Höhe in ein Datenfeld ein.

Für die Überwachung von 8 Spektren wurde der Eingang des ADC's um einen Multiplexer erweitert. Dieses Gerät schaltet jeweils einen digitalen Eingang (Totzeitkorrektur) und den entsprechenden analogen Eingang auf die Ausgänge. Die Analogseite wird über Relais geschaltet, da keine Analogschalter verfügbar sind, die die Eingangssignale unbeeinträchtigt an den Ausgang weitergeben. Der Multiplexer wird über 4 Bits einer Digitalausgabe von einem Rechner angesteuert. In drei Bits steht binär codiert die Meßstelle, das verbleibende Bit erfüllt eine Gatefunktion, um ein gleichzeitiges Zuschalten der Digital- und Analogsignale zu gewährleisten.

Ein wichtiger Bestandteil eines Vielkanalanalysators ist die graphische (Ein- und) Ausgabe. Dafür gibt es als internationalen Standard das graphische Kernsystem GKS. Die dort zur Verfügung stehenden Funktionen sind geräteunabhängig und sehr komfortabel. Ihre Verwendung bringt den Nachteil mit sich, daß wegen sehr vieler Transformationen der Bilddaten die Ausgabe für die hier vorgesehene Anwendung langsam wird. Da der Benutzer eines Vielkanalanalysators möglichst schnell über die Meßergebnisse informiert sein möchte, wurde ein Graphikpaket entwickelt, das speziell auf einen Graphikschirm zugeschnitten ist und eine Untermenge der GKS-Funktionen anbietet. Dadurch wurde die Zeit ein Bild aufzubauen, fast auf die Zeit reduziert, die nötig ist, die Steuerzeichen zu übertragen. Mit diesen Routinen kann ein Bild mit 512 Punkten (z.B. ein Spektrum) in 2 Sekunden dargestellt werden. Mit dieser Minimalgrafik können dem Physiker die Spektren in der gewohn-

ten Form und Geschwindigkeit präsentiert werden.

4. Einsätze und Erfahrungen

Das oben beschriebene Programm wurde bisher mehrmals eingesetzt. Zunächst wurde das Langzeitverhalten von NaJ-Detektoren (Natrium-Jodid Detektoren zum Nachweis von Photonen) untersucht. Dabei zeigte sich, daß äußere Einflüsse, wie Temperaturschwankungen die Ergebnisse der Spektroskopie so verfälschen können, daß eine Eichung kurzfristig wertlos werden kann. Anschließende Effizienzmessungen von NaJ-Detektoren zeigten, daß das Programm in der Lage ist, die veränderte Effizienz der Detektoren (instabile Strahlintensität) zu registrieren, was bei Wirkungsquerschnitts- und Winkelkorrelationsmessungen von entscheidender Bedeutung ist.

Mittlerweile hat sich das System auch bei mehreren Messungen eines Pionenstreuexperimentes am SIN (Schweizer Institut für Nuklearforschung) bewährt. Dort wurden 6 NaJ-Detektoren einschließlich Nachfolgeelektronik auf konstante Verstärkung überwacht. Bei dieser Messung wurde auch die hohe Betriebssicherheit des Mikrocomputers unter Beweis gestellt. Das Überwachungssystem war 6 Wochen ohne Ausfall im Einsatz.

Die gewonnenen Überwachungsergebnisse wurden an den Datenaufnahmerechner vom Typ PDP11/45 über ein dort zur Verfügung stehendes CAMAC-Inputregister übergeben und mit den Experimentdaten zur späteren Auswertung auf dem Magnetband archiviert. Der statische angelegte Schwerpunkt und die Spektrumsnummer wurden für jedes Ereignis mitgelesen, d.h. sie sind Teil des Ereigniswortes geworden. Somit steht in der Auswertung die jeweils aktuelle Verstärkungseinstellung

zur Verfügung.

Die Mastergatefunktion wurde in diesem Experimentieraufbau verwendet, um sicherzustellen, daß die Messung unter reproduzierbaren (Intensitäts-)Bedingungen vor allem an den NaJ-Detektoren abläuft. Dabei wird die Meßelektronik nach einem Absinken der Strahlintensität unter die vorgegebene Grenze erst freigeschaltet, wenn der Primärstrahl diese Schwelle wieder überschritten hat und ein vorzugebendes Zeitintervall vergangen ist. Dadurch wird die Gefahr veränderter Effizienz der Detektoren und somit möglicher Eichfehler in der Auswertung erheblich reduziert.

Das Programm wurde für diese Anwendung um Teile zur Zählratenaufnahme erweitert. Die damit aufgenommenen Zählraten erscheinen ebenfalls im Protokoll. Online wurde außer den beschriebenen Verstärkungsänderungen z.B. der Ausfall von Magneten und ein Ausfall der Hochspannungsversorgung eines NaJ-Detektors festgestellt. Anhand der übrigen Information war eine schnelle Lokalisierung des Fehlerortes möglich.

Ein weiterer Einsatz des Systems fand in einem Winkelkorrelationsexperiment am Zyklotron des KfK (Kernforschungszentrum Karlsruhe) statt. In dieser Messung wird die Energie des Neutrons über seine Flugzeit gemessen. Der Zeitnullpunkt für die Flugzeitmessung wird vom jeweiligen Strahlpuls des Zyklotrons definiert. Schwierigkeiten gibt es in solch einer Messung, wenn sich die Phasenlage des Zyklotronpulses somit also die der Zeitnullpunktdefinition und die Zuordnung der Neutronen zu diesem Puls ändert. Dann werden die 'langsamen' Neutronen dem nächsten Strahlpuls zugeordnet, was eine falsche, kürzere Flugzeit und damit höhere Neutronenenergie vortäuscht. Die Flugzeit eines Neutrons wird mit einem TPC gemessen. Eine Änderung der Phasen-

lage bedeutet also einen Sprung in der TPC-Linie der Neutronen. Dieser Sprung wird vom Analogüberwacher erkannt, sodaß der Experimentator informiert werden kann um dies zu korrigieren. Das Analogüberwachungssystem wird hier also zur Kontrolle einer Änderung des Zeitverhaltens eingesetzt. Auch hier leistete es gute Dienste.

In der nächsten Ausbaustufe ist vorgesehen, daß der Mikrorechner durch die quantitative Kenntnis der Linienwanderung mit einer Regelung die fehlerhafte Funktion über ein programmierbares Delay wieder ausgleicht.

Weiterhin soll das System auch für kontinuierliche Spektren anwendbar werden. Dazu wird in den Photomultiplier mit einer Leuchtdiode ein in seiner Höhe (Lichtmenge) und Frequenz einstellbarer Lichtblitz eingespeist. Die dadurch entstehende Linie im Spektrum kann mit dem obigen Programm überwacht werden, da auch diese Linie verschoben wird, falls die Nachfolgeelektronik nicht stabil ist.

Stichworte: Z80-Mikrorechner, PEARL, Pionenstreuung, Überwachung, Winkelkorrelation

Der Z80-Mikrorechner kann an 8 Eingängen analoge kernphysikalische Impulse registrieren. Das PEARL-Programm prüft diese innerhalb vorgegebener Schranken auf zeitliche Konstanz. Die gewonnenen Ergebnisse werden an den Datenaufnahmerechner übermittelt und fließen als Zusatzinformation in die spätere Auswertung ein. Das System wurde in einem Pionenstreuexperiment am SIN und in Winkelkorrelationsexperimenten am KfK eingesetzt.

