

EIN ZÄHLRATENÜBERWACHUNGSSYSTEM FÜR KERNPHYSIKALISCHE EXPERIMENTE AUF DER BASIS EINES Z80-MIKROPROZESSORS

R. Besold, R. Müller, H. Ortner
Physikalisches Institut der Universität
Erlangen-Nürnberg

1. Einleitung

In kernphysikalischen Experimenten ist ein steter Trend zu komplizierteren Anordnungen festzustellen. Sie umfassen meist mehrere Detektorsysteme, die verschiedenste Art von Informationen liefern (Energie, Zeit, Teilchenspuren, usw.). Diese Informationen werden dann in umfangreichen Elektronikaufbauten weiterverarbeitet. Die zunehmende Komplexität solcher Anordnungen erschwert die Überwachung und Kontrolle des Experiments beträchtlich bzw. ist durch die Experimentatoren nur noch bruchstückhaft durchführbar. Fehler in den Detektoren und Elektronikbausteinen werden oft nicht während der Datenaufnahme erkannt, sondern erst in einer späteren Auswertung (oder gar nicht) festgestellt. Verlust teurer Experimentierzeit ist eine der Folgen, Fehlmessungen bzw. - Interpretationen eine andere.

Die Kontrolle eines Experiments bedeutet für die Experimentatoren eine umfangreiche Protokollführung. Außerdem bereitet es Schwierigkeiten, aus den der Elektronik direkt zu entnehmenden Daten aussagekräftige Kontrollinformation zu gewinnen. Diese Daten müssen meist weiter ausgewertet werden, um auf eine fehlerfreie Funktion der Einzelkomponenten schliessen zu können.

Es soll ein universelles Überwachungssystem vorgestellt werden, das zum Ziel hat, bestimmte Fehler in der Nachweiselektronik rechtzeitig, schon während

der Datenaufnahme, festzustellen und dem Experimentator Hilfestellung bei ihrer Beseitigung zu geben. Das System basiert auf einem Z80-Mikrorechner und PEARL-Programm.

2. Testverfahren

Das Testverfahren bzw. die Aufgaben des Rechners bestehen darin, Zählraten aufzunehmen, miteinander zu verknüpfen und auf zeitliche Konstanz zu prüfen. Aus den Prüfergebnissen wird ein Protokoll angefertigt.

Diese Methode kommt der vom Physiker traditionellerweise benutzten Technik sehr nahe. Zunächst wird grob geprüft, welche Komponente noch die erwartete Funktion erfüllt und danach anhand der Signalform, -höhe, etc. der Fehler genauer bestimmt. Durch eine gezielte Wahl der Testpunkte für die Zählratenaufnahme wird eine schnelle Lokalisierung der Fehlerquelle möglich. Die Überprüfung der in Frage kommenden Geräte bzw. die Interpretation des Fehlerbildes und Diagnose bleibt aus Flexibilitätsgründen weiter in der Hand des Experimentators. Der Rechner entlastet aber den Physiker von den Routineaufgaben, die Zählraten der Testpunkte regelmässig aufzunehmen und auf zeitliche Konstanz zu prüfen, sowie ein Protokoll anzufertigen.

Allgemein bleibt zu bemerken, daß diese Art der Überwachung wenig Zusatzgeräte erfordert, einfach anwendbar und be-

dienbar ist. Außerdem steht durch den Einsatz des Rechners ein erheblich potenteres Werkzeug zur Überwachung zur Verfügung, als es ein disziplinierter Experimentator mit Taschenrechner je sein kann.

3. Realisierung des automatischen Testverfahrens

Das im folgenden vorgestellte Zählratenmonitorsystem kann Zählraten an 160 Stellen der Elektronik registrieren. Dies leisten zwei Programme, die in PEARL auf dem Z80-Mikroprozessorsystem implementiert wurden. Ein Programm führt die Überwachung durch, während das andere dazu dient, Parameter entgegenzunehmen, um die Überwachung auf eine gegebene Elektronikkonfiguration einzustellen. Die beiden Programme enthalten 10 Tasks mit insgesamt ca. 3500 Quellzeilen. Das Überwachungsprogramm kennt zur Aufnahme der Zählraten zwei Zählobjekte - die Kurzzeitähler (im folgenden KZZ genannt) und die Langzeitähler (im folgenden LZZ genannt). Ein Kurzzeitähler, bestimmt für Stichproben, besteht physikalisch aus zwei Zählbausteinen, einem 64 zu 1 Multiplexer und einer Digitalausgabe. Der schematische Aufbau eines KZZ ist Bild 1 zu entnehmen. Im Betrieb wird über die Digitalausgabe ein Multiplexereingang für eine gewisse, vorgegebene Zeit auf den Zählbaustein Z1 geschaltet und dessen Impulse gezählt. Gleichzeitig zählt der Zählbaustein Z2 die Referenzsignale (z.B. Strahlintensität). Nach der eingestellten Zählzeit wird das Zählergebn aus beiden Zählern ausgelesen, aufbereitet, protokolliert und bei Bedarf ein anderer Multiplexereingang bearbeitet. Die vor den Zählern angebrachten Und-Gatter stellen sicher, daß die beiden Zählleinheiten exakt die

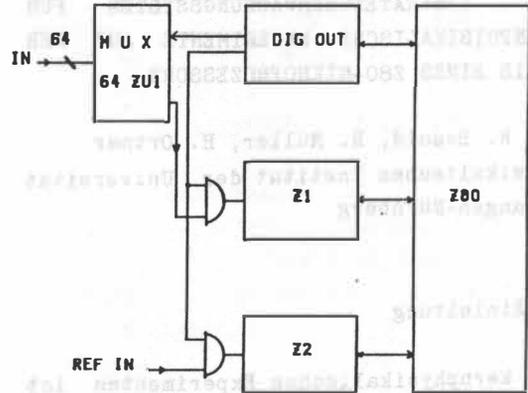


Bild 1. Aufbau eines KZZ

gleiche Zeit betrieben werden. Dies wird durch die Steuerung eines Gates über die Digitalausgabe erreicht. Durch eine Softwarelösung könnte diese gleiche Betriebszeit nicht erreicht werden, da die beiden Zähler vom Prozessor nur sequentiell angesprochen werden können. Dies führt aber zu unterschiedlich langer Zählzeit und der daraus resultierende Zählratenunterschied würde das Ergebnis merkbar verfälschen.

Ein LZZ, bestimmt für die ständige Aufnahme, verfügt über einen eigenen Zählbaustein. Zur genaueren Bestimmung der zu zählenden Impulse ist am Zählengang eine abschaltbare Koinzidenzstufe (Filter für "gleichzeitige" Ereignisse) verwendbar. Im Gegensatz zu den KZZ arbeitet er vom Systemstart bis zum Systemstop. In gewissen Zeitabständen wird der integrale Zählerstand ausgelesen und das Zwischenergebnis protokolliert. Das Auslesen hat keinen Einfluss auf die Zählfunktion.

Das Programm benutzt die oben beschriebenen Zählobjekte im Rahmen eines sog. "Superzyklus". Dies bedeutet eine periodische Folge in der Bearbeitung der Zähler. Die Periodizität ist vorgegeben durch die Überwachung, d.h. den Vergleich zweier zu verschiedenen Zeiten

aufgenommener Werte. Weiterhin wird eine zeitliche Wiederholung oft durch die Zykluszeiten der Beschleuniger vorgegeben.

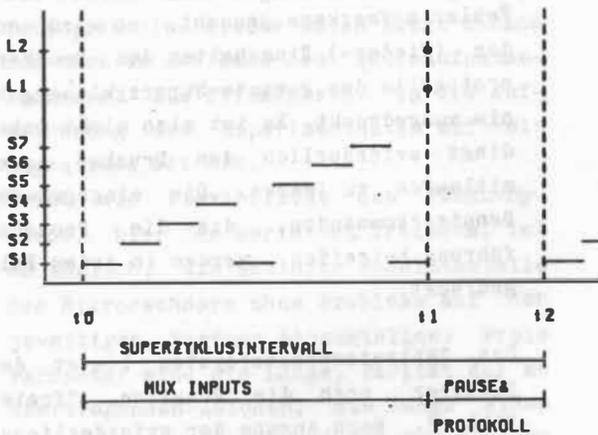


Bild 2. Zeitlicher Ablauf eines Superzyklus

Das Diagramm in Bild 2 zeigt die zeitliche Abfolge innerhalb eines Superzyklus. Auf der Abszisse ist die Zeit, auf der Ordinate die Nummer der Multiplexereingänge bzw. die Nummer des LZZ aufgetragen. Man sieht das Superzyklusintervall von t_0 bis t_2 , das sich in den Zeitraum von t_0 bis t_1 aufteilt, in dem Multiplexereingänge bearbeitet werden und das bei t_1 das Auslesen der Zwischenergebnisse der LZZ vorsieht. Im zweiten Teil, dem Zeitraum von t_1 bis t_2 , werden die neu erhaltenen Zählergebnisse an das Protokoll weitergereicht und danach, falls erforderlich, wird bis t_2 eine Pause eingelegt.

Jeder Zählergebnis wird eine feste Zeit lang bearbeitet.

Für die Anpassung des Superzyklus an seine spezifische Umgebung sind vom Benutzer folgende Parameter vorgebar:

- Länge des Superzyklusintervalls.
- Zeitdauer für die Messung an einem Multiplexereingang.

- Häufigkeit eines Multiplexereingangs im Superzyklus.
- Kennzeichnung jedes Zählergebnis.

Mit dem Parameter "Häufigkeit" wird die integrale Zählzeit für einen Multiplexereingang festgelegt. Somit kann bei niedrigen Zählraten ein längeres Intervall vorgegeben werden, um die gewünschte statistische Genauigkeit zu erreichen. Die Zählzeit wird allerdings nicht in einem Stück abgearbeitet, sondern gleichmäßig in Sekundenintervallen über das Superzyklusintervall verteilt, um eventuelle Kurzzeitschwankungen auszugleichen. In Bild 2 ist dies für den Eingang 1 skizziert.

Ein Zählergebnis wird durch einen spezifischen Text (physikalische Bedeutung) gekennzeichnet, damit er bei der Vielzahl der Meßstellen später leichter wiedergefunden werden kann.

Mit den im Superzyklus gewonnenen Zählergebnissen erzeugt das Programm ein Protokoll auf dem Drucker. In dem Protokoll erscheinen sämtliche Benutzereingaben, zur besseren Lesbarkeit, besonders gekennzeichnet. Des weiteren werden alle Zählergebnisse der im Superzyklus enthaltenen Zähler ins Protokoll übernommen. Für einen KZZ enthalten diese die physikalische Bedeutung des Multiplexereingangs, die aktuelle absolute Zählrate, die auf die Referenz normierte Zählrate und die relative Abweichung der normierten Zählrate vom Mittelwert der letzten fünf Messungen. Der Mittelwert wurde auf die letzten fünf Messungen beschränkt, damit das System in der Lage ist, sich auf Zählratenänderungen mit sehr langer Zeitkonstante automatisch anzupassen (z.B. abnehmende Zählrate durch Verminderung der Targetqualität während der Bestrahlung). Für einen LZZ erscheinen die physikalische Bedeutung, der integrale Zählerstand, die Zählrate

und die relative Abweichung der Zählrate im Protokoll. Am Ende des Protokolls erscheint die Gesamtanzahl der aufgetretenen Fehler.

Im Protokoll sind zur optischen Unterstützung der Lesbarkeit der Zählergebnisse an der Vielzahl der Meßstellen je vier Zähler zu einem Block zusammengefaßt.

Während der Auswertung der Zählergebnisse werden diese auf Fehlerbedingungen geprüft und beim Auftreten eines Fehlers im Protokoll besonders markiert. Außerdem wird dann ein akustisches Signal erzeugt, um den Experimentator darauf aufmerksam zu machen. Dieses Signal setzt der Rechner nicht zurück, sondern es muß vom Experimentator gelöscht werden. Typische Fehlerbedingungen sind:

- a) Auftreten der Absolutzählrate 0
- b) Abweichung der neuen Absolutzählrate vom Anfangswert außerhalb der vorgegebenen Grenzen
- c) Abweichungen der mit den Messwerten gewonnenen Rechengrößen vom Anfangswert außerhalb der vorgegebenen Grenzen.

Implementiert wurden die Bedingungen a) und c). In c) wird die auf die Referenz normierte Zählrate auf kleiner 20% Abweichung geprüft. Die Fehlererkennung kann leicht von den genannten auf andere Bedingungen umgestellt werden, da diese Teile in der Software schnell umzustellen sind.

Die Teile des Protokolls, die Zählergebnisse betreffen, werden, außer auf dem Drucker, auch auf eine Datei ausgegeben. Dazu sieht das Programm 20 Dateien auf der Diskette vor, die nummeriert in aufsteigender Reihenfolge beschrieben werden. Sind alle beschrieben, so wird mit dem nächsten Protokoll die jeweils älteste dieser Dateien überschrieben. Damit

war es möglich, daß der Benutzer das Druckerprotokoll je nach Bedarf ein- oder ausschalten kann. Ist der Drucker abgeschaltet und der Experimentator wird durch das akustische Signal auf einen Fehler aufmerksam gemacht, so wird nach dem (Wieder-) Einschalten des Druckerprotokolls das gesamte Superzyklusergebnis ausgedruckt. Es ist also nicht unbedingt erforderlich den Drucker immer mitlaufen zu lassen. Die eingegebenen Benutzerkommandos, die die Prozessführung betreffen, werden in jedem Fall gedruckt.

Das Zählratenmonitorsystem bietet dem Benutzer noch die Funktion "Freier Zähler". Nach Angabe der erforderlichen Parameter wird dem Bediener für einen LZZ das aktuelle Zwischenergebnis und für einen KZZ die Zählrate, die normierte Zählrate und jeweils die physikalische Bedeutung ausdruckt. Diese Funktion wurde mit aufgenommen, um dem Experimentator die Möglichkeit zur Überprüfung eines Zählergebnisses außerhalb eines Superzyklus zu bieten und nach Reparatur oder Austausch eines defekten Gerätes die einwandfreie Funktion des neuen zu testen.

Eine weitere Anforderung an ein Überwachungssystem ist, daß es dem Datenaufnahmerechner die gewonnenen Überwachungsergebnisse übermitteln kann. Dazu ist in diesem Programm eine Kopplung über eine serielle Schnittstelle (V.24) vorgesehen. Der Mikrorechner emuliert ein Terminal des Datenaufnahmerechners. Dieser hat die Möglichkeit, an den Überwachungsrechner eine Anforderung für die Ergebnisse zu stellen, indem er das Zeichen "A" oder "x" schickt. Der Überwachungsrechner sendet daraufhin dem Datenaufnahmerechner die gesamten, noch nicht übertragenen archivierten Protokolle (bei der Anforderung "A") oder nur

das letzte noch nicht übertragene Protokoll (bei "x"). Wird eine Anforderung empfangen, obwohl alle vorliegenden Protokolle schon übertragen wurden, erhält der Partner eine negative Quittung. Die Interpretation dieser Daten liegt danach nur noch in der Hand des Datenaufnahmerechners. Sie fließen z.B. in die Aufzeichnung der Experimentdaten auf ein Magnetband mit ein.

Durch die Flexibilität des PEARL-Systems, hier des seriellen Treibers, ist es möglich, die serielle Schnittstelle des Mikrorechners ohne Probleme auf den jeweiligen Partner einzustellen. Freie Parameter sind die Länge, Parität der zu übertragenden Zeichen, die Länge eines zu sendenden Blocks und das Endezeichen für einen zu empfangenden Block. Auch ist die Übertragungsgeschwindigkeit in weiten Bereichen einstellbar. Um Verklemmungen auszuschließen, kann der Empfang einer Nachricht zeitüberwacht werden.

Um die Testparameter eingeben bzw. ändern zu können wurde eigens für diesen Zweck ein "Editor" geschrieben. Das Programm muß vor dem ersten Start des Überwachungsprogrammes einmal gelaufen sein, um den Parametersatz und die Zählerreihenfolge auf Dateien der Diskette zu schreiben.

Der Editor prüft die eingegebenen Zeiten für Superzyklus, Messdauer an einem Multiplexereingang und die Zahl der zu bearbeitenden Meßstellen auf gegenseitige Verträglichkeit. Stellt sich während der Eingabe der Testparameter bei diesen Prüfungen heraus, daß diese Parameter nicht zusammenpassen, so wird der Bediener mit einer Fehlermeldung darauf hingewiesen und hat dann entsprechende Korrekturmöglichkeiten.

Bei Wahl der Funktion "Abspeichern" berechnet das Programm die Reihenfolge der Multiplexermeßstellen und legt dieses

auf einer Datei (der Extension .RHF) ab. Weiterhin wird der Parametersatz auf einer Datei (der Extension .UEB) abgelegt. In der Berechnung der Reihenfolge der Meßstellen werden die im Superzyklus enthaltenen Unterzyklen aufgelöst. Dabei ordnet der Algorithmus einem Eingang Zählzeitpunkte relativ zum Anfangszeitpunkt des Superzyklus zu. Eine Meßstelle mit der Häufigkeit 1 wird nach der Hälfte der Zeit bearbeitet, eine mit Häufigkeit 2 nach dem ersten und dem zweiten Drittel der Superzyklusperiode. Bei gleicher Häufigkeit wird der Eingang mit der niedrigeren Nummer zuerst bearbeitet. Aus der Summe aller Häufigkeiten, des festen Zählintervalls pro Eingang und der Superzyklusperiode kann die nötige Pause berechnet werden.

4. Einsätze und Erfahrungen

Das Zählratenmonitorsystem wurde bisher in zwei Experimenten eingesetzt:

- In Teilchen-Gamma-Winkelkorrelationsmessungen am Erlanger Tandembeschleuniger.
- Im Experiment PS185 am CERN /1/

In beiden Messungen bestätigte sich die Notwendigkeit einer solchen automatischen Überwachungseinrichtung. Teile des experimentellen Aufbaus wie Drahtkammern, Hodoskop und der Beschleunigerstrahl wurden überwacht und es war jederzeit ein schneller Überblick über die Funktionstüchtigkeit der einzelnen Komponenten möglich. Ausfälle an der überwachten Hardware konnten frühzeitig erkannt werden, sodaß die Messzeit gut genutzt werden konnte. Typische Fehler, die in den Aufbauten online entdeckt wurden, sind u. a.

- Änderung der Schwelle eines Diskriminators
- Ausfall eines Detektors
- Verschaltungsfehler nach einer Änderung der Elektronik
- Ausfall eines Netzgeräts für die Elektronikmodule oder die Hochspannungserzeugung für die Photomultiplier
- Schwankungen der Strahlposition am Target

Zur Spezifikation des Überwachungsprogramms wurde die in /2/ vorgestellte Spezifikationstechnik verwendet. Dieses Konzept zeichnet sich dadurch aus, daß es sich auch auf die durch Hardware realisierten Prozesse anwenden läßt, was eine umfassende und in sich geschlossene Beschreibung des Gesamtsystems ermöglicht. Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Punkt ist die leichte Erlernbarkeit auch für Nichtinformatiker und eine gute Lesbarkeit durch die aus mehreren Abstraktionsstufen entstehenden übersichtlichen Diagramme.

Schrifttum

/1/ P. Barnes et al.: Study of threshold production of $pp \rightarrow YY$ at LEAR, CERN/PSCC/81-40, 1981

/2/ A. Fleischmann, P. Holleccek, G. Kragl, J. Koch: Eine Spezifikationstechnik fuer verteilte Systeme, Beitrag zu dieser Veranstaltung, 1984

Stichworte: Z80-Mikrorechner, PEARL, Überwachung

Es wird ein Zählratenüberwachungssystem auf Z80-Basis für Beschleunigerexperimente vorgestellt. Das System ist in der Lage 160 Meßstellen zu bearbeiten und die Zählergebnisse an den Datenaufnahmerechner zu transferieren. Zum Einsatz gelangte es in Experimenten am Erlanger Tandembeschleuniger und im Experiment PS185 am LEAR bei CERN.

Keywords: Z80-microcomputer, PEARL, monitoring

A countrate monitor system for use in accelerator experiments is presented. It is capable of processing 160 inputs and transferring the results to the online recording computer. The system was used at the Erlangen Tandem Accelerator and in PS185 at LEAR/CERN.

Anschrift des Autors:

Besold, Rainer
Physikalisches Institut Abt III
Erwin Rommel Str. 1
8520 Erlangen
Tel: 09131/ 857088