



Abbildung 164: Auslesechip für den 7-zelligen Silizium Driftdetektor.

# Elektronikentwicklung

Gruppenleiter: M. Zimmer

**Zur Abteilung Elektronikentwicklung FE gehören die Fachgruppen FEA für digitale Datenverarbeitung, FEB für analoge Datenverarbeitung und Mess- und Regeltechnik sowie FEC für Mikro- und Optoelektronik.**

## Si-Driftdetektor

Derzeit entwickeln Mitarbeiter der Gruppe FEC ein neuartiges Silizium-Driftdetektor-Modul für den Einsatz in der Röntgen-Absorptionsspektroskopie. Das Modul basiert auf einem monolithischen 7-zelligen Detektorchip der Firma PNSensor GmbH aus München. Der Sensor hat eine aktive Fläche von  $7 \times 7 \text{ mm}^2$  und eine Dicke von ca.  $450 \mu\text{m}$ . Vordergründiges Ziel ist die Minimierung des Modulformfaktors durch Implementierung einer integrierten Schaltung zur Auslese der Detektorsignale in den Sensorkopf.

Im Berichtszeitraum wurde der Prototyp dieser Schaltung in der  $0.35 \mu\text{m}$ -BiCMOS Technologie der Firma AustriaMicroSystems AG aus Unterpremstätten in Österreich gefertigt und eingesetzt. Abbildung 164 zeigt eine Mikroskop-Aufnahme des Schaltkreises. Sechs benachbarte Kanäle (oben im Bild) und ein separater, siebenter Kanalbereich (unten im Bild) enthalten jeweils einen Eingangsverstärker mit Konstantstromquelle für eine äußere Beschaltung und ein Besselfilter vierter Ordnung mit einem Triggerausgang. Sieben unabhängig voneinander arbeitende Zeitbasis-Schaltungen steuern die Schreibzugriffe auf die nachfolgenden Analogspeicherblöcke. Der Lesevorgang

erfolgt zeitkontinuierlich und takt synchron mit einer Rate von 1 MHz pro Kanal. Zwei analoge Multiplexer fassen die gespeicherten Werte zu zwei analogen Signalströmen der Rate 6 MHz zusammen. Ein digitaler Schaltungsblock verhindert Konflikte zwischen den ereignisgetriggerten Schreib- und den von extern takt synchron gesteuerten Lesezugriffen.

Alle Kanäle sind vollständig differentiell ausgeführt. Die Gesamtfunktionalität ist auf einer Fläche von  $4.4 \times 3.6 \text{ mm}^2$  untergebracht. Die Stromaufnahme beträgt etwa 34 mA bei einer symmetrischen Versorgungsspannung von  $\pm 1.65 \text{ V}$ . Das entspricht einer Leistungsaufnahme von 16 mW pro Kanal. Bei einer Beschaltung des Eingangs mit dem JFET des Sensors wird dieser durch die chipinterne Stromquelle versorgt. In dieser Sourcefolger-Konfiguration ergibt sich eine Spannungsverstärkung von etwa 285. Die Triggerschwelle liegt bei etwa  $820 \mu\text{V}$ , wobei der Eingang eine Rauschspannung von ca.  $43 \mu\text{V}/\text{rms}$  aufweist. Eine Linearitätsabweichung unterhalb von 1% begrenzt den Eingangsdynamikbereich auf etwa 7.5 mV. Das Kanalübersprechverhältnis liegt ebenfalls unterhalb von 1%.

Erste Feldversuche am DORIS-Strahl ergaben, dass die Abweichungen vom linearen Verhalten bis  $\sim 36 \text{ keV}$  und die Linienverschiebung für veränderliche Zählraten bis  $\sim 400 \text{ kHz}$  jeweils unter 1% bleiben. Die maximale Linienbreite betrug ca. 600 eV FWHM für 8 keV (Cu-K $\alpha$ -Linie) bei 400 kHz. Das entspricht einer eingangs-äquivalenten Rauschladung von etwa 70 e-rms. Zur Verbesserung des Rauschverhaltens ist für 2007 eine Überarbeitung einzelner Schaltungsteile geplant. Simulationen und Messungen lassen eine Ver-

besserung des Chipauschanteils von bis zu 50% sowie Zählraten auch oberhalb von 600 kHz pro Kanal erwarten.

Die Entwicklungsarbeiten zur Hybridschaltung und zum Modulaufbau wurden 2006 abgeschlossen. Die erfolgreichen Labortests zusammen mit den o. g. IC gaben den Startschuss zur Kleinserienfertigung. Darüber hinaus wurden die 10 gelieferten Sensorchips bereits in den Modulaufbau integriert und abschließend spektral qualifiziert. Damit sind alle Voraussetzungen ihrer Verwendung im Verlauf des für 2007 geplanten, weiteren Zusammenbaus erfüllt.

## Beiträge für die Detektorentwicklung am XFEL

FE ist an zwei internationalen Konsortien beteiligt, die sich mit der Entwicklung von Detektoren für den XFEL für unterschiedliche Anwendungen beschäftigen. Ein Ansatz basiert auf der Entwicklung eines hybriden Pixeldetektors (HPAD), der andere favorisiert die Entwicklung einer 2-dimensionalen Röntgenkamera auf der Basis eines linearen Si-Driftdetektors (LSDD). Beim HPAD-Detektor wird die Bildgröße mehr als 1 M Pixel betragen, was mit der Bunch-Rate bei XFEL von 4000/s zu Datenraten in der Größenordnung von 10 GByte/s führt. FE möchte als Beitrag eine Datenerfassungselektronik, die dieser hohen Datenrate beherrscht. Auch beim LSDD-Projekt plant FE Beiträge zur im Kamerakopf integrierten Datennahmeelektronik beizusteuern.

Für beide Detektorkonzepte soll FE die Entwicklung des Kontroll- und Monitoring Systems, das die analogen Signale erfasst und für Computerauswertung und grafischen Darstellung aufbereitet. Beide Konsortien erhielten auf ihr „Expression of Interest“ (EoI) einen positiven Entscheid und die Aufforderung zur Anfertigung eines ausführlichen Vorschlags. Derzeit arbeitet FE an der detaillierten Ausgestaltung dieser Beiträge.

## Auswerteelektronik für hochpräzise Schlauchwaage für MEA2

Für eine neuartige, bei MEA2 entwickelte Schlauchwaage, wurde von der Gruppe FEB in Zusammenarbeit mit FEA die Auswerteelektronik mit zugehöriger Analysesoftware entwickelt. Die Schlauchwaage zeichnet sich dadurch aus, dass sie eine hochgenaue Höhenübertragung über große Entfernungen ermöglicht. Um diese hohen Genauigkeiten zu erreichen, wird eine freie Wasseroberfläche verwendet, weil sich hierbei Temperaturdifferenzen an den einzelnen Messstellen nicht mehr als Störsignal in den Messgrößen niederschlagen. Die Abtastung der Wasseroberfläche erfolgt mittels einer Ultraschall-Laufzeitmessung von der Wasserseite her. Um diverse Effekte zu eliminieren, die sich auf die Schallgeschwindigkeit auswirken (z. B. Temperatur des Mediums, Salzgehalt), aber auch um elektrische Driften und die Position des Sensors zu kompensieren, wird an jeder Messstelle während der Messung eine in-situ Kalibrierung durchgeführt. Diese Maßnahmen, zusammen mit der neu entwickelten, hochpräzisen Elektronik erlauben eine Höhenübertragung zwischen zwei Messstellen mit einer Genauigkeit von 1–2 µm.

## Ansteuerungselektronik für Laserdioden bei FLASH

Für den Einsatz bei FLASH hat FEA gemeinsam mit FEB für die Gruppe FLA Elektronik zur Ansteuerung und Regelung der Laserdioden entwickelt, die als Pumplaser im Bereich der optischen Synchronisation eingesetzt werden. Das System besteht aus Aufsteckkärtchen für die analogen Inputs und Outputs und einer VMEBus-Trägerplatine. Die Aufsteckkärtchen messen Lichtleistung und Temperatur der Laserdioden. Die eigentliche Ansteuerung und Regelung der Laserdioden übernehmen zwei kommerzielle, ultrastabile Bausteine, ein Treiber sowie ein thermoelektrischer Controller. Ein FPGA auf der Trägerplatine übernimmt die serielle Kommunikation zwischen den Aufsteckkärtchen und dem VMEBus, über den digitale Sollwerte

vorgegeben sowie Kontroll- und Statusinformationen zurückgelesen werden können. Die VME-Module werden über einen DOOCs Treiber angesprochen.

## Frontend Elektronik für CALICE

CALICE ist eine Studie zum Bau der Kalorimeter für einen Detektor am ILC. DESY ist mit der Gruppe FLC am analogen hadronischen Kalorimeter beteiligt. Hierfür hatte FEB 2005 die analoge Auslese-Elektronik entwickelt. Im Berichtsjahr beteiligte sich FEB daran, das Verhalten der Elektronik im Zusammenspiel mit den anderen Komponenten zu optimieren. Ebenso wurde der Aufbau eines großen Teils des Kalorimeters am CERN-Teststrahls vor Ort unterstützt. Mit den FEB vorhandenen Erfahrungen zur Optimierung der Masseführung und Vermeidung von Stromschleifen konnte schon zu Beginn der Messungen entsprechende Rauschteile unterdrückt werden.

## Sonstige Projekte und Tätigkeiten

FEB hat für den Einsatz bei der Strahldiagnostik schnelle ADC- Module für FLASH als Aufsteck-Platinen entwickelt. Basierend auf einem ADC-Baustein (LTC2208) mit einer Sampling-Rate von 130 MS/s sowie 16-bit-Auflösung wird ein Signal/Rauschverhältnis von 12.5 bit erwartet. Derzeit befindet sich der Prototyp in der Produktion. Diese Baugruppe wird auf einer in der Gruppe MKS entwickelten Trägerplatine eingesetzt werden.

Bei FLASH werden von der Gruppe FLA schnelle Wärmestrahlungsdetektoren (THz-Strahlung) eingesetzt, um Ausschluss über die Größe der Teilchenpakete (Bunche) im Beschleuniger zu erhalten. Im Berichtsjahr wurde eine Trägerplatine entwickelt, auf der 30 Detektoren auf einem Kreisbogen angeordnet sind

und die kommerzielle Hybrid-Verstärker ansteuert. Als Ausgangssignal wird ein Signal mit 4  $\mu$ s Zeitkonstante für ein 50-Ohm-Koaxialkabel erzeugt. Die Verstärkung als Ausgangsspannung zu im Sensor erzeugter Ladung entspricht 3.7 V/fC.

Bei MVA werden Vakuumsensoren zur Lecksuche eingesetzt. Die bisherige Bauart weist für die heutigen Anforderungen eine zu hohe Temperaturempfindlichkeit des elektrischen Nullpunkts auf. Die Analyse der eingesetzten Schaltung lieferte als mögliche Ursache, dass der Verstärker ( $I_{\text{bias}} < 100$  fA), der den Ionenstrom aufnimmt, zu stark durch die Glühkathode der Ionenquelle geheizt wird. Als Verbesserung wurde eine Schaltung entwickelt, die dieses IC mittels eines Peltierelements und einer SPS-Steuerung auf ungefähre Raumtemperatur regelt. Derzeit entwirft MVA die zugehörige Mechanik.

Für die bereits im Vorjahresbericht vorgestellte schnelle, intelligente Datenerfassungskarte für die Gruppe MHF-e war aufgrund der hohen Packungsdichte ein Redesign des Layouts zur Optimierung der Serienfertigung notwendig. Außerdem wurde in Zusammenarbeit mit der Experimentiergruppe zusätzliche Funktionalitäten im Schaltungsdesign berücksichtigt und die Firmware in beiden FPGAs erweitert und angepasst. Die Karte kann dadurch auch von der Gruppe MKK eingesetzt werden.

Für die von FEA entwickelten und bei HASYLAB bereits seit mehreren Jahren im Einsatz befindlichen Multi-Channel-Analyzer und Gate-Generatoren wurde eine Serie nachgefertigt sowie die Firmware neu programmiert.

FEA betreibt das ECAD Systems Mentor Graphics DXDesigner/Expedition. Im Berichtsjahr wurden zahlreiche neue Komponenten für die aktuellen Projekte eingepflegt, die Bedienerfreundlichkeit des Systems verbessert und Funktionalitäten erweitert.

Die Gruppe FEB hat zur Wartung und dem Betrieb des Quenchprotection-Systems für den HERA-p-Ring und das ZEUS-Experiment beigetragen. Für FLASH engagiert sich FEB weiterhin bei Studien und Verbesserungen der EMI/Signalintegrität.