



УДК 539.1.074.3

## **РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ АНАЛОГОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ СЧИТЫВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ДРЕЙФОВЫХ КАМЕР УСТАНОВКИ HADES**

*Э.Бадура\*, Ю.В.Заневский, С.П.Черненко*

Описаны результаты разработки аналоговой электроники для системы дрейфовых камер установки HADES, созданной на основе специализированной микросхемы ASD-8. Число каналов усилителя-дискриминатора — 16, питание —  $\pm 3$  В, потребляемая мощность  $\sim 30$  мВт/кан., разрешение пары импульсов — лучше 100 нс, печатная плата имеет размеры  $40 \times 90$  мм. Для подавления помех во входном неэкранированном каптоновом кабеле используется второй дифференциальный вход усилителя. С помощью данной электроники в отладочных сеансах на пучке получены высокие пространственное разрешение ( $\sigma \sim 65$ ) мкм и эффективность регистрации. Совместно с ГСИ, Дармштадт, организовано производство в промышленности около 32 тыс. каналов электроники.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

### **Development and Design of Analogue Read-Out Electronics for HADES Drift Chamber System**

*E. Badura, Yu. V. Zanevsky, S. P. Chernenko*

Results of the development of an analogue read-out electronics for the multicell drift chamber system of the HADES set-up are described. The electronics is based on the ASD-8 chip (ASIC). Main parameters of the final version are the following: the number of channels is 16, voltage supplies are  $\pm 3$  V, power dissipation is  $\sim 30$  mW/ch., double pulses resolution  $< 100$  ns, PCB dimensions are  $40 \times 90$  mm. The second differential input of the amplifier is used for HF-noise suppression. A spatial resolution of  $\sim 56$   $\mu\text{m}$  ( $\sigma$ ) has been obtained with this electronics during beam test. About 32000 channels have been produced in industry in collaboration with GSI, Darmstadt.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

---

\*ГСИ, Дармштадт

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Трековая система установки HADES [1,2] представляют собой 4 «чаши», состоящие из 6 заполняемых смесью на основе гелия многослойных дрейфовых камер (MDC). Чаши расположены попарно: две внутри сверхпроводящего магнита, две — снаружи. Такая конструкция и необходимость обеспечить максимально возможный телесный угол регистрации частиц накладывает на электронику считывания, всего около 30 тыс. каналов, требование высокой плотности упаковки,  $< 3,0 \text{ см}^2/\text{кан}$ . Кроме того, здесь должны быть обеспечены: а) высокая точность регистрации ( $\sim 100 \text{ мкм}$ ) и б) хорошее разрешение пары импульсов ( $< 100 \text{ нс}$ ). Поэтому электроника считывания, состоящая из усилителей, формирующих цепей («шейперов») и дискриминаторов, должна:

- 1) базироваться на микросхемах высокой степени интеграции, включающих сложные шейперы;
- 2) потреблять малую мощность,  $P_d < 50 \text{ мВт/кан.}$ ;
- 3) обеспечивать быстрый фронт усилителя и короткий импульс на входе дискриминатора.

Крайняя ограниченность площади для размещения электроники заставила резко сократить количество кабельных коммуникаций. Цифровая электроника кодирования (ВЦП и логика считывания) располагается на материнских платах непосредственно на камерах, а аналоговая электроника располагается на них в виде дочерних плат [1,3]. Данные с ВЦП, после подавления «нулей» (составляющих до 90% всей информации), передаются в DAQ по немногочисленным плоским кабелям. Подвод сигналов на вход усилителя осуществляется через плоские гибкие каптоновые кабели, поскольку использование более жестких (тем более экранированных) элементов передачи не представлялось возможным. В связи с этим возникли дополнительные проблемы: а) защиты входов усилителей от высокочастотных наводок, возникающих от работающей в непосредственной близости цифровой электроники (характерные параметры непрерывно генерируемых здесь импульсов опорного сигнала: амплитуда — до 5 В, фронт  $\sim 2 - 4 \text{ нс}$ ); б) перекрестных наводок в соседних каналах и в) обеспечения качественной «земли» между камерой, аналоговой электроникой считывания и цифровой электроникой кодирования.

## 2. БАЗОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ АНАЛОГОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

В качестве базового элемента нами была предложена и использована специализированная микросхема ASD-8 [4]. Микросхема состоит из 8 одинаковых каналов, каждый из которых содержит быстрый малощумящий усилитель, схему формирования коротких импульсов и дискриминатор. В состав шейпера входит схема отсечки «ионного хвоста», характерного для газовых проволочных детекторов. Эта микросхема, работающая от напряжения  $\pm 3 \text{ В}$ , отличается малой потребляемой мощностью  $< 30 \text{ мВт/кан}$ . Собственный фронт усилителя  $\sim 6 \text{ нс}$ , что обеспечивает хорошее временное разрешение, но при этом повышает чувствительность к наводкам. Однако наличие в микросхеме дифференциальной структуры всех звеньев канала предоставляет возможность существенно улучшить помехоустойчивость. Это качество оказалось в нашем случае исключительно полезным для уменьшения высокочастотных наводок на входные каптоновые кабели (неэкранированные, длиной от  $\sim 10$  до 40 см) с выхода дискриминатора и от внешних высокочастотных помех.

### 3. УСИЛИТЕЛЬ-ФОРМИРОВАТЕЛЬ

Основные результаты были получены при разработке первой 8-канальной версии усилителя-дискриминатора, изготовленного в ОП ОИЯИ. Первые испытания, проведенные в ЛВЭ ОИЯИ на дрейфовой камере с конструктивными параметрами, близкими к MDC-2 (вторыми по величине), и продуваемой смесью на основе гелия, показали перспективность применения этой микросхемы для указанной задачи (устойчивая работа в реальных условиях, плато счетной характеристики не менее 200 В, импульсы после формирования имеют ширину по основанию  $< 50$  нс) [5,6]. С помощью этой электроники были проведены первые испытания полномасштабного прототипа MDC-2 на пучке протонов в ГСИ [7]. Было получено высокое ( $\sigma \sim 65$  мкм) пространственное разрешение и хорошая эффективность регистрации при использовании смеси на основе гелия с применением данной аналоговой электроники. В процессе дальнейшей проработки вопросов размещения камерной электроники выявилась необходимость значительно увеличить плотность размещения каналов. Это было реализовано в окончательной 16-канальной версии усилителя-формирователя (DB-16).

Схема DB-16 выполнена на печатной многослойной плате, имеющей размеры  $40 \times 90$  мм, что составляет всего  $\sim 2$  см<sup>2</sup>/кан. На сигнальном входе установлена защитная цепочка на основе диода BAV99. Второй дифференциальный вход усилителя соединен с «пустой» линией, идущей во входном кабеле параллельно с сигнальной, обеспечивая подавление синфазных помех. Выходные токовые импульсы с ASD-8 преобразуются в дифференциальный сигнал ( $\pm 0,6$  В), требуемый по спецификации применяемых ВЦП, с помощью сопротивлений нагрузки и опорного напряжения. Дифференциальный характер выходного сигнала уменьшает наводку на вход усилителя и одновременно повышает точность срабатывания кодировщика. Поскольку выходной ток дискриминатора ограничен ( $\sim 3$  мА), были приняты меры для минимального увеличения входной емкости ВЦП за счет трассировки, чтобы предотвратить уменьшение амплитуды коротких выходных импульсов вследствие интегрирования. Указанная организация выходных цепей позволила обойтись без дополнительного выходного буфера, что было весьма важно, принимая в учет критические проблемы с плотностью монтажа и потребляемой мощностью. Для контроля за работой детектора на части плат организована схема мониторинга аналоговых сигналов по коаксиальному кабелю (рис. 1). Этот выход (разъем LEMO) может быть при необходимости использован для вывода сигнала «Общее ИЛИ», реализованного на плате на базе операционного усилителя LM7131, способного работать от низковольтного напряжения  $+3$  В.

**Основные параметры DB-16:** число каналов — 16, собственные шумы — 1 фКл, фронт усилителя — 6 нс, передаточное сопротивление усилителя —  $\sim 70$  кОм, потребляемая мощность — 30 мВт/кан., напряжение питания —  $\pm 3$  В, вход и выход — дифференциальные.

Платы усилителей-формирователей после комплексных испытаний были подготовлены совместно с ГСИ для «mass-production» и изготовлены фирмой «Stephan Electronics» в количестве  $\sim 32$  тыс. каналов. Укомплектованные этой электроникой 2 модуля, MDC-1 и MDC-2, успешно проработали в 2 сеансах на пучке в ГСИ в сентябре и декабре 1999 г. Отмечена устойчивая работа, отсутствие увеличения шумов после интеграции этих детекторов в установку, и получена высокая эффективность ( $\geq 98\%$ ) регистрации треков частиц.

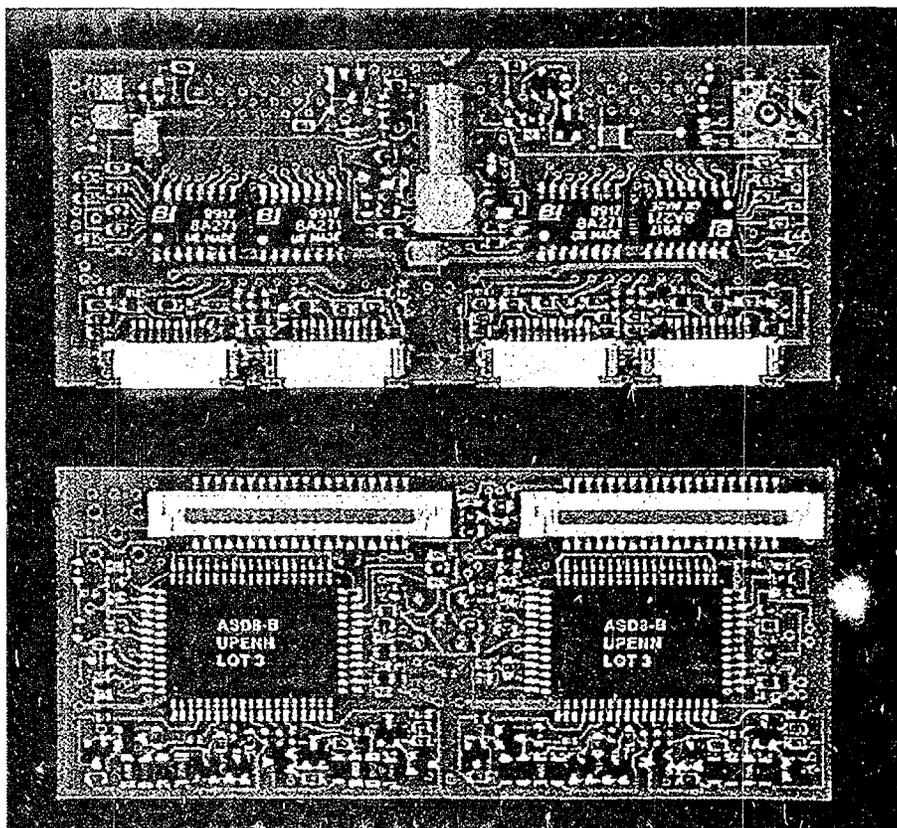


Рис. 1. 16-канальная плата аналоговой электроники DB-16 со схемой мониторинга сигналов по коаксиальному кабелю (вид сверху и снизу). Размер платы 40 × 90 мм

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Л.П.Смыкову, О.В.Фатееву, С.Garabatos, С.Muentz, J.Stroth, J.Wustenfeld, P.Zumbruch за помощь в работе и полезные консультации, а также А.Е.Московскому за монтаж первых экземпляров 8- и 16-канальных усилителей-формирователей.

#### Литература

1. HADES. Proposal for a High-Acceptance Di-Electron Spectrometer. Draft. — GSI, Darmstadt, 1993.
2. HADES: Status and Progress Report (The HADES Collaboration) — GSI Sci. Report 1998 (GSI, May 1999 ), p.184.
3. Garabatos C., Karig W., Muentz C. et al. — Nucl. Instr. Meth., 1998, v.A412, p.38.

4. Newcomer F.M., Tedja S., Van. Berg R. et al. — IEEE Trans. Nucl. Sci., 1993, NS-40, No. 4, Part 1, p.630.
5. Chernenko S.P., Zanevsky Yu.V. — In: Proceedings of the HADES Workshop, NPI, Rez near Prague, Czech Republic, June, 12 -16, 1996.
6. Chernenko S.P., Fateev O.V., Zanevsky Yu.V. — JINR Preprint E17-97-60, Dubna, 1997, p.11.
7. Черненко С.П., Фатеев О.В., Заневский Ю.В. и др. — Краткие сообщения ОИЯИ, 1999, № 5,6[97]-99, с.22.