



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2005–14
ОАФ

Р.И. Джелядин, А.К. Коноплянников, В.Д. Матвеев, В.П. Новиков

**Модульная система электроники
для стендов цезиевой калибровки
элементов адронного калориметра
установки ЛНСб**

Протвино 2005

Аннотация

Джелядин Р.И., Коноплянников А.К., Матвеев В.Д., Новиков В.П. Модульная система электроники для стендов цезиевой калибровки элементов адронного калориметра установки LHCb. Препринт ИФВЭ 2005–14. – Протвино, 2005. – 8 с., 4 рис., библиогр.: 8.

Описываются архитектура и характеристики электронных модулей стендовой системы изучения характеристик и калибровки элементов (модулей) адронного калориметра (HCAL) (LHCb эксперимент). Рассматриваемая система реализована на базе CAN-bus с использованием CANopen концепции коммуникаций.

Работа выполнена в рамках участия ИФВЭ в сотрудничестве LHCb (CERN).

Abstract

Dzheljadin R.I., Konopljanikov A.K., Matveev V.D., Novikov V.P. Modular System of Electronics for Benches of Caesium Calibration of Elements the Hadron Calorimeter (LHCb Installation): IHEP Preprint 2005–14. – Protvino, 2005. – p. 8, fig. 4, refs.: 8.

In work are described architecture and characteristics of electronic modules of bench system for studying and calibrations of elements (modules) of the hadron calorimeter (HCAL) (LHCb experiment). The considered system is realized on CAN-bus with use CANopen concept of communications.

Work is executed within the framework of IHEP membership in LHCb collaboration (CERN).

Введение

Система калибровки элементов (модулей) адронного калориметра (HCAL) [1] служит для оценки разброса откликов каналов калориметра путем измерения интегральных токов каналов при прохождении через калориметр (по гидромагистрали) цезиевого гамма источника Cs^{137} [2].

Пионерские работы по реализации этой идеи проводились группой разработки адронного калориметра установки ATLAS [3, 4], чей опыт мы использовали в виде результатов исследований и отдельных оригинальных технических решений по конструкции капсулы с радиоактивным источником, конструкции гаража, клеевых соединений на гидромагистрали, конструкциям датчиков давления в магистрали и индуктивных датчиков контроля перемещения капсулы по трубопроводу.

Мы приносим персональную благодарность за полезные консультации и техническую помощь А.Я. Васину, С.В. Копикову, М.М. Солдатову, Е.А. Старченко, Е.Н. Чернову, Н.А. Шаланде.

1. Общая схема стендового варианта системы калибровки модулей HCAL

В стендовом варианте система калибровки охватывает только один модуль HCAL и не более 40 каналов считывания сигналов калибровки (не более 40 ФЭУ).

В ней выделяются три большие подсистемы:

- гидросистема для перемещения радиоактивного источника (рис. 1);
- система высоковольтного питания ФЭУ и интегрирования сигналов калибровки (рис.2);
- система управления калибровкой (рис. 3).

Предметом данной работы является описание системы управления калибровкой. Работа выполнена в рамках участия ИФВЭ в сотрудничестве LHCb (CERN).

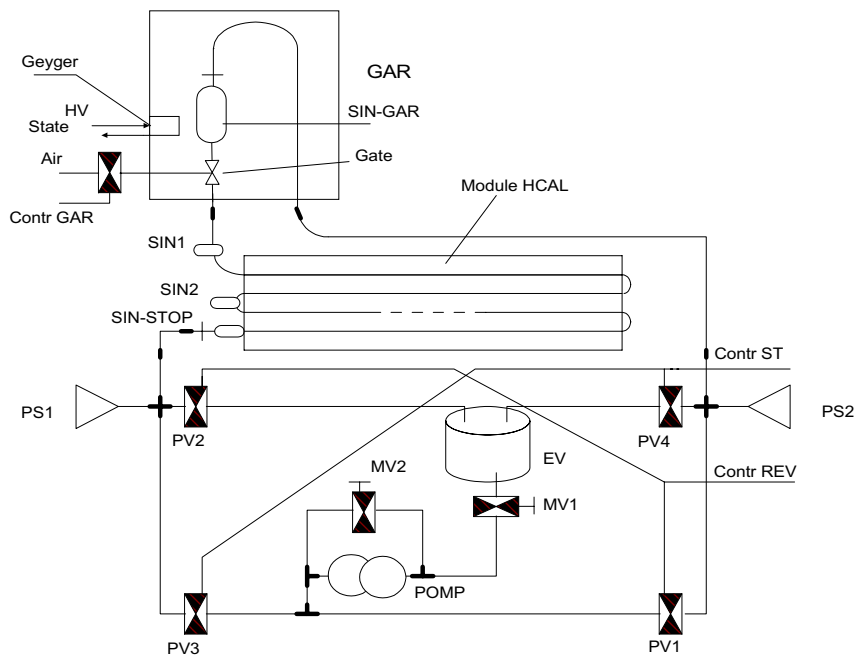


Рис. 1. Гидросистема.

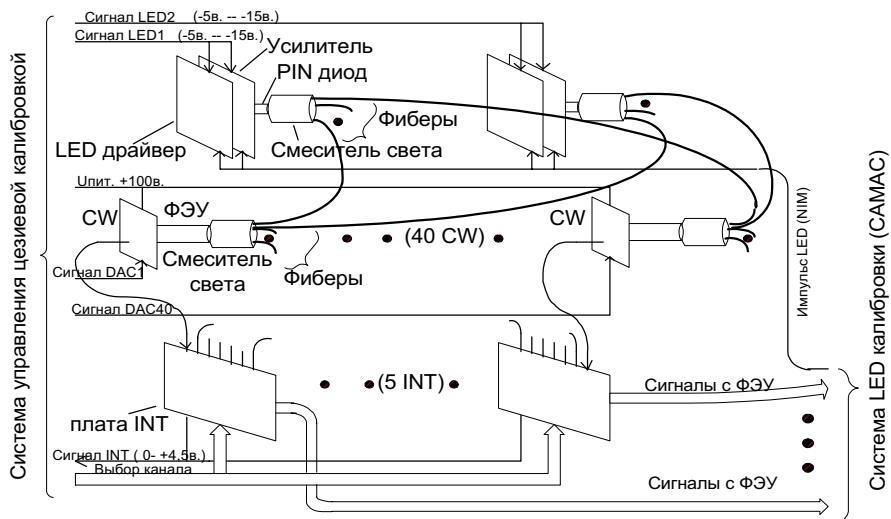


Рис. 2. Система питания и опроса ФЭУ.
CW – Схема питания ФЭУ на Cockroff-Walton.

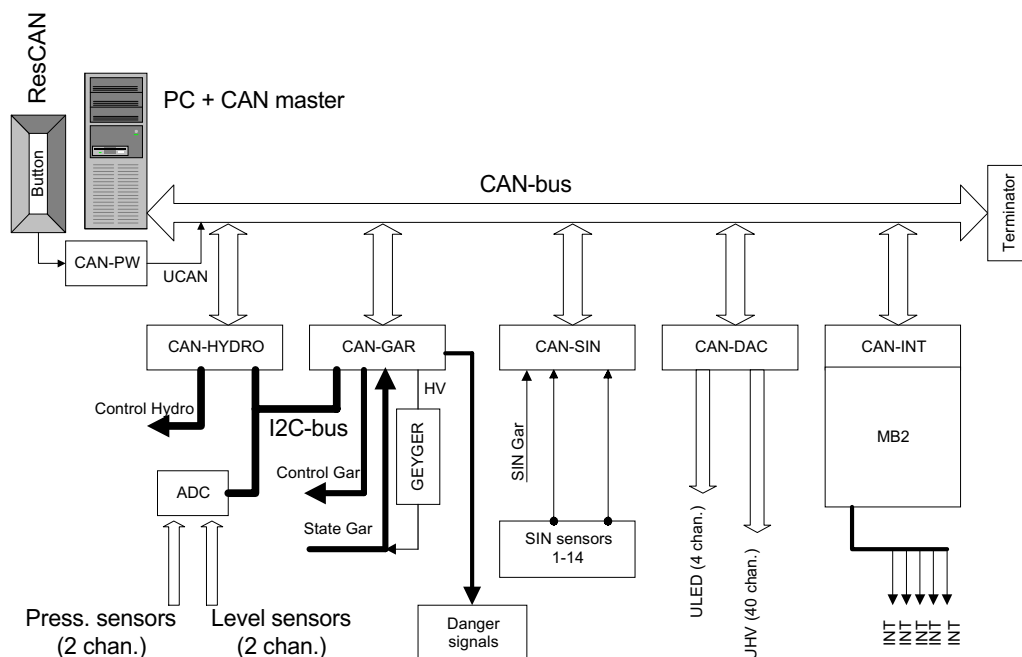


Рис. 3. Система управления калибровкой.

2. Общие принципы построения системы управления калибровкой

Система управления построена как централизованная сеть (с одним CAN мастером в сети) для управления и сбора данных на базе шины CAN-bus. Используется CANopen ориентированная концепция управления коммуникациями в сети, описанная в [5].

Программная реализация монитора сети базируется на CAN мастер независимой библиотеке процедур и функций, реализующих доступ к большинству определенных в концепции объектов и процедур. Для обеспечения требуемой высокой скорости передачи данных в сети разработан механизм потокового управления CAN-bus сообщениями с многоканальной буферизацией и фильтрацией сообщений монитором сети. В практике реализации двух стендов калибровки были разработаны две идентичные версии монитора сети для двух разных CAN мастер плат в PC CAN-bus-ISA Marathon [6] и PCican HS/HS Kvaser [7], а для тестовых целей – усеченная версия монитора сети для платы NI-CAN-ISA National Instruments [8].

Аппаратная реализация CAN-SLAVE модулей базируется на использовании унифицированного CAN-NODE [5] и модульной мезонинной конструкции – материнская плата формата U6 (Евромеханика) на три мезонина с интерфейсом CAN-NODE, одним из которых является сама плата CAN-NODE. Материнская плата содержит также стабилизатор основного питания +5 В, опционно – стабилизаторы дополнительных питаний +/-12 В, дешифратор линий выборки (Seli) на 8 линий и разъем выхода на приборы шины 3-WIRE.

3. Некоторые особенности CAN-NODE

Функциональная схема, интерфейс и основные черты CAN-NODE (рис. 4) описаны в [5], поэтому здесь приводятся только дополнительные возможности настройки CAN-NODE.

С помощью джамперов JID устанавливается смещение для ID CAN модуля (0–7) и одна из двух запрограммированных скоростей работы на CAN-bus (для стендового варианта – 1 или 0.5 Мбит/с). Для настройки интерфейса CAN-NODE под конкретный CAN модуль используются джамперы выбора сигналов управления трансляцией данных с/на шину DINT (JSEL и JDIR) и выбора строба адреса на шине ADRINT (JSTRA).

При использовании в CAN-NODE микроконтроллеров, имеющих модуль последовательного программирования по SPI (AT89S52 или AT90S8515), возможно их внутрисхемное программирование через специальный разъем содержащий SPI интерфейс и RS-232 интерфейс для программатора PonyProg.

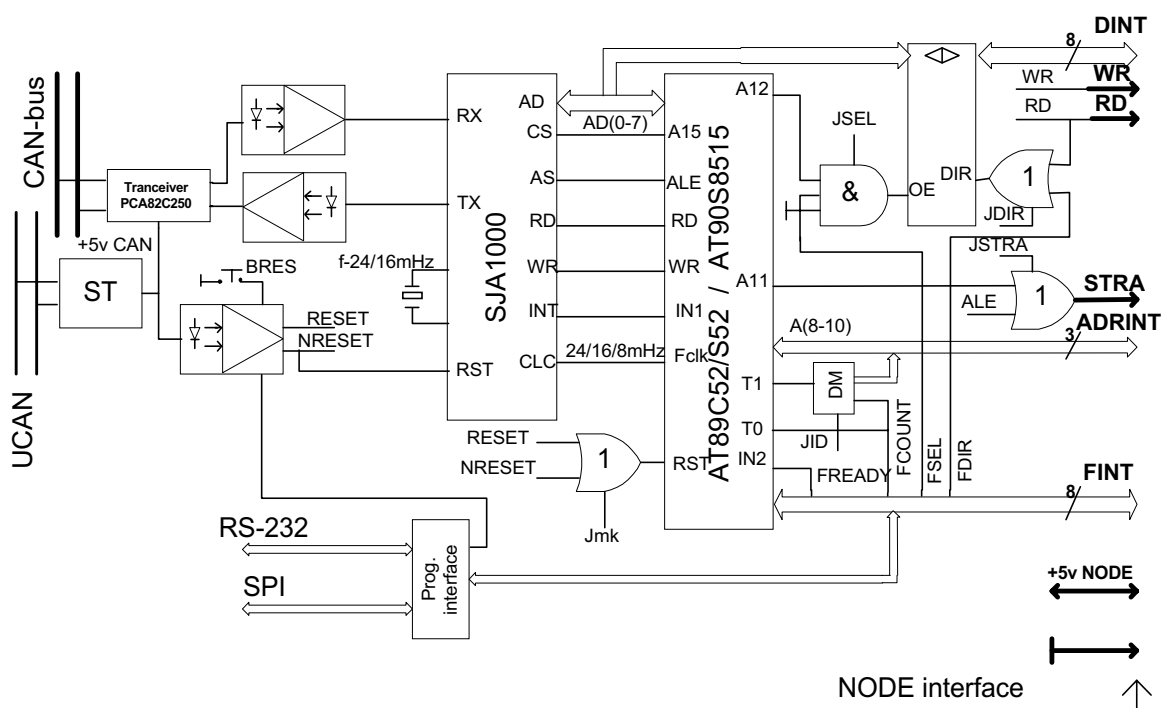


Рис. 4. Схема унифицированного CAN-NODE.

4. Управление гидросистемой

Управление и контроль в гидросистеме (рис. 1) осуществляются через модуль CAN-HYDRO. Элементами управления являются электромагнитные клапаны включения прямого и обратного направления тока воды (PV1+PV2, PV3+PV4), перемещающей капсулу с радиоактивным источником, клапан переключения скорости движения воды по гидромагистрали (клапан BY-PASS или MV2) и нагнетающая гидропомпа. Элементами контроля являются датчики давления воды на входе и выходе магистрали гидросистемы (PS1,PS2) и датчики уровня воды в накопительном бачке (EV). Используются датчики давления типа MPX5700D (Motorola) с тер-

мокомпенсированным нормированным выходом (0 – +4,5 В) и автомобильный поплавковый датчик уровня с контактным концевиком и резистивным выходом (0 – 350 Ом).

На модуле осуществляется ручное (с лицевой панели модуля) и программное управление. Программное управление реализуется в CAN-NODE в стандартной OPEN моде в режиме Simple Control [5].

Функции контроля осуществляются опросом датчиков, подсоединенных к модулю через шину I2C, и реализуются в CAN-NODE в закрытой моде записи-чтения данных по стандартной шине I2C (CLOSE I2C)[5]. Для АЦ преобразования сигналов датчиков и их связи с шиной I2C используется 8-разрядный 4-канальный АЦП типа AD7417.

Дешифрация управления, шифрация и опрос состояний, аппаратная блокировка недопустимого совмещения в управлении реализуются на PLD фирмы Atmel ATF1504AS.

Для питания клапанов и помпы используется сетевое напряжение 220 В управляемое через триаки типа BT139-600 с оптронными ключами МОС-3041, обеспечивающими переключение триаков по переходу фазы напряжения через ноль, т.е. с минимизацией наводок на электронику.

5. Управление гаражом

Управление гаражом осуществляется через модуль CAN-GAR.

Гараж (GAR) (Рис.1) – это толстостенный свинцовый контейнер, в который перемещается и запирается капсула с радиоактивным источником на время между калибровками модулей. Так обеспечивается радиационная безопасность персонала в помещении стенда калибровки.

Элементами управления гаража являются электромагнитный привод воздушного клапана (AIR) открывания гаража и формирователь высоковольтного напряжения для счетчика Гейгера, контролирующего нахождение радиоактивного источника в гараже.

Элементами контроля являются дискретные сигналы состояния “ворот” гаража (gate), состояние напряжения на счетчике Гейгера (“вкл./выкл.” и “в норме/ниже нормы”), аппаратно формируемый интегральный сигнал “источник в гараже/вне гаража” и непосредственно сигналы со счетчика Гейгера, подлежащие программной обработке. Сигнал “источник в гараже/вне гаража” выводится на переднюю панель модуля для индикации на предупредительном табло (Danger signals).

Все управление и контроль реализуются в CAN-NODE в OPEN моде в режиме Simple Control. Модуль имеет выход на шину I2C и может дублировать функции модуля CAN-HYDRO по опросу датчиков давления и уровня в закрытой моде CLOSE I2C.

На передней панели модуля CAN-GAR имеются органы ручного управления воздушным клапаном (блокировка программного включения, разрешение программного включения, ручное включение) и включением высокого напряжения на счетчик Гейгера. При ручном включении высокого напряжения обеспечивается независимый от CAN-bus и программы постоянный аппаратный контроль и индикация (световая и звуковая) нахождения радиоактивного источника в гараже.

6. Контроль перемещения радиоактивного источника

Контроль перемещения (по гидромагистрالي) капсулы с радиоактивным источником в калибруемом модуле осуществляется через модуль CAN-SIN.

Модуль имеет 8 или 16 входов (каналов) для подсоединения индуктивных сенсоров (SIN датчиков), регистрирующих прохождение под ними алюминиевой капсулы с радиоактивным источником. Два старших (по номеру) входа используются для регистрации нахождения капсулы в гараже (SIN-GAR) и в стопере (SIN-STOP) (рис. 1). Используемый принцип регистрации прохождения капсулы через SIN датчик по изменению собственной частоты контура, обра-

зованного катушкой сенсора, подводящим кабелем и относительно стабильным конденсатором на входе, был изучен и применен ранее в похожей системе регистрации перемещения радиоактивного источника при калибровке адронного калориметра установки ATLAS [3, 4].

Примененная схема цифровой обработки сигналов сенсоров с помощью отдельного исполнительного микроконтроллера AT90S2313, управляемого микроконтроллером CAN-NODE, разработана совместно с Н.А. Шаландой. Реализовано 11 различных команд управления исполнительным микроконтроллером, обеспечивающих: контроль интерфейса с CAN-NODE, CRC контроль целостности микропрограммы, запись и чтение EEPROM, опрос частот каналов (опрос счетов), опрос последнего сработавшего канала.

Записью в EEPROM программируются (устанавливаются):

- маскирование каналов;
- пороги (мин. и макс.) девиации частоты для фиксации срабатывания SIN каналов;
- частота и длительность периодов измерения (периодов подсчета сигналов частот каналов);
- мода обработки измеряемых счетов для регистрации срабатывания каналов (динамическая или статическая);
- опорные счета калибровки каналов SIN-GAR и SIN-STOP, обрабатываемых по отличному (от других каналов) алгоритму;
- опорные счета калибровки всех остальных каналов для обработки в статической моде;
- протокольный Time-out для интерфейса с микроконтроллером CAN-NODE.

Программный интерфейс и управление микроконтроллером AT90S2313 реализуются в CAN-NODE в стандартной (для CAN-NODE) закрытой моде микропрограммной реализации Hand Shake интерфейса с микроконтроллером исполнительного устройства (CLOSE HAND SHAKE) [5].

7. Установка высокого напряжения и питания LED драйверов в системе питания и опроса ФЭУ

Эти функции выполняются с помощью модуля CAN-DAC.

Модуль обеспечивает 20 или 40 каналов управления напряжением питания для ФЭУ (0 – +4,5 В) (DAC каналы) и 2 или 4 канала управления питанием LED драйверов (-5 – -15 В) (LED каналы). Схема питания и опроса ФЭУ и LED калибровки показана на рис. 2.

В модуле CAN-DAC используются 8-разрядные 8-канальные ЦАП типа TLC 5628 с 3-WIRE интерфейсом. Опорные напряжения (U_{ref}) для ЦА преобразования устанавливаются потенциометрами на платах отдельно для DAC и LED каналов. Программирование канала выполняется заданием для канала 8-битного кода амплитуды и бита “Range”. Для Range “0” точность преобразования составляет $\frac{1}{2}(U_{ref}/255)$, а для Range “1” – $(U_{ref}/255)$.

Операции программирования каналов выполняются в CAN-NODE в стандартной закрытой моде микропрограммной реализации записи и чтения по трехпроводной шине (CLOSE 3-WIRE) [5].

8. Управление опросом сигналов цезиевой калибровки

Эти функции выполняются через модуль опроса интеграторов токов ФЭУ CAN-INT.

В стендовом варианте модуль обеспечивает опрос до 5 плат интеграторов (до 40 каналов интегрирования с 40 ФЭУ). В отличие от всех остальных модулей в стендовой системе калибровки, CAN-INT имеет нестандартное исполнение в виде широкоформатной платы с унифицированным CAN-NODE мезонином.

К модулю CAN-INT предъявляются наиболее высокие в системе управления калибровкой требования по объему и скорости передачи данных, поэтому все функции по переключению опроса каналов интегрирования, оцифровке сигналов каналов, записи оцифрованных данных во внутреннюю память модуля выполняются на аппаратном уровне. В рабочем режиме программно через CAN-NODE выполняются только старт цикла опроса интеграторов, начиная с заданного канала, и разрешение чтения накопленных данных (80 байт) из памяти, а само чтение блока данных и передача их в CAN-bus реализуются в CAN-NODE микропрограммно.

Рабочий цикл опроса интеграторов составляет около 5мс., из которых 1 мс осуществляется собственно опрос интеграторов с записью данных в память, а 4 мс отводятся на считывание и передачу данных по CAN-bus обрабатывающей программе и старт следующего цикла опроса интеграторов. Эта процедура названа “опросом с программным стартом”. Она не использует в полной мере возможности по буферизации входных данных на уровне CAN-bus драйвера в PC и в условиях многозадачной операционной системы (в нашем случае WINDOWS 2000) не может обеспечить стабильность рабочего цикла опроса интеграторов. Это усложняет процедуру программной обработки сигналов калибровки, а в отдельных случаях (при больших паузах в запуске циклов опроса) может приводить к потере калибровочных данных.

Для преодоления этого недостатка реализована другая процедура, названная “опросом с автостартом”. В ней старты опроса интеграторов с необходимой частотой задаются сигналами аппаратного генератора импульсов, а программно через CAN-NODE осуществляются однократное (в начале работы) включение чтения данных и, по мере необходимости, смена начального канала опроса. При калибровке одного модуля калориметра необходимость в смене начального канала опроса отсутствует. В процедуре “опроса с автостартом” в полной мере используется возможность буферизации CAN-bus драйвером принимаемых данных и достигается стабильность рабочего цикла опроса при отсутствии потери данных. Более сложная для данной процедуры синхронизации процессов в CAN-NODE достигается микропрограммными средствами.

Обе процедуры выполняются в CAN-NODE в специальной закрытой моде (CLOSE INT), использующей внутри себя стандартную прозрачную (TRANSPARENT) моду передачи данных и режим быстрой блочной обработки PDO сообщений (режим MIDDLE) [5], которые вместе обеспечивают высокую скорость обработки и передачи данных в CAN-NODE. При работе CAN-bus на его максимальной скорости 1 Мбит/с имитационная программа ускоренного опроса интеграторов обеспечивала до 70% загрузки CAN-bus передачей данных от интеграторов.

Для тестовых целей предусмотрены более медленные процедуры программной записи и чтения памяти данных и калибровки самих интеграторов с помощью программируемых тестовых аналоговых сигналов. Эти процедуры выполняются в стандартной прозрачной моде с медленным (SLOW) [5] режимом обработки PDO сообщений.

Заключение

Описанная система стендовой электроники для цезиевой калибровки отдельных модулей адронного калориметра (HCAL) прошла в виде двух рабочих стендов длительные испытания и отработку в процессе изготовления и тестирования всех 52 модулей HCAL и их выборочной сравнительной калибровки в “beam” тестах на пучках ускорителя SPS (CERN). Полученный опыт и опробованные программные и технические решения приняты за основу в разработке системы цезиевой калибровки HCAL в составе установки LHCb.

Список литературы

- [1] R. Dzhelyadin. The LHCb Hadron Calorimeter. NIM A494/1 -3, p. 332, 2002.
- [2] Y.Gouz et al. Design and integration of HV, LED monitoring and radioactive -source System for HCal. LHCb - 2003- 147.
- [3] TileCal Technical Design Report, CERN/LHCC 96-42, 15 December 1996.
- [4] E.Starchenko et al. Cesium monitoring system for ATLAS Tile Hadron Calorimeter. NIM in Physics Research A 494 (2002) 381 -384.
- [5] В.Д. Матвеев, В.П. Новиков. Коммуникационная система для централизованной архитектуры сбора данных и управления по шине CAN-bus. Препринт ИФВЭ 2005-13. – Протвино, 2005.
- [6] www.marathon.ru
- [7] www.kvaser.se
- [8] www.ni.com

Рукопись поступила 13 мая 2005 г.

Р.И. Дзелядин, А.К. Коноплянников, В.Д. Матвеев, В.П. Новиков.
Модульная система электроники для стендов цезиевой калибровки элементов
адронного калориметра установки LHCb.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы *Word*.

Редактор Н.В. Ежела.

Подписано к печати 18.05.2005. Формат 60 × 84/8. Офсетная печать.
Печ.л. 1,12. Уч.–изд.л. 0,9. Тираж 130. Заказ 51. Индекс 3649.
ЛР №020498 от 17.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий,
142284, Протвино Московской обл.

Индекс 3649

ПРЕПРИНТ 2005-14, ИФВЭ, 2005
