

---

**ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ  
В ЛАБОРАТОРИЯХ**

---

УДК 621.383.9

**АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ОПТИЧЕСКОГО СИГНАЛА  
В РЕЖИМЕ СЧЕТА ФОТОНОВ**

© 2022 г. Н. Г. Зайцев, А. И. Надеев

Поступила в редакцию 20.05.2022 г.

После доработки 16.06.2022 г.

Принята к публикации 18.06.2022 г.

DOI: 10.31857/S003281622206009X

Система регистрации PHCOUT\_4E предназначена для приема сигнала в режиме счета фотонов в составе лидаров различного назначения и иных приложений, связанных с многоканальной регистрацией потока импульсов. В настоящее время можно приобрести подобные устройства для использования их в составе лидаров [1]. Как правило, предлагаемые устройства малопригодны для комплектации мобильных лидаров, работают только совместно с компьютерами и не предназначены для удаленной автономной работы.

Разработанная система регистрации основана на архитектуре клиент–сервер. Аппаратная часть счетчика фотонов базируется на бюджетной отладочной плате EBAZ4205, смонтированной в корпусе с необходимыми разъемами. Каналы считывания счетных и стартовых сигналов, генерация разверток по времени поступления отсчетов сигналов реализованы в проекте счетчика фотонов, подготовленного в среде разработки Xilinx Vivado. Имеется возможность работы данного устройства в режиме счета совпадений счетных импульсов для произвольной комбинации каналов. На рис. 1 представлена блок-схема экспериментальной установки, состоящей из четырех фотоприемных модулей фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) H12386 SERIES [2], счетчика PHCOUT\_4E, роутера для подключения к сети. Потоки TTL-импульсов с выходов ФЭУ поступают в подсистему формирования результатов накопления с распределением импульсов по стробам дальности. Основной модуль системы регистрации выполнен с использованием бюджетной платы EBAZ4205 на основе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) XILINX Zynq с двумя ядрами процессоров ARM CORTEX-A9 [3]. Функции предварительной и окончательной обработки данных разделены между процессорами в составе Xilinx Zynq и программой, установленной на удаленном от экспериментальной установки компьютере.

Система счета PHCOUT\_4E содержит 8 независимых каналов, 4 счетных канала, 4 канала фиксации переполнений. Быстрые счетчики всех четырех каналов для входных TTL- или LVDS-сигналов могут работать на частотах до 200 МГц (TTL) и 600 МГц (LVDS). Кварцевый внутренний генератор обеспечивает формирование стробов, в которых суммируются счетные импульсы. Длительность стробов может варьироваться от 10 нс до 1 мс с задержкой относительно внешнего запуска от 10 нс до 1 мс. Синхронизация с внешними событиями осуществляется по выбору через два независимых входа сигналом TTL-уровня либо световым импульсом по оптоволокну. Сигналы TTL-уровня в четырех каналах переполнения регистрируются аналогично сигналам на основных счетных входах.

PHCOUT\_4E работает как веб-сервер, доступ к которому можно получить с любого подключенного к Интернету компьютера или смартфона, введя IP-адрес в веб-браузере. PHCOUT\_4E можно подключить к сети либо с помощью сетевого кабеля, либо через Wi-Fi. Система поставляется с предустановленной ОС Linux, блоком питания, разъемами SMA. На поставляемой с прибором карте SD имеется все необходимое программное обеспечение, однако не вызовет никаких затруднений и загрузка с собственной карты. Частота периодов счета определяется внешней синхронизацией и задает временной интервал сбора данных. Длительность одного периода равна установленной длительности строба, умноженной на число стробов. Минимальное время между последовательными периодами определяется скоростью передачи данных из оперативной памяти счетчика в SD-карту. Последующий период блокируется, пока не обслужен предшествующий стартовый период. Все зарегистрированные данные счета сохраняются в бинарном формате на SD-карте как для отдельного сканирования, так и для суммы определенного числа сканов. Данные

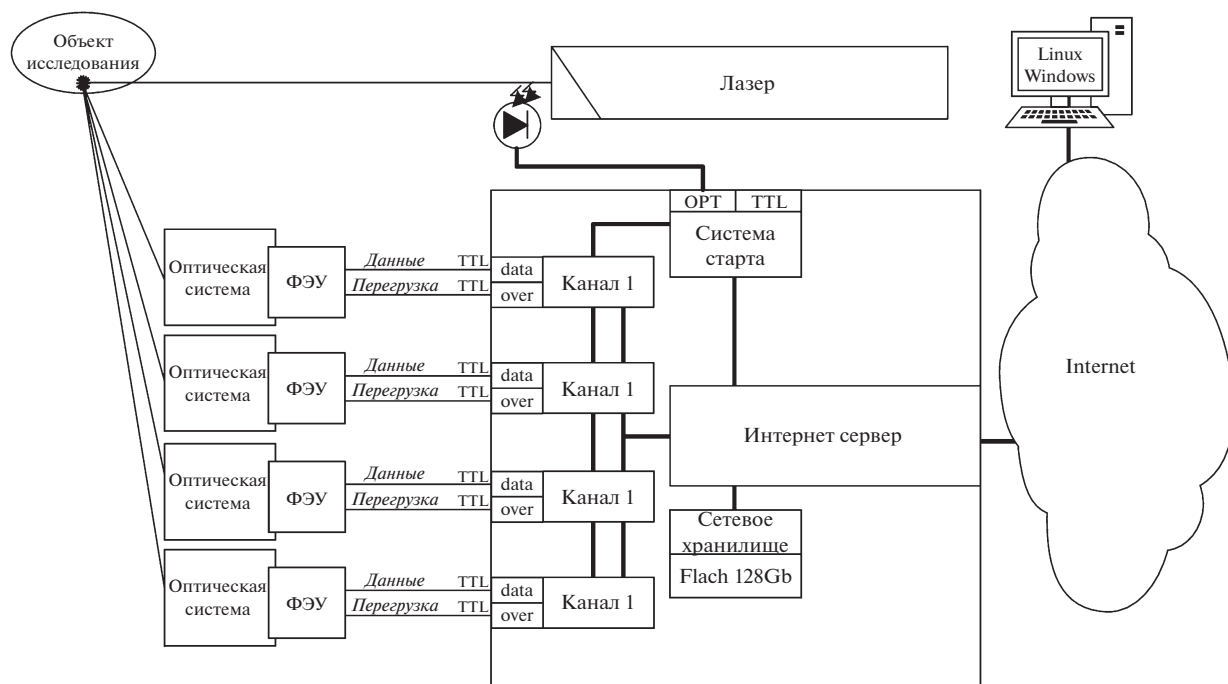


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки. ОПТ – оптический вход.

доступны по Ethernet как во время сбора данных, так и после завершения эксперимента.

**Основные технические характеристики.** Уровень счетных импульсов TTL (дополнительно LVDS); число каналов – 4; скорость счета – 200 МГц (600 МГц для LVDS) на канал; входной импеданс – 50 Ом; память на канал – 16 Кбайт; память для сбора данных – карта sd 128 Гбайт; пространственное разрешение (устанавливаемое) – от 1.5 до 150 м; синхронизация – TTL-сигнал с частотой до 10 кГц либо оптический канал; интерфейс

связи с персональным компьютером – Ethernet; габариты – 137 × 120 × 40 мм; питание – 12 В, 2 А.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gated photon counter SR400. Stanford Research Systems. [www.thinksrs.com](http://www.thinksrs.com)
2. Photon counting heads H12386 SERIES. [www.hamamatsu.com](http://www.hamamatsu.com)
3. <https://github.com/xjtuecho/EBAZ4205/wiki/Home>  
Адрес для справок: Россия, 634055, Томск, пл. Академика Зюева, 1, Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, e-mail: [zaicevng@iao.ru](mailto:zaicevng@iao.ru).