

РЕГИСТРИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР.

И.А.Голутвин, Н.Н.Евдокимов, В.Е.Жильцов, В.Ю.Картавин,
А.А.Попов, Д.А.Смолин, В.С.Хабаров.

Цель данного сообщения – показать исходные требования, предъявляемые к данной электронике, её параметры и принципы работы, а также организацию съёма информации с камер.

Основные требования к электронике заключались в следующем:

- 1) Съём информации с камер большой площади.
- 2) Использование в камерах в качестве рабочего газа "магических" смесей.
- 3) Возможность оперативного управления параметрами приёмной электроники.
- 4) Работа в пучках вторичных частиц интенсивностью $\sim n \cdot 10^5$ (где $n = 1 \div 10$).
- 5) "Приемлимые" времена съёма информации с камер.
- 6) Оптимизация по объёму и информативность передаваемой в ЭВМ информации.
- 7) Возможность оперативного контроля состояния электроники и камер.

Считывание информации с большого числа каналов (камер большой площади) предопределило "архитектуру" построения системы, в которой основная часть электроники располагается непосредственно на камерах. Такая организация позволяет существенно сократить число информационных кабелей между камерами и электроникой, расположенной в крейтах, обслуживаемых ЭВМ.

На рис.1 приведена блок-схема всего комплекса электроники,

необходимого для съема информации с камер(ы).

Он включает в себя:

- 1) собственно регистрирующую электронику (карты РПК - 32);
- 2) размножители стробирующих сигналов;
- 3) информационные и управляющие линии связи;
- 4) терминаторы информационных линии.

(Все вышеперечисленное располагается непосредственно на камерах.)

- 5) Источники питания камерной электроники, расположенные в непосредственной близости от камеры;
- 6) линии связи между камерной и регистрирующей электроникой ;
- 7) управляемый генератор - один на установку (может устанавливаться в тех же крейтах, что и блоки регистрации);
- 8) блоки регистрации и кодирования (располагаются в крейтах, обслуживаемых ЭВМ).

К а м е р н а я р е г и с т р и р у ю щ а я э л е к т р о н и к а (Р П К - 3 2) .

Камерная электроника выполнена в виде отдельных карт, каждая из которых содержит 32 индивидуальных канала для каждой проволочки, объединенных общими цепями стробирования и управления выводом информации.

На рис.2 приведена блок-схема одного канала. Резистор и диоды на входе выполняют роль защиты от возможных пробоев в камере. После первого каскада усиления с помощью дифференцирующей цепи выделяется передний фронт входного сигнала. На втором каскаде производится дискриминация сигналов по амплитуде с помощью внешнего источника "порога", общего для всех карт камер(ы). Формирование сигнала по длительности и стандартизация по амплитуде

производится на третьем каскаде. Регулировка длительности производится от внешнего источника, аналогично "порогу". С помощью диодной схемы ИЛИ сигналы с выхода всех 32-х каналов карты объединяются на входе усилителя-формирователя сигнала "Быстрое ИЛИ", который может быть использован, в частности, в логике "триггера" установки.

В современных экспериментальных установках селектирование искомого взаимодействия производится обычно с помощью "быстрых" детекторов и соответствующей электроники, так называемой логики "триггера", который используется для стробирования информации с координатных детекторов. Выработка "триггера" требует определенного времени, поэтому информация с камер, соответствующая выбранному взаимодействию, должна быть задержана. В практике используются 2 типа задержек - фиксированные (кабельные, ультразвуковые) и перестраиваемые (электронные). Первые используются, как правило, в интенсивных пучках с относительно небольшими детекторами, обладают лучшими разрешающими возможностями, т.к. не имеют "мертвого" времени, но достаточно громоздки, дороги (особенно ультразвуковые) и накладывают жесткие ограничения на максимальную задержку "триггера". Перестраиваемые задержки более компактны и дешевле фиксированных, но имеют худшую разрешающую способность. Применяются 2 типа задержек - построенные на одновибраторах и использующие "циклическую" память, предложенную Б.Ж.Залихановым и М.Шандором. В картах РПК-32 используется именно такая задержка, которая работает следующим образом. В режиме ожидания интересующего взаимодействия на вход памяти "запись" и адресный счетчик поступает непрерывная последовательность стробирующих импульсов. Каждый строб стирает ранее записанное содержимое выбранной ячейки памяти и записывает текущее. Задний фронт строба с помощью

адресного счетчика готовит следующую ячейку памяти и т.д. "Триггер обрывает последовательность стробов, и в памяти остается информация, соответствующая "n" временным кадрам, где n – глубина памяти (в нашем случае $n = 16$). Таким образом, если задержка "триггера" меньше "n" периодов стробов, то информация о выбранном взаимодействии будет содержаться в какой-то вполне определенной ячейке памяти и может быть прочтена при выводе. Помимо этого в памяти хранится информация о том, что было до и после "триггера", что также может представлять интерес для эксперимента. В таких устройствах строб асинхронен с моментом прихода регистрируемого сигнала, поэтому склоны "кривой" задержанных совпадении равны периоду стробов. Длительность импульса формирователя входного информационного сигнала для 100% эффективности электроники должна быть \geq двум периодам частоты стробов. Разброс длительностей входных сигналов приводит к расползанию спада в кривой задержанных совпадении. По сравнению с одновибраторными задержками, у которых в общем случае регулировочные кривые имеют большой разброс, особенно при больших временах, изменение задержки не оказывает заметного влияния на избирательность электроники. На рис.3 приведена блок-схема карты, на которой более детально показана организация общего для всех 32 каналов управления. Для устранения влияния "загрузок" отдельных карт на общие источники управления порогом и выдержкой усилителей-формирователей на каждой карте есть усилитель мощности (предусмотрена коррекция этих напряжений одновременно для всех каналов – для идентичности параметров различных карт). Выбор информации, соответствующей желаемому временному "окну" (стробу), производится с помощью реверсивного адресного счетчика, при этом информация в памяти не "портится" т.к.

отсутствуют стробы записи. (Сброс счетчика используется только при проверке карт). Вывод информации из памяти последовательно-параллельный побайтный. Выбор соответствующего байта осуществляется с помощью 4-х разрядного сдвигового регистра. Осуществляется это следующим образом: по сигналу "строб регистра" при соответствующих моде работы и уровнях на параллельных входах регистра во все разряды всех карт записывается "0", тем самым выходы регистров разрешают работу памяти по входам "CS". Потенциал на параллельных входах регистра блокирует информационные усилители мощности. Помехи, создаваемые ими, вызывают срабатывание чувствительных усилителей сигналов с проволок камеры, поэтому на время считывания информации из памяти схемы, воспринимающие сигналы "Быстрое ИЛИ", должны быть заблокированы. После окончания записи в память камерной информации (окончания серии стробов) во все разряды сдвигового регистра всех карт записывается "1", запрещающая работу памяти. Изменением уровня потенциала моды работы все регистры переводятся в режим сдвига и в первый разряд первой карты относительно блока регистрации записывается "0", тем самым разрешается выход первого байта информации с первой карты на вход усилителей мощности, которые открываются тем же самым потенциалом 1-го разряда через схему ИЛИ. После приема этой информации в блоке регистрации "0" уровень из первого разряда передвигается во 2-ой и информация из второй группы памяти через проводное ИЛИ поступает на входы тех же усилителей мощности. После вывода информации с карты "нулевой" потенциал 4-го разряда будет передвинут в 1-ый разряд соседней карты, усилители мощности 1-ой карты будут заблокированы и начнется вывод со 2-ой карты, и т.д.

Все элементы карты смонтированы на двухсторонней печатной

Длительность сигнала "Быстрое ИЛИ" равна входной (т.е. вы-
держке УФ) +0-10 нсек.

Входное сопротивление для сигнала "Строб" - 50 Ом.

Минимальный период следования импульсов "Строб" для обеспечения
100% эффективности электроники - 65 нсек.

Минимальная пауза между импульсами "Строб" для переключения адреса
памяти (счетчик + дешифратор внутри памяти) - 32 нсек.

Максимальная частота следования импульсов
"Досчет" и "Строб регистра" (уровни ЭСЛ) - 5 МГц.

| | |
|---------------|------------------|
| Питание карты | +0,2 |
| | +5 В (≈ 1,4 А) |
| | -0,0 |
| | +0,2 |
| | -5 В (≈ 0,55 А) |
| | -0,0 |

Условия работы (t °С) + (10 - 35) °С.

Внешнее охлаждение - не требуется.

На рис.4 приведена принципиальная схема карты.

Р а з м н о ж и т е л и с и г н а л о в " С т р о б " .

Для размножения сигналов "Строб" может быть использован любой
размножитель сигналов NIM (-0,8 В на 50 Ом нагрузке) со
следующими параметрами :

Максимальная частота следования импульсов ≥ 20 МГц.

Искажение длительности импульсов (вход \rightarrow выход) $\leq \pm 0,5$ нсек.

Передний и задний фронты выходного импульса ≤ 3 нсек.

Разброс задержек (между различными выходами) ≤ 2 нсек.

В качестве примера может быть рекомендована схема,
опубликованная в препринте ОИЯИ 13-88-512 В.Д.Кондрашовым,
которая может быть смонтирована на специальной плате и
расположена непосредственно на камере. (Пример такого исполнения
приведен на рис. 5).

Ш и н ы п и т а н и я , л и н и и с в я з и ,
т е р м и н а т о р ы , р а с п о л а г а е м ы е
н а к а м е р е .

Сечение шин питания и управляющих напряжений должно обеспечивать разброс этих напряжений на входах всех карт, к ним подключенных, не более 0,1 В, большой разброс будет приводить к разбросу электрических параметров карт. Сечение кабелей от источников питания до шин питания на камере должно обеспечивать временное отключение одной-двух карт, т.е. величины питания на оставшихся картах не должны превышать максимальных значений. Возможно несколько вариантов выполнения этих требований. Например располагать собственно стабилизаторы непосредственно на камере, а выпрямители для нескольких камер располагать отдельно, или использовать такие источники, в которых с помощью обратной связи отслеживается напряжение на нагрузке (шинах питания).

Блок регистрации и карты рассчитаны на использование линий связи с волновым сопротивлением ~ 100 Ом. В пределах камеры линии могут быть выполнены либо в виде печатной платы, либо использовать проводные скрученные пары. Для удобства соединений камеры между собой, подключения терминаторов линий и соединения камерной электроники с блоком регистрации желательно использовать один тип разъемов. В блоке регистрации для входов линии связи использован разъем типа РП15-32ГВ. Два аналогичных разъема должны быть установлены на концы линий связи, которые располагаются на камере. Собственно линия располагается вдоль камеры со стороны установки карт, к которой с помощью жгутов из скрученных пар проводников присоединяются ответные разъемы карт. Длина этих жгутов должна быть достаточно короткой, чтобы не вносить заметного

рассогласования линии, но должна допускать без проблем отключение карты (например для замены).

Функции отдельных проводников линии связи и распайка их на контакты разъёмов РП15–32ГВ следующие:

- | | | |
|----|-----------------|--|
| 1 | - D1 (R) | - информационная пара 1-го разряда байта |
| 2 | - D1 | (R-земля) . |
| 3 | - D2 (R) | - 2-ой разряд. |
| 4 | - D2 | |
| 5 | - D3 (R) | - 3-ий разряд. |
| 6 | - D3 | |
| 7 | - D4 (R) | - 4-ый разряд. |
| 8 | - D4 | |
| 9 | - Вых. per. (R) | - Не имеет отводов к картам. Служит |
| 10 | - Вых. per. | признаком окончания считывания информации с последней карты камеры, подключенной к данному блоку регистрации. |
| 11 | - - 5,2 В | - Питание для терминатора, берется от шин питания камеры и подсоединяется только ко 2-му разъему, расположенному около последней (по считыванию) проволочки камеры. |
| 12 | - D5 (R) | - 5-ый разряд. |
| 13 | - D5 | |
| 14 | - D6 (R) | - 6-ой разряд. |
| 15 | - D6 | |
| 16 | - D7 (R) | - 7-ой разряд. |
| 17 | - D7 | |
| 18 | - D8 (R) | - 8-ой разряд. |
| 19 | - D8 | |
| 20 | - Досчет | - Выбор адреса памяти на картах. |
| 21 | - Досчет | |

- 22 - стробы регистра - Не имеют отводов к картам. Служат для
- 23 - стробы регистра автоматического учета задержки линии
связи при выводе информации.
- 24 - сдвиг регистра - сигналы с этих линий поступают на карты
- 25 - сдвиг регистра для управления работой регистров.
- 26 - мода раб.рег. (R) - управление модой работы регистрами карт.
- 27 - мода раб.рег.
- 28 - D регистра (R) - данные для параллельной загрузки в
- 29 - D регистра регистры карт.
- 50 - Вход рег. (R) - Вход регистра 1-ой карты камеры
- 31 - Вход рег. (по считыванию).
- 32 - - не использован.

Все линии (за исключением 30 и 31) являются сквозными, т.е. не имеют разрывов в пределах камеры. Около первого, по отношению к блоку регистрации, разъема камеры (или около первой карты на этой камере) устанавливается согласующее сопротивление 100 Ом между контактами 30 и 31. Проводник пары от 31 контакта 1-го разъема РП15-32ГВ идет только до контакта 31 разъема РППМ8-31Г первой карты, соединяя тем самым выход блока регистрации (или выход 4-го разряда регистра последней карты предыдущей камеры) со входом сдвигового регистра первой карты данной камеры. Выход 4-го разряда регистра этой карты через контакт 19 разъема РППМ8-31Г подключается проводником к контакту 21 аналогичного разъема 2-ой карты, в свою очередь выход регистра этой карты через контакт 21 подается на третью карту и т.д.

Выход 4-го разряда регистра последней карты камеры подсоединяется к контакту 31 2-го разъема РП15-32ГВ через усилитель мощности (эмиттерный повторитель). Мощность буферного каскада на выходе регистра достаточна для передачи сигналов между

картами, но не достаточно для транспортировки их на значительные расстояния. Схема повторителя приведена на рис.6 вместе со схемой терминатора, который может быть выполнен в виде отдельного блока с разъемом и устанавливается непосредственно на 2-ой разъем последней по считыванию камеры. Пары контактов терминатора 9–30, 10–31, 22–25, 23–24 замкнуты между собой, обеспечивая поступление сигнала окончания чтения последней карты последней камеры в блок регистрации, а также подачу из этого блока на карты импульсов "строб регистров".

Л и н и и с в я з и м е ж д у к а м е р а м и и
м е ж д у к а м е р о й и б л о к о м р е г и с т р а ц и и .

Эти линии представляют собой либо кабели, либо жгуты из скрученных пар, оканчивающиеся разъемами РП15–32ШВК. Распайка пар проводников аналогична распайке на камерных разъёмах. Контакты разъёмов 11 и 32 не используются.

Г е н е р а т о р с т р о б о в з а п и с и .

Для выработки серий стробов записи может быть использован любой управляемый генератор, имеющий достаточную стабильность и параметры импульсов, необходимые для записи информации в картах РПК–32. Авторами предлагается генератор, принципиальная схема которого приведена на рис.7. Период следования импульсов непрерывно работающего генератора, а также и длительность импульсов, задается с помощью отрезков кабелей ($z = 50 \text{ Ом}$). Корректировка периода следования и длительность импульсов осуществляется с помощью стандартных кабелей с разъёмами ЛЕМО.

Соответствующие ответные разъемы расположены внутри блока для предотвращения случайных переключений. Схема управления стартом и остановкой серии исключает появление на выходе импульсов не "стандартной" (заданной) длительности и периода следования, что является существенным для корректной записи камерной информации. Управление работой генератора может осуществляться как по командам КАМАК, так и по сигналам с передней панели (они полностью дублируют друг друга).

Функции команд генератора следующие:

1. "Старт 1" - На 4-х выходах появляется серия импульсов строб и одновременно с началом серии на выходе "сброс" появляется один импульс, который может быть использован, например, в логике триггера для снятия сигнала "Busy" (Запрет). Эта команда выполняется по сигналу "Старт" на передней панели блока, вручную по кнопке "Старт", по команде КАМАК $N \cdot F(16)$ и $W(3) = "1"$.
2. "Стоп" - Серия импульсов на выходах блока прекращается. Команда выполняется по сигналам "Триггер" или "Стоп" на передней панели, по кнопке "Стоп" вручную, по командам КАМАК $N \cdot (Z + C + F(9))$.
3. "Старт 2" - отличается от "Старт 1" только тем, что импульс "Сброс" появляется на выходе не одновременно с началом серии, а после 16-го импульса строба. Эти 16 импульсов уничтожают ранее записанную в память карт информацию, но к сожалению не исключают записи "фона".

Выполняется эта команда по сигналу "Старт 2" на передней панели блока или по функции КАМАК $N \cdot F(16)$

и $W(1) = "1"$.

4. "Тест" — На выходах появляется серия из 16 импульсов и по окончании на выходе "Старт БР" появляется один импульс. Выполняется команда по импульсу "Тест" с передней панели либо по команде КАМАК N·F(16) и $W(2) = "1"$. Эта мода работы генератора может быть использована для различного рода тестов электроники и камер.

Все сигналы принимаемые и генерируемые блоком с передней панели имеют уровни NIM (- 0,8 В на 50 Ом).

Минимальная длительность входных сигналов ≥ 20 нсек.

Длительность сигнала "Сброс" равна длительности сигнала "Старт 1" либо больше 100 нсек при других командах. Длительность сигнала "Старт БР" ≥ 100 нсек.

Блок выполнен в виде ячейки КАМАК двойной ширины.

Все кабели от генератора (включая размножители) до входов "Строб" всех карт, подключенных к одному блоку регистрации, должны быть "стаймированы" с моментом пролета частицы через камеры, для того, чтобы информация, связанная с координатами этой частицы, была записана в одно временное "окно".

Б л о к р е г и с т р а ц и и
(Б Р - Р П К - 3 2 (2 0 4 8)).

Предполагаемый блок выполняет следующие функции:

1. Подготавливает камерную электронику (на всех картах РПК-32, подключенных к данному блоку) для приема информации с камер, т.е. дает разрешение записи в память карт и блокирует выходные информационные усилители.

2. По внешнему сигналу "Старт" (в общем случае это может быть сигнал "Триггер") либо по команде КАМАК блок:

а) подготавливает камерную электронику для чтения информации, выбирает с помощью адресных счетчиков всех карт информацию, соответствующую заранее выбранному "окну" и с помощью регистров карт готовит 1-ый байт 1-ой(ых) карты к выводу ;

б) принимает информацию с карт ;

в) кодирует принятую информацию ;

г) записывает в собственную память принятую с карт информацию ;

д) по окончании приема информирует ЭВМ о готовности информации для передачи в память машины.

3. По командам КАМАК осуществляет передачу информации в ЭВМ.

4. По окончании вывода в ЭВМ автоматически (без дополнительных команд КАМАК) готовит камерную электронику для приёма новой информации с камер, а также дает сигнал о готовности блока для приема следующего сигнала "Старт".

Один блок регистрации может обслуживать от одной до 64-х карт РПК-32. Он может работать в 2-х режимах - "мультиплексном" и "нормальном". Выбор режима зависит от расположения карт на камерах. В тех случаях, когда карты расположены по обеим сторонам камеры, т.е. четные выведены на одну сторону камеры, а нечетные на другую, используется "мультиплексный" режим. Для этой цели на блоке установлены 2 входа для линий связи - I - для нечетных проволочек, II - для четных. "Сшивка" информации с противоположных сторон камеры на входах приемного регистра осуществляется с помощью коммутатора, который представляет собой разъемную пару, на съемной части которого расположена субплата ("Заглушка") с соответствующей коммутацией. На входах приемного регистра информация будет соответствовать нумерации проволочек камеры, т.е.

1, 2, 3, 4 и т.д., что эквивалентно случаю расположения карт только на одной стороне камеры. Такой режим позволяет избежать последующей "сшивки" информации в ЭВМ при 2-х стороннем расположении карт на камере. При "мультиплексном" режиме информация считывается одновременно с обеих сторон камеры в отличие от "нормального" режима, когда сначала считывается вся информация с линии связи по входу I, а затем со всех карт, подключенные ко входу II. Этот режим используется в тех случаях, когда карты расположены на одной стороне камер. В этом случае в переключатель устанавливается "Заглушка", соответствующая "нормальному" режиму. В тех случаях, когда используется только одна линия связи, для нормальной работы блока в разъем II необходимо установить ответную половину разъема с закороченными контактами 11-32, 22-25, 23-24. В "нормальном" режиме номера проволочек, подключенных к разъему II, будут продолжать нумерацию проволочек входа I, вне зависимости от количества карт, подключенных к этому (I) входу. При "мультиплексном" режиме количество карт, подключаемых ко входу I и ко входу II, должно быть одинаковым. Различие в длинах линии связи в обоих режимах не влияет на работу блока.

На передней панели блока, кроме входов для линии связи расположены:

- а) индикатор состояния блока - если индикатор "горит", то блок готов к приему информации с камер (гаснет после прихода сигнала или команды "Старт");
- б) вход для сигнала "Старт" - входной сигнал, длительностью ≥ 50 нсек уровня NIM (-0,8 В на 50 Ом). Вход блокируется после

прихода импульса "Старт" до окончания чтения из блока либо команды "Сброс";

в) выход сигнала "Готов" — Либо импульс уровня NIM и длительностью ≥ 100 нсек, либо потенциал уровня NIM на время от прихода импульса "Старт" до окончания считывания всей информации из блока в ЭВМ.

(Этот сигнал может быть использован в установке, например в формировании сигнала "Busy").

Блок считывает информацию со всех карт, к нему подключенных, соответствующую одному временному "окну" (заранее выбранному), а затем, в зависимости от моды работы, перейдет либо к чтению информации из следующего "окна", либо будет передавать принятую информацию в ЭВМ. Блок может работать в 2-х модах:

а) чтение информации только из одного, заранее выбранного, "окна" ;

б) чтение информации последовательно из всех 16 временных "окон".

Мода работы устанавливается только по команде КАМАК и не может быть изменена другими командами, включая команды сброса. Возобновление моды работы после приема каждого "события" не требуется.

К о м а н д ы К А М А К д л я Б Р .

Z + C + F(9) - сброс (после сброса БР готов для приема).

F(8) - тест LAM Q = 1 - есть информация.

F(10) - сброс LAM.

F(16) W1 ÷ W5 - запись моды работы блока:

W5 = 1 - чтение одного T_i (i. = W1 ÷ W4);

W5 = 0 - чтение 16 T_i (W1 ÷ W4 = 1111).

F(25) - старт вывода информации с карт.

F(2) - чтение информации из БР :

Q = 1 - есть информация ;

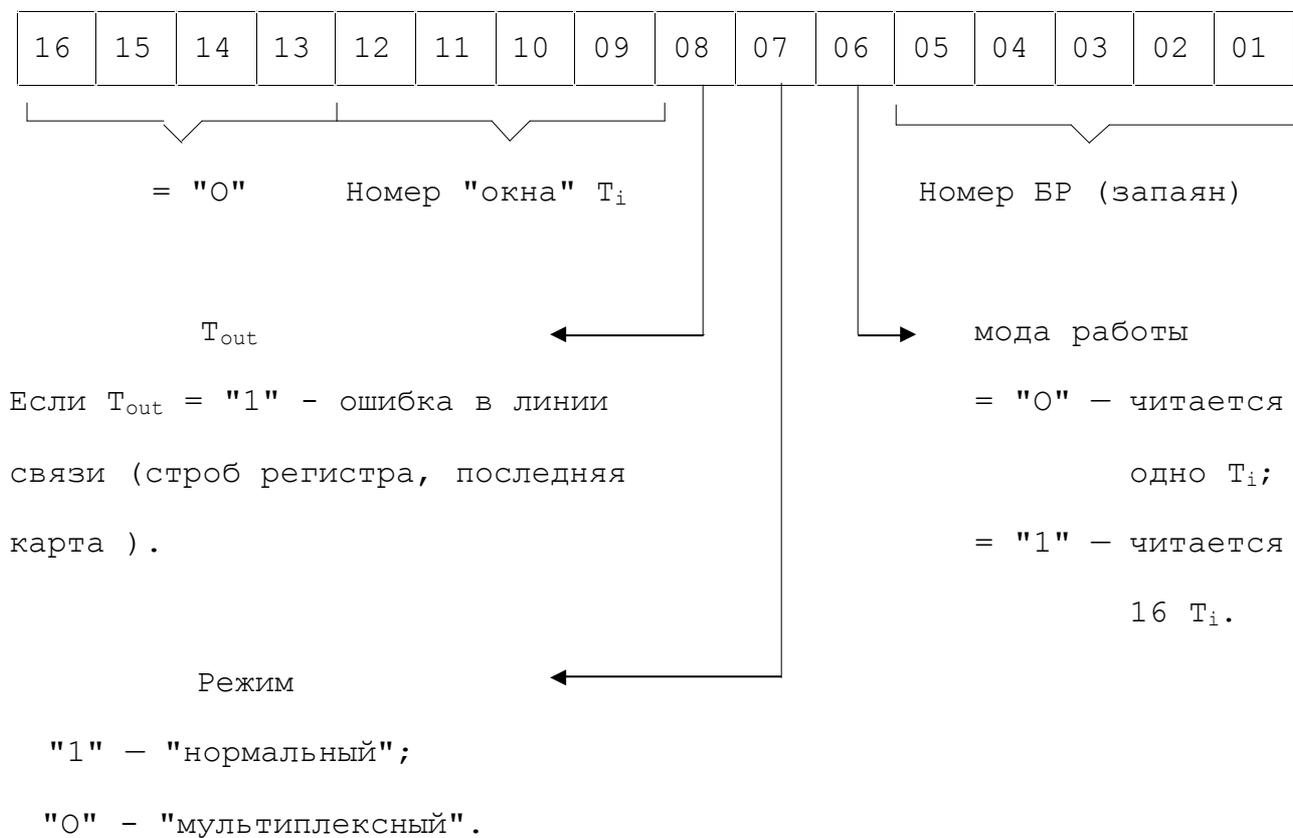
Q = 0 - информации в блоке нет.

F(27) - Тест окончания вывода информации из карт и
блока БР :

Q =0 - вывод окончен ;

Q =1 - вывод не закончен, еще есть информация
на картах или в блоке БР (следует ожидать LAM
для вывода) .

Ф О Р М А Т С Л У Ж Е Б Н О Г О С Л О В А .



Ф О Р М А Т К О О Р Д И Н А Т Н О Г О С Л О В А .

