

СИСТЕМЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ВИБРАЦИОННОГО
КОНТРОЛЯ

L-ViMS и ВИБ-4

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

*Ревизия 0.0.1
Сентябрь 2023*

Автор руководства:

Борисов Алексей

ООО “Л Кард”

117105, г. Москва, Варшавское ш., д. 5, корп. 4, стр. 2

тел.: +7 (495) 785-95-25

факс: +7 (495) 785-95-14

Адреса в Интернет:

<http://www.lcard.ru>

E-Mail:

Отдел продаж: sale@lcard.ru

Техническая поддержка: support@lcard.ru

Отдел кадров: job@lcard.ru

Таблица 1: Ревизии текущего документа

Ревизия	Дата	Описание
0.0.1	20.09.2023	Предварительная версия с описанием регистров modbus.

Оглавление

1	Описание протокола обмена модуля	4
1.1	Адресное пространство регистров Modbus	4
1.1.1	Используемые типы и обозначения	4
1.1.2	Регистры адресного пространства Modbus	6
1.1.3	Регистры состояния измерительного канала CHST	11
1.2	Чтение выборок через регистры Modbus	13
1.3	Выполнение команд через регистры Modbus	14
1.3.1	Команда установки значения признака измерительного канала . .	15
1.3.2	Запрос сохранения выборки	15

Глава 1

Описание протокола обмена модуля

Обмен с модулем осуществляется через интерфейс Ethernet по протоколу Modbus TCP. Для Modbus TCP используется стандартный TCP-порт — 502. Модуль поддерживает несколько одновременных соединений от клиентов по Modbus

1.1 Адресное пространство регистров Modbus

1.1.1 Используемые типы и обозначения

Адреса регистров указаны исходя из начала нумерации от 1 в соответствии со спецификацией Modbus. Однако некоторые библиотеки и программы используют нумерацию регистров, начиная от 0. При использовании таких библиотек или программ необходимо вычитать 1 из указанного в данном документе значения адреса.

Для описания регистров используются следующие типы данных:

- **U16** — 16-битное беззнаковое целое значение, занимающее один регистр.
- **U16S** — 16-битное беззнаковое значение, которое используется для передачи значения в процентах от шкалы. Для всех значений этого типа код 0xFFFF соответствующий значению 100%.
- **U32** — 32-битное беззнаковое целое значение, занимающее два регистра. По указанному адресу хранятся младшие 16 бит, по адресу + 1 — старшие 16 бит.
- **float** — 32-битное значение с плавающей точкой. Занимает два регистра (с указанным адресом и следующим адресом). По указанному адресу хранятся младшие 16 бит, по адресу + 1 — старшие
- **STR[N]** — строка из UTF-8 символов (совпадает с ASCII для латинских символов), максимальной длины в N байт, занимающей подряд N/2 регистров, начиная с указанного адреса. Конец строки обозначается символом с нулевым кодом. Младший байт первого регистра содержит первый символ, старший байт — второй, младший байт второго регистра — 3-ий символ и т. д.
- **U8[N]** — массив байт максимальной длины в N байт, занимающей подряд N/2 регистров, начиная с указанного адреса. Младший байт первого регистра содержит первый байт массива, старший байт — второй, младший байт второго регистра — 3-ий т. д.

- **TYPENAME** — подчеркивание используется для обозначения составного типа — т.е. набора регистров, каждый из которых описан в отдельной таблице с указанием адресов относительно начала набора. Используется, когда блок одинаковой структуры может присутствовать в разных местах адресного пространства, для избежания повторения описания.

Значение логических признаков, которые могут иметь третье состояние (tribool), кодируются кодируется 2-мя битами:

- 00 — ложь
- 01 — истина
- 10 — Z (отсутствие действительного значения)

Таким образом, младший бит флага можно также использовать как признак активности флага, а старший как признак действительности значения.

Для адресов, заданных формулой, используются следующие обозначения:

- I — номер измерительного канала модуля (0-3)
- S — номер отсчета выборки относительно заданного отсчета (0-61)
- M — номер измерения (0-9)
- E — номер события (0-63)

Столбец «Attr» указывает, какие операции возможны с этим регистром (R — чтение, W — запись).

1.1.2 Регистры адресного пространства Modbus

Адрес	Название	Тип	Аттр	Описание
1-16	DEVNAME	STR32	R	Полное название модуля латинскими буквами, включая модификации. Название начинается с обозначения системы, к которой относится модуль: с префикса “L-ViMS-” или “VIB4-”. Примеры названий: “L-ViMS-NPS”, “VIB4-ICP-10-1”.
17-32	SERIAL	STR[32]	R	Серийный номер модуля.
33-40	FWVER	STR[16]	R	Строка с версией прошивки.
41-43	-	-	R	Резерв.
44	SYSTEM_TYPE	U16	R	Кодовое обозначение варианта системы: <ul style="list-style-type: none"> • 0 — L-ViMS • 1 — ВИБ-4
45	MODULE_TYPE	U16	R	Кодовое обозначение типа модуля: <ul style="list-style-type: none"> • 2 — ICP-10 • 3 — REL • 4 — NPS • 5 — SWITCH • 6 — ICP-4
46	MODIFICATION	U16	R	Кодовый номер модификации модуля: <ul style="list-style-type: none"> • 0 — без суффикса модификации • 1 и выше — число в суффиксе модификации в названии модуля. Например, значение 1 для ICP-10-1 и NPS-1.
47	REVISION	U16	R	Младшие 8 бит — код ревизии платы. Старшие 8 бит — резерв.
48	PROTOCOL_ID	U16	R	Код протокола обмена. Для описываемых систем всегда равен 0x5649.
49-96	-	-]	-	Резерв.
97	DEVMODE	U16	R	Режим работы устройства: <ul style="list-style-type: none"> • 1 — режим загрузчика • 2 — рабочий режим • 4 — режим обслуживания
98	LAST_WR_ERR	U16	R	Код ошибки для последней операции записи. Значение обновляется в случае, если операция записи регистров была завершена с ошибкой и позволяет узнать причину ошибки.

Состояние модуля				
1024-1025	ST_FLAGS	U32	R	<p>Флаги состояния модуля:</p> <ul style="list-style-type: none"> • LIVEBIT (бит 0) — Бит проверки корректной работы модуля и интерфейса связи. При корректной работе меняет свое значение раз в секунду на противоположное. • FAULT (бит 1) — Признак наличия глобальной неисправности модуля. Детальная информация о типе ошибке доступна в блоке диагностической информации (будет описан в следующей версии документа). • WARN (бит 2) — Признак наличия обнаруженных ошибок, не связанных с неисправностью аппаратуры самого модуля.
1026	ST_OPCFG_ID	U16	R	Идентификатор последней записанной конфигурации режима работы модуля. Увеличивается на 1 после записи новой конфигурации. Сохраняет свое значение при сбросе питания модуля
1027	-	-	-	Резерв
1028	ST_WF_RDY_CNT	U16	R	Количество сохраненных в оперативной памяти модуля выборок, доступных для чтения в данный момент времени.
1029	ST_WF_LAST_ID	U16	R	Идентификатор последней сохраненной выборки. Увеличивается на 1 для каждой новой сохраняемой в оперативной памяти выборки.
1030-1101	-	-	-	Резерв
1102-1109	ST_EVENTS	U8[16]	R	Состояние событий. Каждому событию соответствует 2 бита в регистре, каждый регистр содержит состояние 8 событий. Состояние события кодируется как логический признак с тремя состояниями (tribool).
Состояние измерительных каналов				
4096 + 1024*I	CH_STATE	CHST	R	Набор регистров, описывающих текущее состояние соответствующего измерительного канала. Состав регистров описан в таблице ниже.

Регистры для чтения выборки				
Выбор читаемой выборки и ее данные				
61452	WF_SEL_ID	U16	RW	Выбор идентификатора выборки для чтения.
61453	WF_SEL_CH	U16	RW	Выбор номера канала в выборке для чтения.
61454-6155	WF_SEL_OFFS	U32	RW	Выбор номера первого отсчета выборки в доступном для чтения блоке данных.
61456 + 2*S	WF_RD_DATA	U32	R	<p>Значение отсчета с номером ($S + WF_SEL_OFFS$) в выборке с идентификатором WF_SEL_ID для канала WF_SEL_CH. S может быть от 0 до 61. Отсчет представляет собой 32-битное значение в дополнительном коде. Для перевода кода в Вольты и физические величины используются коэффициенты из $WF_CHINFO_K_E/WF_CHINFO_B_E$ и $WF_CHINFO_K_P/WF_CHINFO_B_P$ соответственно. Младшие 8 бит кода используются для передачи дополнительных флагов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PHASETRIG (бит 0) — признак отметки фазы. Указывает, что для этого отсчета было обнаружено событие отметки фазы в назначенном канале отметчика фазы
Общая информация о выборке				
61696	WF_INFO_ID	U16	R	ID выборки, чтение которой выполняется (значение, записанное в WF_SEL_ID).
61697	WF_INFO_SRC	U16	R	Код, определяющий по какой причине была сохранена выборка. <ul style="list-style-type: none"> • 0xFFFF — выборка сохранена по пользовательской команде
61698-61699	WF_INFO_FREQ	float	R	Частота отсчетов выборки (Гц)
61700-61727	-	-	R	Резерв
61728	WF_INFO_FLAGS	U16	R	Флаги с информацией о выборке (резерв)
61729	WF_INFO_TYPE	U16	R	Тип выборки: <ul style="list-style-type: none"> • 1 — временная выборка
61730-61731	-	-	R	Резерв

61732-61733	WF_INFO_CH_MASK	U32	R	Битовая маска, указывающая, по каким каналам доступны данные для выборки. Каждому каналу соответствует свой бит (младший бит — 1-ый канал). Если бит установлен, то данные по соответствующему каналу присутствуют.
61734-61735	WF_INFO_SIZE	U32	R	Количество отсчетов для каждого канала в выборке.
Информация о выбранном канале выборки				
61952	WF_CHINFO_ID	U16	R	ID выборки, чтение которой выполняется (значение, записанное в WF_SEL_ID).
61953	WF_CHINFO_CH	U16	R	Номер канала, которому соответствует информация (значение, записанное в WF_SEL_CH).
61954-61955	WF_CHINFO_FLAGS	U32	R	Битовая маска флагов информации о состоянии канала: <ul style="list-style-type: none"> • CH_ENABLED (бит 0) — Бит указывает, что данный канал разрешен. Должен соответствовать значению соответствующего бита регистра WF_INFO_CH_MASK в информации о выборке. Если 0, то вся дальнейшая информация не действительна.
61956-61957	WF_CHINFO_K_E	float	R	Коэффициент шкалы для перевода из 32-битного дополнительного кода отсчета в электрическую величину (В) для считываемой выборки. Перевод осуществляется по формуле: $V = SAMPLE * K_E + K_B$
61958-61959	WF_CHINFO_B_E	float	R	Коэффициент смещения для перевода из 32-битного дополнительного кода отсчета в электрическую величину (В) для считываемой выборки по формуле из описания регистра WF_CHINFO_K_E .
61960-61961	WF_CHINFO_K_P	float	R	Коэффициент шкалы для перевода из электрической величины в физическую (м/с ² для канала виброускорения, мкм для канала радиальной вибрации). Перевод осуществляется по формуле: $A = V * K_P + K_P$
61962-61963	WF_CHINFO_B_P	float	R	Коэффициент смещения для перевода из электрической величины в физическую по формуле из описания регистра WF_CHINFO_K_P .

61964-61975	-	-	R	Резерв
61976	WF_CHINFO_CHST	CHST	R	Состояние канала, которому соответствует выборка, на момент сохранения выборки.
Интерфейс передачи команд				
Параметры передаваемой команды				
65024-65025	CMD_REQ_SIGN	U32	W	Сигнатура действительной команды. В этот регистр всегда должно записываться значение 0x5649434D при записи новой команды
65026	CMD_REQ_CODE	U16	W	Код запрашиваемой команды. Определяет выполняемые действия, формат данных и результатов команды. Значения приведены при описании конкретных команд соответствующей главе .
65027	CMD_REQ_ID	U16	W	Пользовательский идентификатор. Записанное значение доступно в результатах в регистре CMD_RESP_ID . Может служить для контроля соответствия ответа и запроса
65028-65031	-	-	W	Резерв. Должны записываться нулевые значения.
65032-65141	CMD_REQ_DATA	U8[220]	W	Данные команды. Формат определяется кодом команды.
Результат выполнения команды				
65152	CMD_RESP_STATUS	U16	R	Статус выполнения команды: <ul style="list-style-type: none"> • 0 — Нет выполненной команды. Дальнейшие данные не действительны. Означает, что с момента последнего чтения регистра не было записано параметров новой команды. • 2 — Команда успешно выполнена. • 3 — Команда выполнена с ошибкой. Код ошибки доступен в регистре CMD_RESP_ERRCODE.
65153	CMD_RESP_ERRCODE	U16	R	В случае, если команда завершилась с ошибкой, содержит код ошибки.
65154	CMD_RESP_REQCODE	U16	R	Код команды. Значение, записанное в CMD_REQ_CODE . Определяет формат данных в ответе.
65155	CMD_RESP_ID	U16	R	Пользовательский идентификатор команды. Содержит значение, записанное в CMD_REQ_ID .

65156	CMD_RESP_SIZE	U16	R	Размер в байтах данных результата выполнения команды в регистрах CMD_RESP_DATA . Если значение не кратно 2, то в последнем регистре старший байт не действителен.
65157-65159	-	-	W	Резерв.
65160	CMD_RESP_DATA	U8[220]	W	Данные результата выполнения команды. Формат определяется кодом команды. Действительный размер в байтах определяется значением CMD_RESP_SIZE

1.1.3 Регистры состояния измерительного канала CHST

Адрес	Название	Тип	Описание
0	CH_TYPE	U16	Тип канала: <ul style="list-style-type: none"> • 0 — Канал не используется в конфигурации • 1 — Канал виброускорения • 2 — Канал радиальной вибрации • 3 — Канал фазоотметчика
1	CHST_STATUS	U16	Статус канала. Определяет корректность измерений для данного канала. Возможные значения: <ul style="list-style-type: none"> • 0xFFFF — Измерения еще не готовы (начальное значение при старте или после обновления настроек, пока не пройдет начальный переходный интервал) • 0 — данные действительны, канал в исправном состоянии • 1 — обнаружено короткое замыкание линий подключения датчика • 2 — обнаружен обрыв линий подключения датчика • 3 — данные вне диапазона действительных значений датчика

2	CHST_FLAGS	U16	<p>Значение специальных признаков для данного канала:</p> <ul style="list-style-type: none"> • BYPASS (бит 0) — состояние установленного признака “Bypass” • INH_CMD (бит 2) — состояние установленного вручную признака подавления тревог • INH_EVT (бит 3) — состояние установленного по событиям признака подавления тревог • TM_CMD (бит 4) — состояние установленного вручную признака умножения уставок • TM_EVT (бит 5) — состояние установленного по событиям признака умножения уставок
3	CHST_MEAS_CNT	U16	Количество настроенных измерений для данного канала
4-19	-	-	Резерв.
$20 + 10 * M$	MEAS_TYPE	U16	<p>Тип измерения с номером M:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0 — измерение не используется • 1 — виброускорение • 2 — виброскорость • 3 — виброперемещение • 4 — зазор • 5 — скорость вращения • 12 — постоянная составляющая • 17 — виброускорение (ВЧ)
$21 + 10 * M$	MEAS_ST_FLAGS	U16	<p>Флаги состояния измерения. Значения битов поля:</p> <ul style="list-style-type: none"> • FAILURE (бит 0-1) — признак неисправности (tribool) • ALERT (бит 2-3) — признак выхода за уставку ”предупреждение“ (tribool) • DANGER (бит 4-5) — признак выхода за уставку ”останов“ (tribool) • BASE_VALID (бит 8) — признак действительности базового значения • BASE_EXC (бит 9) — признак, что отклонение значения от базового превышает заданный порог на отклонение значения
$22-23 + 10 * M$	MEAS_VALUE	float	Значение измерения в физических величинах.

24 + 10 * M	MEAS_FS_PERC	U16S	Значение измерения в процентах от заданной пользовательской шкалы.
25 + 10 * M	BASELINE_PERC	U16S	Базовое значение измерения (с которым сравнивается текущее для определения превышения порога отклонения). Задается в процентах от пользовательской шкалы. Действительно только если установлен соответствующий флаг в MEAS_ST_FLAGS.
26-29 + 10 * M	MEAS_RESVD	U16[4]	Резервные поля (читаются 0).

1.2 Чтение выборок через регистры Modbus

Выборка сохраняется одновременно по выбранной группе каналов. Помимо сохраненных данных по каждому выбранному каналу, выборка содержит как общую для всех каналов информацию, так и информацию, относящуюся отдельно к каждому каналу.

Каждой выборке соответствует свой идентификатор (ID) выборки — 16-битный счетчик, соответствующий номеру сохраняемой выборки с начала работы модуля. Номер каждой последующей выборки увеличивается на 1 (переходя от 0xFFFF в 0).

С помощью регистров [ST_WF_RDY_CNT](#) и [ST_WF_LAST_ID](#) можно определить, выборки с какими идентификаторами сохранены в оперативной памяти модуля и доступны для чтения. Последняя сохраненная выборка имеет идентификатор, равный значению [ST_WF_LAST_ID](#), предыдущая — ([ST_WF_LAST_ID](#) - 1), и т. д. до ([ST_WF_LAST_ID](#) - [ST_WF_RDY_CNT](#) + 1).

Для чтения общей информации о выборке необходимо записать идентификатор выборки в регистр [WF_SEL_ID](#), после чего прочитать информацию из [блока регистров с информацией о выборке](#). Регистр [WF_INFO_CH_MASK](#) определяет, отсчеты каких каналов сохранены в выборке. После этого возможно последовательно выбрать каждый доступный канал, путем записи его номера в регистр [WF_SEL_CH](#), и прочитать по нему информацию из [блока регистров с информацией о выбранном канале выборки](#), а также собственно сами отсчеты.

Для чтения отсчетов помимо идентификатора выборки и номера канала, необходимо также записать в регистр [WF_SEL_OFFS](#) номер первого читаемого отсчета. Это необходимо, т.к. количество отсчетов в выборке превышает размер области, выделенной для чтения отсчетов, и отсчеты считываются блоками, изменяя каждый раз номер первого отсчета в блоке. Значения отсчетов считываются из регистров [WF_RD_DATA](#).

Для чтения информации и данных выборки рекомендуется использовать функцию Modbus “Read/Write Multiple Registers (23)”, для того, чтобы за одну операцию выполнять запись в регистры [WF_SEL_ID/WF_SEL_CH/WF_SEL_OFFS](#) и чтение информации/отсчетов выборки. Это позволяет не только сократить количество операций (т. к. запись и чтение выполняется за одно обращение), но и гарантирует, что при попытке одновременного чтения выборок разными клиентами, другой клиент не нарушит процесс чтения выборки, изменив значение [WF_SEL_ID/WF_SEL_CH/WF_SEL_OFFS](#) в момент между записью этих регистров и чтением собственно данных/информации о выборках. При этом рекомендуется всегда записывать все значимые значения регистров выбора ([WF_SEL_ID](#) для информации о выборке, [WF_SEL_ID](#) и [WF_SEL_CH](#) для информации о ка-

нале, `WF_SEL_ID`, `WF_SEL_CH` и `WF_SEL_OFFS` для чтения отсчетов) в каждой операции чтения-записи, чтобы гарантировать корректную совместную работу нескольких клиентов. Если используются отдельные операции чтения и записи, то при чтении следует также считывать значения `WF_SEL_CH/WF_SEL_ID/WF_SEL_OFFS` (или `WF_INFO_ID` при чтении информации о выборке и `WF_CHINFO_ID/WF_CHINFO_CH` при чтении информации о канале) и сверять, что они соответствуют записанным значениям, повторяя попытку, если другой клиент изменил значения.

Следует отметить, что размер выборки и смещение при чтении отсчетов задаются в отсчетах (а не в регистрах), каждый из которых занимает два регистра.

За одну операцию по Modbus можно прочитать 125 регистров, или 62 отсчета (60, если также считывать обратно значения регистров `WF_RD_ID/WF_SEL_CH/`. Соответственно, всю выборку необходимо вычитывать по 62 (60) отсчета, изменяя значения `WF_SEL_OFFS`. При попытке чтения за пределами выборки (т. е. если $WF_SEL_OFFS + S \geq WF_INFO_SIZE$), чтение завершится с ошибкой. Также чтение может быть завершено с ошибкой, если выборка будет удалена во время чтения (если читается самая старая выборка и во время чтения происходит сохранение новой выборки, для которой недостаточно свободного места).

1.3 Выполнение команд через регистры Modbus

Для модулей доступно выполнение пользовательских команд через регистры Modbus. Для выполнения команды необходимо все параметры команды записать в **блок регистров параметров команды**. Запись всех параметров должна осуществляться за одну операцию записи в интерфейсе modbus и всегда с начального адреса блока. Формат и размер поля данных (`CMD_REQ_DATA`) зависит от кода команды (`CMD_REQ_CODE`). Размер реально записанных данных команды определяется количеством записываемых регистров за операцию записи.

Получение результата выполнения команды осуществляется с помощью чтения **блока регистров результатов выполнения команды**. Данный блок также должен быть прочитан за один раз с первого адреса после записи параметров команды. После выполнения чтения результат выполнения последней команды стирается и повторное чтение завершится с признаком отсутствия результатов. Размер чтения может быть выбран исходя из максимального размера данных в результате для записанного кода команды, либо всегда может быть прочитан весь блок с результатами выполнения команды (его размер выбран так, чтобы его можно было считать за одно чтение), а уже далее размер полезных данных в ответе может быть определен по значению регистра `CMD_RESP_SIZE`.

Для выполнения команд рекомендуется использовать функцию Modbus “Read/Write Multiple Registers (23)”, которая позволяет за одну операцию записать параметры команды и получить результаты ее выполнения. Это позволяет в случае нескольких клиентов, работающих с одним модулем, гарантировать, что ответ соответствует записанной команде, и делает невозможной ситуацию, что между записью параметров команды и чтением результатов будут записаны параметры новой команды другим клиентом. При использовании отдельных функций записи и чтения рекомендуется изменять для каждой команды параметр пользовательского идентификатора `CMD_REQ_ID` и сверять полученный идентификатор в результатах (`CMD_RESP_SIZE`) для подтверждения соответствия ответа команде.

1.3.1 Команда установки значения признака измерительного канала

Команда позволяет изменить состояние одного из специальных признаков для выбранного набора измерительных каналов.

Код команды: 0x100

Данные команды:

Смещение	Название	Тип	Описание
0	FLAG_TYPE	U16	Признак канала, значение которого должно быть изменено: <ul style="list-style-type: none">• 1 — Вурpass• 2 — Подавление тревог• 3 — Умножение уставок
1	FLAG_STATE	U16	Значение признака (0 — не активен, 1 — активен), которое должно быть установлено
2-3	CH_MASK	U32	Маска, определяющая, для каких каналов должно быть изменено значение признака.

Данные результата: нет.

1.3.2 Запрос сохранения выборки

Код команды: 0x200

Данные команды:

Смещение	Название	Тип	Описание
0	WF_REQ_FLAGS	U16	Флаги запроса. Резерв. Должен быть записан 0
1	WF_REQ_TYPE	U16	Тип запрашиваемой выборки. Возможные значения аналогичны значениям регистра WF_INFO_TYPE
2-3	-	-	Резерв. Должны быть записаны нулевые значения
4-5	WF_REQ_CH_MASK	U32	Маска, определяющая, по каким каналам запрашивается сохранение выборки. Должны быть указаны только каналы, разрешенные в конфигурации модуля.
6-7	WF_REQ_SIZE	U32	Количество отсчетов, которое должно быть сохранено для каждого канала. Число не должно превышать 786432. Если заданное число не кратно 4, то значение отсчетов в результирующей выборке будет увеличено до ближайшего кратного 4 значения.