

УСТРОЙСТВА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ

---

# LE-41

Усилитель заряда

*РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ*



Москва, 2009 г.

## **ЗАО "Л-КАРД"**

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

тел.: (495) 785-95-25 факс: (495) 785-95-14

### **Адрес в Интернет:**

<http://www.lcard.ru>

### **E-Mail:**

Отдел продаж: [sale@lcard.ru](mailto:sale@lcard.ru)

Техническая поддержка: [support@lcard.ru](mailto:support@lcard.ru)

Отдел кадров: [job@lcard.ru](mailto:job@lcard.ru)

Общие вопросы: [lcard@lcard.ru](mailto:lcard@lcard.ru)

### **Представители L-Card:**

Украина:	<b>ХОЛИТ Дэйта Системс</b>	<a href="http://www.holit.ua">http://www.holit.ua</a> , (044) 241-6754
Казахстан:	<b>АСК Импульс</b>	<a href="mailto:ask-impuls@mail.ru">ask-impuls@mail.ru</a> (727) 261-21-93
Санкт-Петербург:	<b>Автэкс-СПБ Ниеншанц-Автоматика</b>	<a href="http://www.autex.spb.ru">http://www.autex.spb.ru</a> (812) 567-7202 <a href="mailto:ipc@niz.ru">ipc@niz.ru</a> (812) 567-72-02
Новосибирск:	<b>Сектор-Т</b>	<a href="http://www.sector-t.ru">http://www.sector-t.ru</a> , (383-2) 396-592
Екатеринбург:	<b>Аск</b>	<a href="http://www.ask.ru">http://www.ask.ru</a>
Казань:	<b>ООО Шатл</b>	<a href="mailto:shuttle@kai.ru">shuttle@kai.ru</a> , (8432) 38-1600
по России и СНГ:	<b>Авеон</b>	<a href="mailto:aveon@aveon.ru">aveon@aveon.ru</a> +7(343) 381-75-75
Пенза:	<b>НПП Технолинк</b>	<a href="http://www.tl.ru/ru/departments/industry/">http://www.tl.ru/ru/departments/industry/</a> (8412) 49-10-59

*Усилитель заряда* **LE-41**

© Copyright 2005-2009, ЗАО Л-Кард. Все права защищены

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>1. НАЗНАЧЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>3. КОМПЛЕКТАЦИЯ .....</b>	<b>6</b>
<b>4. ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА .....</b>	<b>6</b>
<b>5. ПОДКЛЮЧЕНИЕ LE-41 .....</b>	<b>7</b>
5.1. ТРЕБОВАНИЯ К ВХОДНЫМ ЦЕПЯМ. ....	7
5.2. ИНТЕРФЕЙСНЫЙ РАЗЪЕМ <b>LE-41</b> .....	8
5.3. ПОДКЛЮЧЕНИЕ К КРЕЙТОВОЙ СИСТЕМЕ LTR .....	8
5.4. АВТОНОМНОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ <b>LE-41</b> .....	9
5.5. СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ИНТЕРФЕЙСА RS-485 ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ НЕСКОЛЬКИМИ МОДУЛЯМИ <b>LE-41</b> ОТ РС .....	10
<b>6. РАБОТА С LE-41 .....</b>	<b>11</b>
6.1. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ <b>LE-41</b> И НАСТРОЕК.....	11
6.2. ТЕСТОВЫЙ РЕЖИМ ОЦЕНКИ ЕМКОСТИ ВХОДНОЙ ЦЕПИ.....	12
6.2.1. <i>Описание процедуры измерения емкости входной цепи</i> .....	13
6.3. КАЛИБРОВКА МОДУЛЯ <b>LE-41</b> .....	14

## 1. Назначение

Малогобаритный усилитель заряда **LE-41** выполняет функцию согласования источника заряда (пьезодатчика) с входом АЦП системы сбора информации.

Модуль **LE-41** является 4-канальным усилителем заряда и предназначен для совместного применения с модулями АЦП LTR22 или LTR11 крейтовой системы LTR, либо может быть использован как независимое устройство, управляемое от компьютера.

**LE-41** может быть использован в задачах виброметрии и спектрометрии сигналов пьезодатчиков. **LE-41** имеет программное управление по интерфейсу RS-485.

**LE-41** может быть использован в следующих вариантах:

- *совместно с крейтовой системой LTR*, при этом, **LE-41** будет управляться и запитываться от модуля LTR43 и стыковаться с АЦП LTR11 или LTR22 по выходным сигналам (4 канала) по кабелю; в этом включении образуется качественная измерительная система “LTR22/11 – **LE-41**” с зарядовым входом.
- *как независимый многоканальный программируемый усилитель заряда* с внешним источником питания; один или более модулей **LE-41** могут быть объединены в сеть RS-485 и управляться от PC.
- *как усилитель заряда с “жестко прошитыми” настройками*, в этом случае при включении внешнего питания внутренний контроллер **LE-41** восстановит ранее запрограммированные настройки. Процедура запоминания настроек может быть осуществлена в вышеописанных вариантах использования **LE-41**, когда задействован программный интерфейс.

В задачах виброметрии важное значение имеет устойчивость входных разъемов к вибрации. Разъемы TNC, имеющие резьбовое сочленение, удовлетворяют этим требованиям.

В многоканальных приложениях важной практической задачей является *автоматизированный контроль исправности входных цепей*. Для решения этой задачи в **LE-41** предусмотрен *тестовый режим*, позволяющий оценить емкость входной цепи усилителя заряда.

Усилитель заряда имеет малогабаритный корпус, по линиям сигналов, управления и питания непосредственно стыкуется с крейтовой системой LTR посредством кабеля (до 5 м) <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> кабель для соединения с LTR в комплект поставки не входит

## 2. Технические данные

Параметр (характеристика)	Значение (описание)	Примечание
<i>Общие параметры</i>		
Количество каналов	4	
Тип контроллера	AT90S4433 ATMEGA88	для <b>LE-41</b> выпуска до конца 2007 г для <b>LE-41</b> с годом выпуска начиная с 2008 г
Тип входного разъема	TNC	4 шт.
Тип интерфейсного разъема	DRB-25F	1 шт.
<i>Параметры аналогового канала</i>		
Коэффициент передачи: - диапазон 1 - диапазон 2	0.9 мВ/пКл, 10 мВ/пКл	Управляется программно независимо для каждого канала или "жестко прошивается"
Входные диапазоны заряда (в полосе пропускания): - диапазон 1 - диапазон 2	9 нКл 0.8 нКл	На любой частоте в полосе пропускания
Точность задания коэффициента передачи: - с учетом калибровочных коэффициентов - без учета калибровочных коэффициентов	1 % 9 %	Калибровочные коэффициенты хранятся в EEPROM контроллера, а также указываются в паспорте <b>LE-41</b>
Диапазоны полосы пропускания (по уровню -3дБ): - 1 диапазон - 2 диапазон	0,3...2200 Гц 0.3...22000 Гц	Управляется программно независимо для каждого канала или "жестко прошивается"
Спад АЧХ: - выше 20000 Гц, не менее - ниже 0.3 Гц	12 дБ/октава 12 дБ/октава	
Максимальная амплитуда заряда за верхней границей полосы пропускания: - на диапазоне 1 - на диапазоне 2	90 нКл 8 нКл	Для частот более 50 кГц Для частот более 50 кГц
Выходное напряжение	не менее $\pm 8\text{В}$ р-р	При выходном токе 1 мА
Выходное сопротивление	61, 9 Ом $\pm 1\%$	
Выходное напряжения смещения	$\pm 10$ мВ	
Межканальное прохождение сигнала	не хуже -90 дБ	Обеспечивается внутренним поканальным экранированием в <b>LE-41</b> .
Типичное значение уровня шума, приведённого ко входу, при ёмкости источника заряда 1000 пФ: -- в полосе пропускания 0,3...2200 Гц -- в полосе пропускания 0,3...22000 Гц	6 фКл 15 фКл	
Типичное время восстановления передаточной функции канала <b>LE-41</b> после превышения входного диапазона заряда	3 с	
<i>Параметры тестового режима определения емкости входной цепи</i>		
Уровень входного тестового меандра	0,2 В (эфф.)	0.4В р-р

Параметр (характеристика)	Значение (описание)	Примечание
Период сигнала тестового меандра	2 мс	
Диапазон измерения входной емкости (тестовый режим):		
-- диапазон 1	3...33 нФ	0.9 мВ/пКл
-- диапазон 2	0...3 нФ	10 мВ/пКл
<i>Питание LE-41</i>		
Питание	+12...+15 В -12...-15В	30 мА 16 мА
<i>Интерфейс управления LE-41</i>		
Тип интерфейса	RS-485	Многоточечный, протокол с подтверждением от <b>LE-41</b> приема команд управления.
Габарит	95 x 150 x 26 мм	Без учета кабельных частей разъемов.
Масса	400 г 290 г	для <b>LE-41</b> выпуска до конца 2007 г для <b>LE-41</b> с годом выпуска начиная с 2008 г. <sup>2</sup>

### 3. Комплектация

Кроме самого модуля **LE-41**, в комплект поставки входит:

- Разъём DB-25M с кожухом (1 шт.)
- CD-ROM с документацией и ПО (1 шт.).

#### Примечания:

1. Кабельный разъём TNC не поставляется ввиду различий возможных типов пользовательских кабелей.
2. Изготовление кабелей для подключения **LE-41** возлагается на пользователя.

### 4. Информация для заказа

В случае, если Вы будете применять **LE-41** с постоянными заводскими предустановками, тогда абсолютно необходимо при заказе **LE-41** оговорить значения этих предустановок, а именно (согласно п. 2):

- верхнюю границу полосы пропускания для каждого канала (22 кГц или 2,2 кГц)
- коэффициент передачи каждого канала (0.9 мВ/пКл или 10 мВ/пКл)

Если в заказе не оговорены предустановки, то все каналы **LE-41** будут настроены, соответственно, на 22 кГц и 0.9 мВ/пКл.

<sup>2</sup> снижение веса достигнуто благодаря применению более лёгких конструктивных деталей и материалов

## 5. Подключение LE-41

Модуль **LE-41** имеет 4 разъема TNC для подключения входных сигналов (номера каналов “1”, ..., “4” указаны на корпусе), один интерфейсный разъем DRB-25F и клемму заземления.

### 5.1. Требования к входным цепям.

Входные цепи должны удовлетворять следующим требованиям:

- Наличие сплошного экранирующего слоя у кабеля (например, кабель с ленточным экраном). Это связано со сверхчувствительностью входной цепи к внешней емкостной наводке. К примеру, применяя кабель с неплотно плетеным экраном, внешний фон (50 Гц) и другие помехи могут превысить Ваш полезный сигнал и даже перегрузить вход **LE-41**! При этом экран должен быть надежно заделан в кабельный разъем TNC.
- Наличие сплошного экрана у всех элементов входной цепи, в том числе и у датчика.
- Сопротивление кабеля между жилой и оплеткой кабеля не должно превышать 1 ГОм. Меньшее сопротивление будет увеличивать завал АЧХ в области низких частот.
- Рекомендуется не соединять экраны кабелей между собой в каких-либо точках. Экраны входных разъемов **LE-41** надежно соединены между собой, и дополнительные точки соединения экранов могут вызвать паразитные экранные токи, увеличивающие помехи и взаимовлияние каналов.
- **LE-41** должен быть заземлен.

## 5.2. Интерфейсный разъем LE-41

Назначение контактов интерфейсного разъема модуля **LE-41** приведено в таблице:

Контакт	Цепь	Назначение	Примечание
1	B485	Интерфейсная линия	См. примеч.1.
2, 15	VCC	Внутренняя цепь +5V модуля	Цепи предназначены для подключения “подтягивающих” резисторов для интерфейса RS-485.
3, 16	GND	GND	
4	-	Резерв	Контакт не задействован
5	-OUT4	Выход “-” 4-го канала “4”	
6	+OUT4	Выход “+” 4-го канала “4”	
7	-OUT3	Выход “-” 3-го канала “3”	
8	+OUT3	Выход “+” 3-го канала “3”	
9	-OUT2	Выход “-” 2-го канала “2”	
10	+OUT2	Выход “+” 2-го канала “2”	
11	-OUT1	Выход “-” 1-го канала “1”	
12	+OUT1	Выход “+” 1-го канала “1”	
13	-15V	Питание -12...-15V	
14	A485	Интерфейсная линия	
17...24	AGND	Аналоговая земля	
25	+15V	Питание +12...+15V	

## 5.3. Подключение к крейтовой системе LTR

Усилитель заряда **LE-41** не входит в состав крейтовой системы LTR, но может быть успешно к ней подключен для образования сквозных каналов сбора данных с источников заряда (пьезодатчиков).

По вопросам подключения **LE-41** к LTR обращайтесь к документу: *Крейтовая система LTR. Руководство пользователя*, см. [http://www.lcard.ru/download/ltr\\_hw.zip](http://www.lcard.ru/download/ltr_hw.zip), глава.13 (этот документ присутствует также на CD-ROM, входящем в комплект поставки).

Любые вопросы подключения **LE-41** Вы можете задать нашей службе технической поддержки: e-mail: [support@lcard.ru](mailto:support@lcard.ru) или в конференциях на сайте <http://www.lcard.ru>



### 5.4. Автономное подключение **LE-41**

Для автономного подключения потребуется подключить двуполярный источник питания. В зависимости от типа входа приемника сигнала, возможна одна из двух схем подключения, показанных на рисунке:

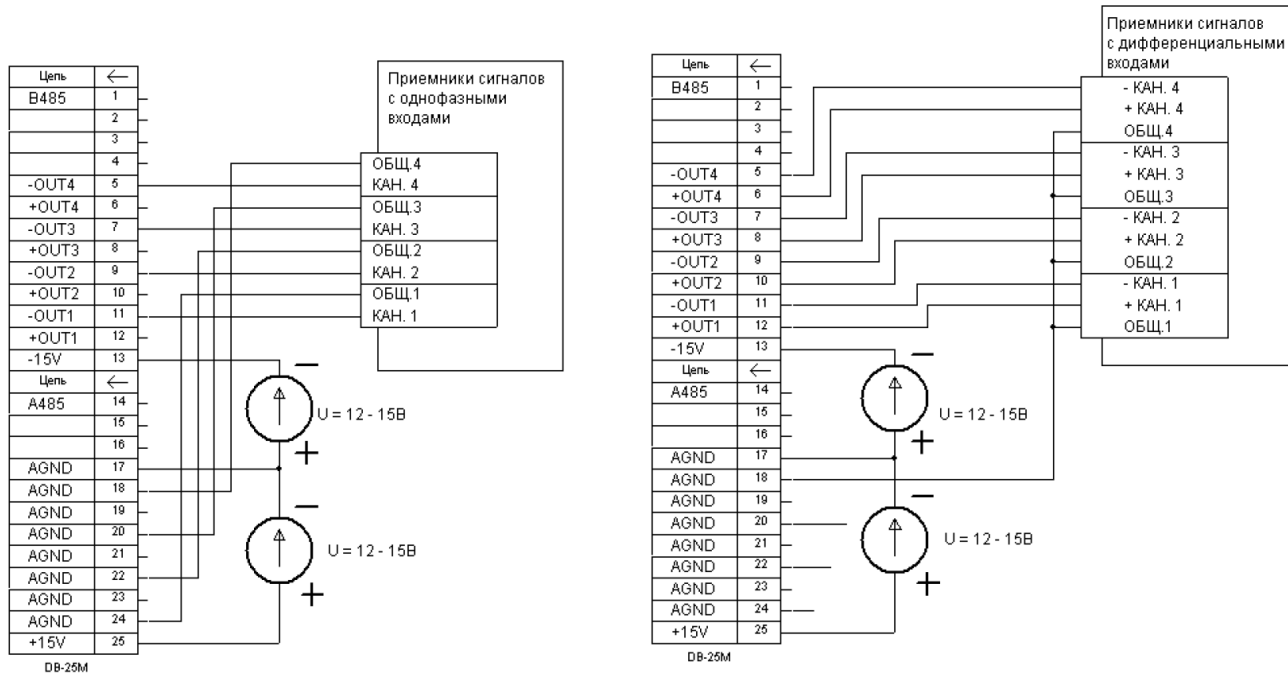


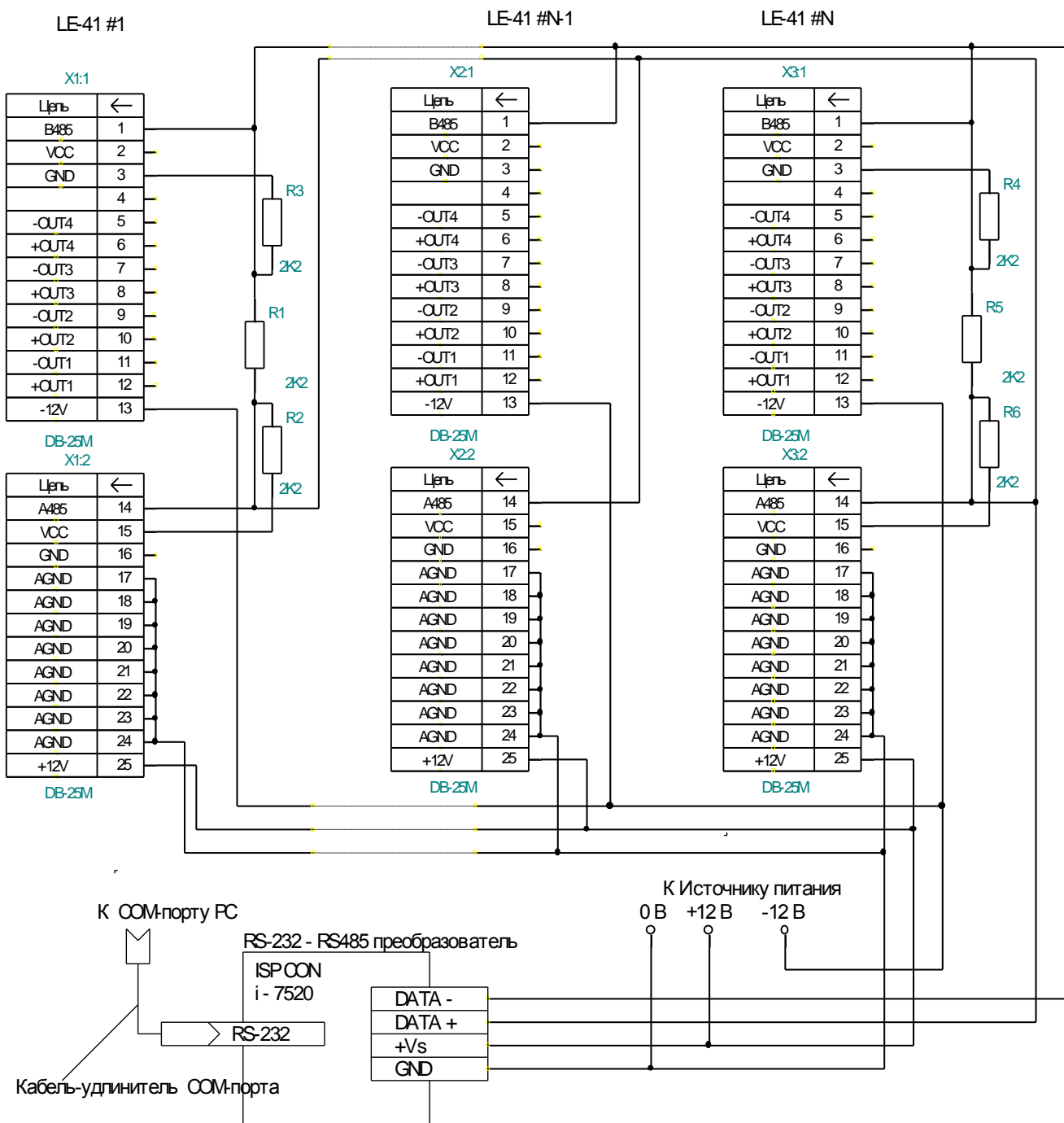
Схема кабеля для подключения **LE-41** к приемникам сигналов с однофазным входами

Схема кабеля для подключения **LE-41** к приемникам сигналов с дифференциальными входами

После включения питания **LE-41** переходит в заранее запрограммированное начальное состояние и полностью готов к работе.

### 5.5. Схема подключения интерфейса RS-485 для управления несколькими модулями LE-41 от PC

Пример образования сети RS-485 из модулей LE-41 показан на рисунке ниже. Для подключения к COM-порту PC можно использовать например RS-232 - RS485 преобразователь типа ISP CON i – 7520 или аналогичный.

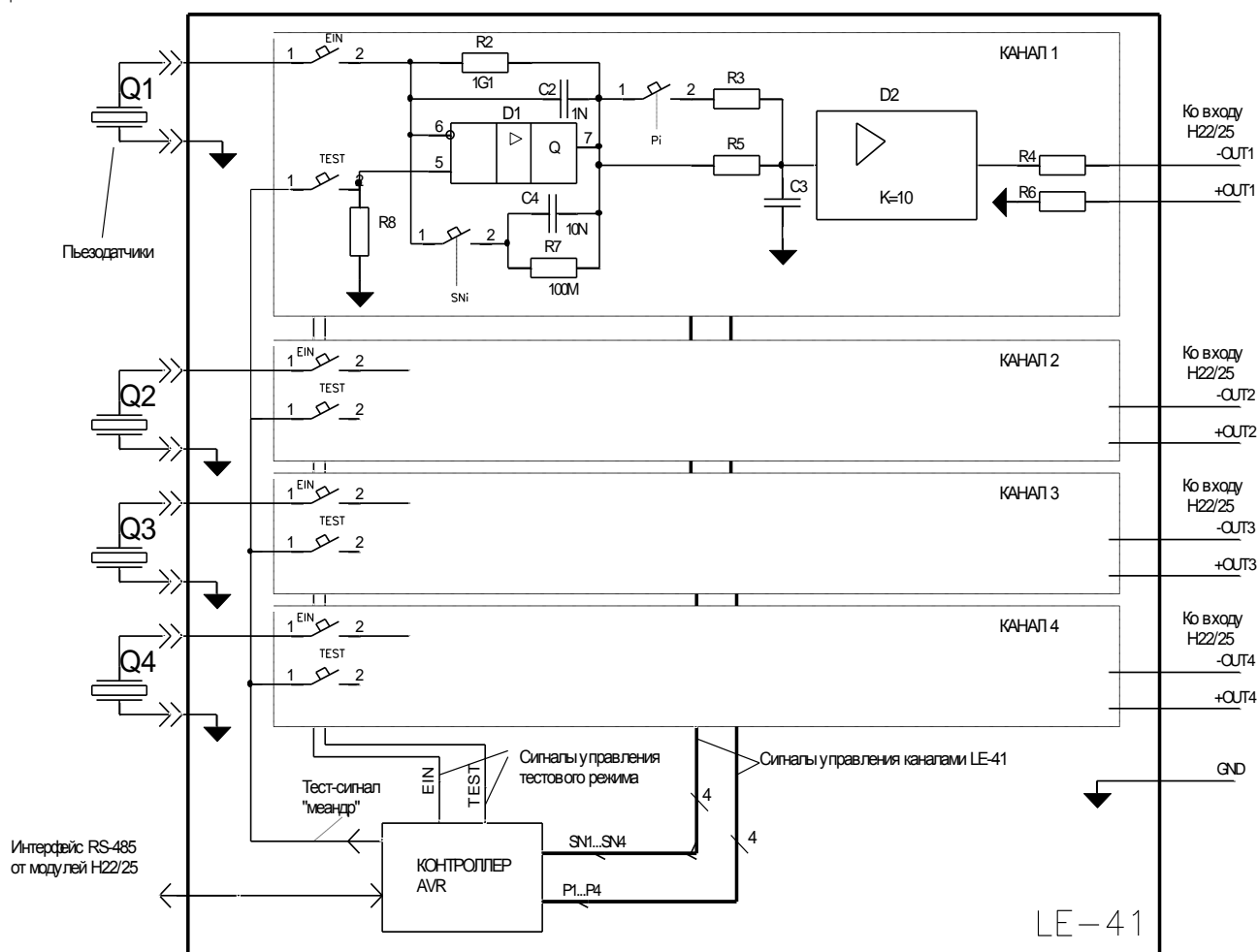


**Примечание:** Выходные сигналы LE-41 на рисунке не показаны. Резисторы R1...R6 служат для “подтягивания” уровня сигнала на линии RS-485 в момент времени, когда все абоненты сети включены на вход. Резисторы R1...R6 рекомендуется подключать только на окончных разъемах DB-25M, подключенных к линии RS-485, как показано на рисунке выше.

## 6. Работа с LE-41

### 6.1. Описание программируемых режимов работы LE-41 и настроек.

Функциональная схема LE-41 приведена на рисунке.



ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА LE-41.

**LE-41** состоит из 4-х идентичных каналов и узла управления на основе микроконтроллера.

Входной узел канала **LE-41** является преобразователем заряд-напряжение и выполнен на основе операционного усилителя D1 с программируемыми аналоговыми ключами. В штатном режиме программируемый электронный ключ Ein замкнут, а Test – разомкнут (входной сигнал подается, а тестовый запрещен). Ключи Ein и Test реализуют тестовый режим измерения емкости цепи датчика Q (тестовый режим подробно описан в п. 6.2). Ключ SNi задает коэффициент передачи канала **LE-41**.

С выхода узла преобразователя заряд-напряжение через управляемый ФНЧ 1-го порядка сигнал поступает на узел усилителя D2 (с коэффициентом усиления 10) и с его выхода – на выход соответствующего канала **LE-41**. Управляемое сигналом Pi звено ФНЧ 1-го порядка совместно с усилителем D2 с полосой пропускания 0.5...22000 Гц фильтруют сигнал, защищая выходной усилитель от перегрузки высокочастотными составляющими сигнала пьезодатчика.

Значения полосы пропускания **LE-41** в зависимости от состояния программируемого сигнала  $P_i$  приведены в таблице:

$P_i$	Полоса пропускания <b>LE-41</b>
0	0.3...22000 Гц
1	0,3...2200 Гц

Определим коэффициент передачи **LE-41** (входной заряд – выходное напряжение). Если  $Q$  - уровень переменной составляющей входного заряда **LE-41**, а  $U_{\text{вых}}$  – уровень выходного сигнала **LE-41**, то коэффициент передачи  $U_{\text{вых}}/Q$  определяется по формуле:

$$U_{\text{вых}}/Q = K_u / C_{\text{ос}}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{ос}}$  – емкость обратной связи узла D1:  $C_{\text{ос}}=C_2=1\text{нФ}$  при разомкнутом ключе  $SN_i$ ,  $C_{\text{ос}}=C_2+C_4=1\text{нФ}+10\text{нФ}$  при замкнутом  $SN_i$ ;  $K_u$  – коэффициент усиления узла усилителя D2 ( $K_u=10$ ).

Для удобства во всех формулах емкость будем выражать в **нФ**, тогда коэффициент передачи будет иметь размерность **мВ/пКл** без дополнительного коэффициента пересчета.

Значения коэффициента передачи **LE-41** в зависимости от состояния программируемого сигнала  $SN_i$  приведены в таблице:

Состояние сигнала $SN_i$	Диапазон	Значение $C_{\text{ос}}$
0	0.9 мВ/пКл	11 нФ±6%
1	10 мВ/пКл	1 нФ±5%

## 6.2. Тестовый режим оценки емкости входной цепи

Модуль **LE-41** имеет средства для грубого определения емкости входной цепи. Эта возможность важна при эксплуатации многоканальных систем, поскольку она позволяет установить факт неисправности входной цепи (обрыв) по грубому отклонению измеренной емкости.

Принцип определения емкости входной цепи, реализованный в **LE-41**, заключается в подаче сигнала “Меандр” на неинвертирующий вход преобразователя заряд-напряжение D1(см. п.6.1). В этом случае коэффициент передачи тестового меандра будет зависеть от параметров обратной связи, образованной входной емкостью  $C_{\text{вх}}$  и емкостью обратной связи  $C_{\text{ос}}$ . Следовательно, проведя два измерения уровня меандра на выходе **LE-41** при подключенном и отключенном входе **LE-41** для одной и той же емкости  $C_{\text{ос}}$ , по изменению уровня меандра можно судить о емкости кабеля и датчика, подключенного к входу **LE-41**. В частности, при обрыве входной цепи изменение будет минимальным, а при коротком замыкании изменение уровня будет носить экстремально большое значение (“зашкал”). Естественно, данный принцип требует отсутствия входного сигнала от датчика, поскольку он будет суммироваться к тестовому меандру при подключенном входе.

Состояния сигналов, определяющих режим **LE-41**, приведены в таблице:

Режим	Сигналы			Примечание
	Ein	Test	Меандр	
“Штатный”	0	1	Не подан	
“Тест 1”	0	0	Подан	Вход <b>LE-41</b> подключен
“Тест 2”	1	0	Подан	Вход <b>LE-41</b> отключен

### 6.2.1. Описание процедуры измерения емкости входной цепи

**Процесс определения емкости цепи датчика LE-41** содержит две измерительные процедуры (Тест 1 и Тест2 ), по результатам которых вычисляется искомая емкость:

**Тест 1:** Измеряют  $U_{вых1}$  при замкнутых ключах Ein и Test и генерируя сигнал –меандр частотой 1 кГц от контроллера. При такой коммутации справедливо соотношение:

$$U_{вых1} / U_m = (1 + C_{вх} / C_{ос}) * K_u \quad (2)$$

где  $C_{вх}$  – емкость входной цепи модуля **LE-41**;  $U_m$  – уровень поданного напряжения меандра.

**Тест 2:** Измеряют  $U_{вых2}$  при разомкнутом ключе Ein, остальные настройки п.1 сохраняют. В этом случае  $C_{вх}=0$  и справедливо соотношение:

$$U_{вых2} / U_m = K_u \quad (3)$$

Совместное решение уравнений (2), (3) дает формулу, по которой вычисляют искомую емкости входной цепи:

$$C_{вх} = C_{ос} * ( (U_{вых1} / U_{вых2}) - 1 )$$

Параметры емкости обратной связи  $C_{ос}$ , которые должны быть использованы в вышеприведенных расчетах, приведены в таблице:

Диапазон	Значение $C_{ос}$
0.9 мВ/пКл	11 нФ±6%
10 мВ/пКл	1 нФ±5%

Из формулы (2) следует, что настройка “Диапазон” **LE-41** фактически определяет диапазон измерения емкости входной цепи, поскольку уровень выходного напряжения  $U_{вых1}$  **LE-41** ограничен ±8В.

ПО модуля **LE-41** поддерживает режимы Тест 1 и Тест 2. Программа измерения уровня меандра  $U_{вых1} / U_{вых2}$  для вычисления  $C_{вх}$  при необходимости может быть реализована пользователем на высоком уровне.

### 6.3. Калибровка модуля **LE-41**

Операция калибровки производится на предприятии-изготовителе и заключается в измерении фактического коэффициента передачи каждого канала **LE-41** и занесение соответствующих поправочных коэффициентов в EEPROM микроконтроллера **LE-41**. При этом программное обеспечение предоставляет пользователю доступ (только для чтения) к этим поправочным коэффициентам, которые должны быть учтены пользователем при пересчете выходного напряжения **LE-41** в величину входного заряда.

В паспорте **LE-41** также указываются эти поправочные коэффициенты для использования **LE-41** автономно (без программного доступа к ним).

При желании Вы можете также откалибровать **LE-41** самостоятельно.

Калибровка (тарировка) коэффициента передачи канала **LE-41** может быть проведена несколькими способами с использованием следующих прецизионных источников сигнала:

1. Источник нормированного переменного заряда  $Q$ .
2. Эквивалент источника заряда в виде последовательно соединенного низкоомного источника переменного напряжения  $U$  и эталонной емкости  $C$ , при этом  $Q=C*U$ .
3. Эквивалент импеданса источника заряда на заданной частоте в виде последовательно соединенного синусоидального источника напряжения с известной частотой  $F$ , напряжением  $U$  и с прецизионным резистором  $R$ . В этом случае величина эквивалентного заряда будет равна  $Q=U*(2\pi FC)^{-1}$ .

Первый способ калибровки может оказаться практически неосуществимым из-за отсутствия эталонных источников переменного заряда, второй способ требует прецизионной емкости (точнее 0.5%, с малой утечкой), третий способ кажется более практичным, но реально точность его ограничена влиянием проходной емкости резистора, которая определяется конструкцией “переходника” с прецизионным резистором. Кроме того, последний способ имеет дополнительный частотно зависимый параметр, который следует учитывать.

Подводя итог сравнения вышеуказанных способов калибровки, можно сказать следующее. Первый способ является прямым (непосредственным) способом калибровки или тарировки, второй способ – косвенный, а третий – ещё в большей степени косвенный, чем второй.