

Многоканальные системы сбора данных и управления

Программный комплекс LMC

Руководство пользователя

- Программа для сбора данных и управления процессами на базе аппаратуры, производимой L-Card.
- Настройка и типовые случаи применения на примере модулей крейта LTR.



Июнь 2017

ООО "Л КАРД"

117105, г. Москва, Варшавское ш., д. 5, корп. 4, стр. 2 тел.: (495) 785-95-25 факс: (495) 785-95-14

Адреса в Интернет:

www.lcard.ru ftp.lcard.ru/pub

E-Mail:

Отдел продаж: <u>sale@lcard.ru</u> Техническая поддержка: <u>support@lcard.ru</u> Отдел кадров: <u>job@lcard.ru</u> Общие вопросы: <u>lcard@lcard.ru</u>

Программный комплекс LMC

© Copyright 2017, ООО "Л Кард". Все права защищены.

Оглавление

1.		Предисловие	4
	a.	Причины появления и предыстория	4
	b.	Назначение и возможности	4
2.		Системные требования	6
3.		Порядок установки и настройки	6
	a.	Запуск инсталлятора	6
	b.	Настройка связи с оборудованием	6
	c.	Настройка внешнего вида	9
	d.	Настройка конфигурации и хранения файлов данных.	10
	e.	Настройка экспорта данных	10
	f.	Запись эксперимента	11
4.		Работа с файлами данных	11
	a.	Подготовка данных для выдачи на цифровые и аналоговые выходы	11
	b.	Форматирование и селекция выходных данных	15
5.		Специальные случаи применения	16
	a.	Управление аппаратурой заказчика	16
		i. Вариант с несколькими крейтами	16

1. Предисловие

а. Причины появления и предыстория.

ООО «L-Card» имеет почти 30-летний опыт разработки и выпуска электронной аппаратуры, предназначенной для измерения электрических значений, сбора данных и регистрации их с помощью персональных компьютеров. За это время несколько раз изменялись как задачи, решаемые аппаратурой L-Card, так и аппаратные платформы самих средств измерения. Изменялась и архитектура персональных компьютеров, с которыми взаимодействовали системы, выпускаемые фирмой L-Card. Соответственно, изменялось и программное обеспечение, предлагаемое для использования совместно с этой аппаратурой.

На основе всего опыта фирма L-Card может предложить заказчикам не просто аппаратуру для сбора данных, но комплексное решение, пригодное не только для записи данных, но и для управления процессами, в том числе, испытательными, технологическими и другими, которые требуют участия компьютера в обратных связях между датчиками и исполнительными механизмами. В соответствии с новыми запросами была спроектирована и написана программа LMC, позволяющая не только собирать данные при эксперименте, но и организовывать сценарий эксперимента с помощью выходных сигналов плат L-ххх и модулей крейта LTR, которые должны управлять исполнительными устройствами экспериментальной установки. Такой подход призван автоматизировать как многократно повторяющиеся сценарии, так и сценарии большой длительности (несколько суток и т.д.). Стала возможной и организация обратных связей, например, при выходе каких-то значений за пределы диапазона, программа может выдать управляющие сигналы на их коррекцию или на прекращение эксперимента.

Таким образом, программа LMC стала следующим этапом взаимодействия фирмы L-Card с потребителями измерительной техники.

b. Назначение и возможности

Программа LMC предназначена для управления аппаратурой сбора данных производства OOO L-Card, как то: Измерительная система LTR, платы для PC-совместимых компьютеров L-502, L-7xx и им подобные, внешние модули E20-10, E-502, E-440 и E-140. Планируется расширение списка поддерживаемой аппаратуры, текущее состояние можно уточнить на официальном вебсайте компании по адресу <u>http://www.lcard.ru</u>

Кроме того, программа LMC способна управлять аппаратурой заказчика, посредством выдачи в заранее заданные интервалы времени управляющих воздействий через цифровые и аналоговые выходы модулей крейта LTR и плат L-ххх. Предусмотрена возможность управления аппаратурой заказчика, подключемой к стандартным компьютерным интерфейсам, для чего может понадобиться модификация программы по контракту с заказчиком.

Программа написана в среде Qt версии 5.7.1, текущая сборка поддерживает работу под управлением Microsoft Windows (не ниже XP), планируется выпуск сборок для работы в среде LINUX, MacOS X. По запросу заказчика могут быть выпущены сборки для других операционных систем, поддерживаемых Qt.

Программа позволяет одновременно передавать на цифровые и аналоговые выходы последовательность управляющих сигналов и принимать поступающие от экспериментальной установки данные, при этом обеспечивается временная привязка встречных потоков с пригодной

для большинства случаев точностью, без необходимости подавать выходные сигналы на дополнительные входы.

В программу интегрирована возможность написания модулей на JavaScript, например, для форматирования выходных данных в реальном времени, или организации другой обработки данных «на лету».

Программа рассчитана, в основном, на пост-обработку данных средствами других программ. Некоторые возможности программы реализуются за счёт использования стандартных программных пакетов для компьютера, таких, как Microsoft Office или подобных.

Программа обеспечивает:

- Одновременные передачу и приём данных между компьютером и измерительной системой, как по шине USB 2.0, так и по локальной сети по протоколу TCP/IP через сеть Ethernet 100 MБ/с;
- управление режимом модулей (входов и выходов; выбор частоты дискретизации и диапазона сигнала; выбор режима подключения датчиков)
- визуализацию полученных данных параллельно с записью;
- запись данных в память и в файл, просмотр записанного файла, автоматическое разделение файла данных на части нужного размера;
- временную привязку данных в файле, экспорт и импорт данных в формате CSV (comma separated value), как совместно, так и поканально;
- выдачу данных на модули ЦАП и дискретные выходы;
- просмотр принятых данных в графическом виде и масштабирование просмотрового окна, выдачу точного значения по клику правой кнопки мыши.

Интерфейс программы включает окна с графическим отображением регистрируемых входных сигналов (аналоговых и цифровых), окна с числовыми значениями тех величин, для которых нежелательно графическое представление, или требуется знание точного значения во время эксперимента, и меню с органами управления. При работе с меню появляются дополнительные всплывающие окна, специфичные для каждого пункта.

Формат CSV – это текстовый формат, содержащий, обычно, числовые значения в десятичной форме, разделённые точкой с запятой (;). Этот формат поддерживается большим количеством программ, что позволяет делать пост-обработку данных любым удобным способом.

Архитектура программы позволяет строить законченные измерительные, испытательные и управляющие комплексы, как на базе оборудования L-Card, так и с участием оборудования других фирм, управляемым либо от выходных сигналов аппаратуры L-Card, либо с непосредственным подключением к компьютеру, на котором запущена программа LMC. При этом, по контракту с заказчиком, может дополняться список аппаратуры, поддерживаемой программой, таким образом, чтобы обеспечить интеграцию разнородных устройств, синхронизацию управляющих потоков и потоков данных, решая практически любые задачи, связанные с измерением параметров и управлением работой установки заказчика.

Исполнительные механизмы любых типов могут быть интегрированы в комплекс под управлением LMC при минимальных переделках программы, а устройства, использующие стандартные сигналы, могут быть использованы вообще без изменения программы. Таковы, например, преобразователи частоты для управления электродвигателями переменного тока, управляемые сигналом 0..20 мА или 0..10 В; регуляторы расхода и дроссели с широтноимпульсным управлением, устройства, использующие протокол MODBUS, и так далее. Использование АЦП и прочих устройств сбора данных других фирм возможно, если в перечне продукции L-Card не удаётся подобрать подходящей аппаратуры под задачу пользователя, в этом случае интегрирование таких устройств потребует заключения специального контракта.

2. Системные требования

Минимальные требования для запуска LMC зависят от требуемого количества каналов и частоты дискретизации. Для использования с Windows XP нужен центральный процессор с тактовой частотой не ниже 1,8 гигагерца, оперативная память 2,5 гигабайта или больше, и жёсткий диск, достаточный, чтобы вместить все результаты эксперимента, ориентировочно для 16-модульного крейта 120 мегабайт на 1 минуту записи, плюс около 100 мегабайт для исполняемых файлов программы и файлов конфигурации. Для 64-разрядных версий Windows требуемый объём памяти – не менее 4 гигабайт. Для установки программы нужны права локального администратора.

Для визуализации используется графический интерфейс OpenGL. Современные дискретные графические адаптеры поддерживают различные версии, минимальная совместимая – OpenGL 2.0. Для поддержки OpenGL на компьютере должны быть установлены соответствующие драйверы от производителя. Если OpenGL не поддерживается аппаратно, необходимо использовать программную эмуляцию OpenGL, это не приводит к замедлению отображения, но несколько увеличивает нагрузку на центральный процессор компьютера. Библиотеки, обеспечивающие программную эмуляцию OpenGL, входят в состав Qt и могут быть установлены вручную при проблемах с совместимостью.

- 3. Порядок установки и настройки
 - а. Запуск инсталлятора

Программа поставляется в виде единого файла setup.exe. Скопируйте его на любое свободное место жёсткого диска и запустите двойным кликом мыши. Откроется окошко, в котором предлагается выбрать язык установщика. Этот выбор относится только к инсталлятору, а

Выберите дополнительные задачи	
Какие дополнительные задачи необходимо выполнить?	J
Выберите дополнительные задачи, которые должны выполниться при установке LCard Measurement Complex, после этого нажмите «Далее»:	
Дополнительные значки:	
🔽 Создать значок на Рабочем столе	
🔲 Создать значок в Панели быстрого запуска	
Далее > Отмен	ia

Рисунок 1. Окно установщика.

не к самой программе. Выберите нужный язык, нажмите кнопку «Продолжить» и следуйте указаниям инсталлятора. По умолчанию, программа устанавливается в папку «Program Files» для 32-разрядных систем, и «Program Files (x86)» для 64разрядных систем.

Поскольку пользовательские программы не могут самостоятельно изменять содержимое папки «Program Files» в Windows 7 и новее, конфигурационный файл создаётся в

папке «Документы» текущего пользователя. При работе с

оборудованием нескольких пользователей одного компьютера необходимо сохранить конфигурационный файл в папке, доступной на запись всем нужным пользователям.

b. Настройка связи с оборудованием

После окончания работы инсталлятора программа запустится в первый раз. При этом всё измерительное оборудовании должно быть включено и подключено к компьютеру. Необходимо создать конфигурационный файл, соответствующий вашей измерительной системе. Для этого в верхнем меню выберите пункт File, и в появившемся меню выберите пункт Open, если хотите изменить демо-файл, или New, если удобнее создать новую конфигурацию с нуля.

В открывшемся окне введите имя конфигурации, при необходимости, включите чекбокс «Limit file size», и укажите предельный размер файла данных, при котором будет создан новый файл. По умолчанию задаётся размер в мегабайтах, кликнув по кнопке справа, можно переключиться на задание длительности записи в один файл в секундах.

Теперь переключитесь на закладку Devices. Если нажать на кнопку Add в верхнем правом углу закладки, будет доступен список обнаруженных устройств. Все подключённые локально (к шинам PCI, PCI-е и USB) устройства будут доступны автоматически. Для подключения крейтов, подключённых по сети Ethernet, надо нажать на кнопку Add by tcp/ip address, после чего ввести адрес сетевого контроллера крейта в формате xx.xx.xx.xx . Заводские значения адресов для крейта LTR 192.168.12.251 и 192.168.12.252.

onfiguration editor 0.8.a - [C:/Documents and Settings/suvorow/Paбочий כדסת/bin-v04a-5.7.1-x86/test04.conf] 📃 🛄 🔀											
	Main	Devices	Inputs		Outputs	1	Views	1			
Devices										Ad	d
No		Туре	Name		Id	ł	.ocatior	Sample Rate	Sync		
1	LTR11		Slot 1	:	3T229309			1000	int.	Ι	X
2	LTR34		Slot 2	:	3T229309			31250	int.	I	x
3	LTR43		Slot 3	:	3T229309			10000	int.	I	x
4	LTR114		Slot 4	:	3T229309			1000	int.	I	x
						Save and	apply	Save	Save as	0	lose

Рисунок 2. Редактор конфигурации, закладка добавления устройств.

Теперь добавьте все найденные модули и платы. При добавлении модуля необходимо указывать частоту преобразования. Потом её можно будет изменить в пределах, поддерживаемых модулем. В таблице 1 дан список диапазонов частот, поддерживаемых различными модулями. Для модулей с коммутируемыми входами (LTR11, LTR114) максимальная пропускная способность делится соответственно числу одновременно используемых каналов, поэтому, указывая частоту дискретизации, следует помнить, что фактическое её значение будет во столько раз больше, сколько каналов используется, например, для 4 каналов нельзя указывать частоту дискретизации больше 100 кГц.

Тип модуля	Частота дискретизации, мин.	Частота дискретизации, макс	Примечание
LTR11	5 Гц	400 кГц	
LTR114	5 Гц	4 кГц	
LTR34	31,25 кГц	500 кГц	Аналоговый выход
LTR27	5 Гц	100 Гц	Поканальная

Таблица 1.

			гальваническая развязка
LTR43	Неприменимо	10 Гц (вывод) / 100 кГц (ввод)	Асинхронный

После добавления всех модулей необходимо перейти на следующую закладку Inputs и сконфигурировать входы. Для этого нужно выбрать диапазон входного сигнала и режим работы входа. Так, для модулей, работающих с терморезисторами, надо выбрать величину образцового тока, а для модулей, работающих с тензорезисторами по схеме четверть-мостов, надо указать значение сопротивления, дополняющего резистор до полумоста. У модуля LTR27 режим работы входа зависит от установленного субмодуля, и программой распознаётся автоматически.

Список доступных опций приведён в таблице 2.

Тип модуля	Диапазон	Диапазон	Другие опции	Примечание
	сигнала, мин.	сигнала, макс		
LTR11	-625 мВ+625 мВ	-10+10 B		
LTR114		-10+10 B		
LTR34	-1+1 B	-10+10 B	Делитель 1:10	Выход
LTR43	0/5 B	0/5 B		Только цифровой
LTR27	В зависимости от	В зависимости от		См. список
	субмодуля	субмодуля		вариантов
				субмодулей на
				сайте L-Card

Таблица 2.

Если в крейте есть модули с выходными сигналами, следующим шагом нужно сконфигурировать их. Добавление происходит так же, как и для входов, аналогично задаются значения тактовой частоты и диапазона. Ключевой особенностью программы LMC является введение сценария, по которому будут переключаться состояния выходов, что и даёт возможность реализации плана эксперимента. Если в сценарии содержится большое количество событий, то проще всего создать его в программе Excel, для чего в первой колонке задать время в миллисекундах, для каждого события от начала эксперимента, а во второй – значение напряжения на выходе в вольтах. Затем сохранить файл в виде csv (при этом все формулы преобразуются в числовые значения), и в программе LMC импортировать его, для чего, в меню настойки выхода, выбрать опцию «Таблица» и нажать кнопку «Импорт» внизу окна. После чего указать путь к файлу в формате csv со сценарием эксперимента.

Если в сценарии содержится небольшое (менее 255) количество моментов изменения выходного состояния, их можно задать прямо в этом окне программы с помощью мыши. Сначала задаётся количество точек, затем каждой точке задаётся значение напряжения. Задание происходит для каждого выхода отдельно, если вы используете несколько выходов одного модуля, создайте по сценарию на каждый выход. Подробнее процессы создания двух вариантов сценариев рассмотрены ниже, в пункте 4a.

В программе есть три режима воспроизведения сценария, заданного в меню настроек выходов:

- Без зацикливания;
- С программным зацикливанием;

• С аппаратным зацикливанием.

В первом режиме после окончания сценария на выходы будут выдаваться последние заданные значения. В режиме с программным зацикливанием после окончания сценария его воспроизведение начнётся заново средствами персонального компьютера. При этом временной лаг между концом текущего и началом следующего сценария отсутствует для модуля LTR34, имеющего большой внутренний буфер, а для дискретных модулей, например, LTR43, он будет зависеть от быстродействия и загруженности компьютера, и может составлять до 500 мс (типично 50..100 мс, для 64-разрядных ОС). Максимальная частота дискретизации модуля LTR34 составляет в этом режиме 400 кГц.

Третий режим выполняется средствами модуля, а не ПК, поэтому проигрывание следующего сценария начинается через 1 период частоты дискретизации. Однако, такой режим возможен только для выдачи сигналов модулем LTR34, имеющим внутренний буфер. Модули дискретных выходов такого буфера не имеют, и всегда полагаются на таймер Windows. Очевидно, что длина сценария в таком режиме не может превышать длины буфера LTR34 – 2 мегасэмпла. При нескольких одновременно используемых каналах количество сэмплов делится между каналами. Главное преимущество этого режима в том, что частота дискретизации может быть поднята до 500 кГц.

с. Настройка внешнего вида

Программа LMC предоставляет пользователю богатый выбор настроек по отображению данных, принимаемых аппаратурой и выдаваемых на объект. Для настройки отображения сигналов выберите закладку View. При нажатии на кнопку Add произойдёт добавление области графического вывода. Теперь надо связать с этой областью один или несколько входных или выходных сигналов. Можно выводить несколько графиков в одну область, можно разделить окно программы на несколько областей, можно добавить несколько окон вывода. Последнее удобно при подключении к компьютеру двух и более мониторов.

После нажатия на кнопку Add и появления окна конфигурации области отображения надо нажать кнопку Add уже в появившемся окне и выбрать входы или выходы из списка, в который попадут все устройства, добавленные на предыдущем этапе. В верхней части этого окна находится номер области отображения, в нижней – номер программного окна. Проще всего разделить основное окно на несколько областей, в каждую область можно выводить несколько графиков, тогда им будут назначаться разные цвета.

Если требуется обеспечить только цифровое отображение, в нижней части окна надо выбрать опцию «No display», тогда график для этого сигнала рисоваться не будет.

Скроллбар в нижней части окна графиков предназначен для прокрутки графиков по временной шкале во время просмотра. При просмотре можно изменять временную шкалу. Для этого в главном меню надо выбрать пункт View, и кнопками «+» и «-» выбрать желаемый масштаб отображения.

При просмотре записанного файла, кликнув по графику правой кнопкой мыши, можно узнать точные значения параметра, соответствующие этому моменту времени.



Рисунок 2. Основной экран программы, видны 3 окна, в которые выводятся 5 графиков аналоговых параметров, и справа – окно цифровых значений, куда выводятся 3 параметра.

d. Настройка конфигурации и хранения файлов данных.

Чтобы выбрать место для сохранения данных на диске, в главном меню выберите пункт Recording, и включите чекбокс Write to file. В окошке Path укажите имя диска и путь к файлу. Если вы не помните имя папки и хотите выбрать диск и папку через проводник, нажмите кнопку со знаком (...) у правого края окошка Path. Тогда откроется всплывающее окно, и в нём можно выбрать текущее место сохранения. Данные на диске хранятся в двоичном виде, просмотр средствами других программ в текущей версии не реализован. Прежде, чем обрабатывать данные в других программах, нужно их экспортировать в формате CSV, воспринимаемом многими программами, например, Microsoft Excel.

е. Настройка экспорта данных.

Сама программа LMC в текущей версии не предоставляет возможности для обработки данных, за исключением JavaScript, поэтому в программе предусмотрен экспорт данных в формате CSV. Можно экспортировать данные как всех каналов одновременно, так и выбранных каналов. В первом столбце файла всегда содержится время в секундах. Количество строк соответствует количеству сэмплов сигнала с максимальной частотой дискретизации, из выбранных каналов. Для

тех каналов, где частота дискретизации меньше, будут появляться пустые клетки. Microsoft Excel интерпретирует такие клетки, как нулевое значение.

При экспорте можно выбрать тип десятичного разделителя – точка или запятая. Для обработки в Microsoft Excel следует выбирать тип разделителя в соответствии с локалью операционной системы. Однако большинство программ-обработчиков игнорирует значение локали и всегда воспринимает точку, как десятичный разделитель. Поэтому выбор предоставлен пользователю.

Следует помнить, что Microsoft Excel не может импортировать более миллиона строк в одном файле, а старые версии – более 65536. Кроме того, 32-разрядные версии могут строить графики максимум по 32000 точек. При экспорте данных полезно соблюдать эти ограничения.

f. Запись эксперимента.

Когда все настройки завершены, можно начинать запись данных. Есть два режима – с записью непосредственно на диск и с промежуточной записью в память, и сбросом данных на диск по требованию пользователя.

Чтобы начать запись эксперимента, выберите в верхнем меню пункт Recording. В выпадающем меню нажмите красную кнопку Start. По этому нажатию начнётся запись выбранных входных сигналов в память. Одновременно начнётся вывод на выходы сигналов, заданных в меню настроек выходов.

В фоновом режиме будут отображаться графики тех сигналов, которые выбраны в меню выбора входов.

Чтобы остановить запись, нажмите на квадратную кнопку Stop в этом же меню. При этом запись на диск производится, если в выпадающем меню установить чекбокс Write to disk, иначе запись идёт только в память.

4. Работа с файлами данных

а. Подготовка данных для выдачи на цифровые и аналоговые выходы

Для организации сценария эксперимента нужно ввести данные, которые будут выдаваться на выходы для управления оборудованием. Если событий немного, то проще ввести их прямо в редакторе конфигурации, если же их много, или зависимость их от времени достаточно сложная, удобнее создать файл в формате csv (comma separated values), содержащий в первой колонке время от начала эксперимента в миллисекундах, а во второй – уровень напряжения в вольтах, начиная от обозначенной в первой колонке временной метки, и до следующей. Далее это будет рассмотрено на примерах.

Формат чисел – плавающий двойной точности, но в измерительной системе происходит автоматическая конверсия в двоичный формат, соответствующий разрядности ЦАП или АЦП. Точное значение двоичного кода, однако, зависит от калибровочных коэффициентов, который устанавливаются для каждого модуля индивидуально при калибровке после изготовления. Дискретность задания напряжения на выходе LTR34 – приблизительно 0,3 мВ.

У модуля LTR34-4 четыре выхода, а у модуля LTR34-8 восемь независимых выходов. Для каждого выхода нужно создать отдельный файл. Сигналы, соответствующие одинаковым временным меткам в разных файлах, будет выдаваться строго синхронно.

При управлении логическими входами от выходов модуля LTR34 используются только 2 уровня напряжения, соответствующих логическому «0» и логическому «1» подключённого устройства. При создании файлов для управления дискретными устройствами, например, клапанами, у которых есть только 2 состояния, «открыт-закрыт», достаточно задавать только узловые точки, т.к. изменение сигнала всегда происходит скачком. Логическому 0 соответствует напряжение 0 вольт, логическому «1» - либо 5 В, либо 3,3 В, в зависимости от типа используемой логики.

Рассмотрим самый простой вариант. Допустим, выход используется для управления электропневмоклапаном через релейный модуль. Для включения реле на вход модуля нужно подать напряжение логической единицы. Клапан включается через 1 секунду после начала опыта на 2 секунды, затем выключается на 8 секунд, затем опять включается на 2 секунды, и опять выключается на 8, после чего включается на ещё 2 секунды, затем выключается, и до конца опыта остаётся в выключенном состоянии.

Чтобы задать такую последовательность, в основном меню выберите пункт File, в выпавшем – Current (текущий конфигурационный файл), во всплывающем окне нажмите на закладку Outputs (см. рис. 5), и двойным щелчком по выбранному выходу откройте окно настройки выхода (см. рис. 6). Укажите индекс номера канала (в данном случае – 1, счёт начинается с 0). Выберите режим работы выхода – direct (прямой). Выберите выходной диапазон - 10В..+10В (без делителя).

В следующей строке Count of samples надо задать количество ключевых точек. Введите «8», и нажмите кнопку Apply. В переключателе ниже выберите вариант Table («таблица»). Теперь в графы таблицы введите нужные значения. Минимальная тактовая частота модуля LTR34 составляет 31250 Гц, поэтому, чтобы держать значение на выходе в течение 1 секунды, надо задать число отсчётов 31250.

🗠 Confi	Configuration editor 0.8.a - [C:/Documents and Settings/suvorow/Pa6oчий стол/bin-v04a-5.7.1-x86/test04.conf]						<u>_ ×</u>			
	Μ	lain	Device	es	Inputs	Outputs	Views	;	1	
Outpu	Outputs						Add			
	N		Device	Idx in device		Ν	ame			
1		3T229309 (LTR	(34 - slot 2)	o						×
2		3T229309 (LTR	(34 - slot 2)	1						x
							Save and apply	Save	Save as	Close

В результате получатся такие значения:

🚾 Configure	output						<u>?</u> ×
Id×	1						
Channel name	• 🗌						
Device	312	229309					
Channel idx in	n device 1				•		
	۲	Analog					
	0	Digital					
Channel mode	e dir	ect			•		
Output range	-1	0v10v					•
Count of sam	ples 8					Apply	
C Pattern			🖲 Table	9			
N	Count		V	alue			
1	31250	0.000000					x
2	62500	5.000000					x
3	250000	0.000000					x
4	62500	5.000000					x
5	250000	0.000000					x
6	62500	5.000000					x
7	250000	0.000000					x
8	0	0.000000					x
Import table Ok Cancel						el	

Строка 7 необходима, чтобы клапан закрылся после третьего открытия. В этой строке количество сэмплов может быть любым, кроме 0. Строка 8 в этом эксперименте никаких изменений не несёт, и её можно удалить, нажав на кнопку со знаком X в конце строки таблицы. Теперь можно нажать на кнопку OK, чтобы вернуться в предыдущее окно, чтобы перейти к конфигурированию следующего выхода.

Например, выход 0 будет использоваться для управления регулятором частоты вращения с аналоговым входом 0..10 В, где 0 соответствует остановленному двигателю, 10 В – максимально допустимым оборотам. Допустим, для проведения эксперимента требуется быстрый, но плавный разгон двигателя со стартом через 0,5 секунды от его начала, выходом на полные обороты через 2 секунды, удержанием полных оборотов в течение 1 секунды, уменьшением скорости до 50% в течение 5 секунд, поддержанием этой скорости в течение 10 секунд и плавным спадом до нуля в течение следующих 5 секунд:



Однако, если в программу ввести только точки, соответствующие «узловым» местам графика (см. таблицу), то реально выданный сигнал будет ступенчатым, а не линейно изменяющимся:

Время, мс	Напряжение, В
0	0
500	2,5
2500	10
3500	10
8500	5
18500	5
23500	0

Таблица 3. Предполагаемые значения в таблице



Такой, как на рисунке, будет выдача управляющего сигнала, действительные обороты будут зависеть от инерционности двигателя и его нагрузки. Чтобы выдаваемый сигнал соответствовал первому рисунку, нужно задать его значение во всех точках, где он меняется, то есть, на наклонных участках графика. На горизонтальных участках достаточно только начальной и конечной точек. Таким образом, в файле, при вводе данных через 1 миллисекунду, будет минимум 12005 строк. Чтобы сформировать такое большое количество данных, следует воспользоваться другим путём задания сигнала на управляющем выходе. Зависимость его от времени нужно сформировать в программе Excel или другой подобной электронной таблице, затем экспортировать в текстовом виде в формате CSV и импортировать в программу LMC.

Начало таблицы будет выглядеть вот так:

Таблица 4. Выдача сигнала через каждую миллисекунду, первые 23 строки

0	0
499	0
500	2,5
501	2,50375
502	2,5075
503	2,51125
504	2,515
505	2,51875
506	2,5225
507	2,52625
508	2,53
509	2,53375
510	2,5375
511	2,54125
512	2,545
513	2,54875
514	2,5525
515	2,55625
516	2,56
517	2,56375
518	2,5675
519	2,57125
520	2,575

Для линейных и других нестационарных зависимостей удобнее воспользоваться формулой, представляющей собой зависимость от времени, при экспортировании в формат CSV все формулы будут заменены вычисленными значениями. Конечно, для такого инерционного объекта, как электропривод, вычислять управляющий сигнал с дискретностью в 1 мс бессмысленно, достаточно 50 или 100 мс, тогда строк в файле будет 245 или 125, соответственно. Но, при необходимости, программа может импортировать до миллиона строк, что позволяет прецизионно управлять объектами, если потребуется.

b. Форматирование и селекция выходных данных

Для экспорта данных в файл формата CSV выберите в главном меню пункт Export, и в выпавшем меню нажмите кнопку Text. Вам будет предложено выбрать место сохранения файла и вести его имя. После это во всплывающем окне нужно будет выбрать каналы, которые нужно сохранить в файле, десятичный разделитель (точка или запятая), и опция «убирать пустые клетки». После выбора каналов нажмите кнопку OK.

После окончания записи в файл появится окно с сообщением «Success», если запись прошла нормально, или «Fail», если по какой-либо причине запись не удалась (нет прав на запись, диск заполнен, и т.д.).

- 5. Специальные случаи применения
 - а. Управление аппаратурой заказчика

Выше были описаны наиболее часто встречающиеся на практике конфигурации, когда аппаратура заказчика представлена, в основном, исполнительными механизмами, имеющими стандартные цифровые («сухой контакт» до 24 вольт или TTL уровни) и аналоговые (0..10 вольт или 4..20 миллиампер) входы, которыми можно управлять либо с выходов модуля LTR43 (при невысоких требованиях к точности по времени выдачи) либо с выходов модуля LTR34, позволяющего как задавать произвольное напряжение, так и имитировать цифровые сигналы с разрешением от десятков микросекунд.

В случае, когда ограничиться этим невозможно, например, в составе комплекса содержится измеритель со своим собственным АЦП и цифровым интерфейсом, может потребоваться доработка программы по контракту с заказчиком. Если это один из стандартных компьютерных интерфейсов (USB, RS-485, CAN bus, и так далее), заказчик может воспользоваться готовыми преобразователями для подключения к компьютеру, и потребуется написать только драйвер для интеграции этого устройства в программу LMC.

і. Вариант с несколькими крейтами

При необходимости использования более 16 модулей одновременно, понадобится несколько крейтов. В таком случае они могут быть подключены как локально по USB (при этом все крейты и модули обнаруживаются автоматически), так и по сети Ethernet, тогда им должны быть назначены разные IP адреса в пределах подсети с помощью конфигурационной программы. Для синхронизации данных с разных крейтов могут быть использованы различные средства. Если крейты расположены в пределах одной локации, для точной синхронизации можно использовать штатный синхрокабель, соединяющий специальные разъёмы на задней панели крейта (см. описание крейта LTR). При этом один крейт будет «ведущим», а другой – «ведомым». Модули ведомого крейта нужно переключить в режим внешней синхронизации в меню конфигурации. Работа в меню конфигурации описана в пункте 3b.

Другой вариант – сигнал с одного из цифровых или аналоговых выходов «ведущего» крейта подать на один из свободных входов АЦП «ведомого» крейта.

Если же крейты находятся на расстоянии, исключающем использование кабеля, необходимо использовать GPS приёмники с секундными метками, сигналы которых нужно подать на один из входов АЦП каждого из крейтов.