

В.В. ДЕНИСЕНКО, канд. техн. наук, директор,
П.В. ЕРЕЩЕНКО, ст. инженер,
Р.С. КИЛЬМЕТОВ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
Е.Е. МЕТЕЛКИН, инж.,
А.Н. ХАЛЯВКО, канд. техн. наук, зав. отд.,
К.П. ШАЛЬНЕВ, инж.
НИЛ АП (RLDA)

Модули ввода-вывода RealLab!, серия NL

Описаны принципы построения новой отечественной серии модулей ввода-вывода для жестких условий эксплуатации, которая превосходит зарубежные аналоги по ряду показателей.

The principles of construction of new domestic series of input-output modules for severe operation modes which surpasses foreign analogues on a number of parameters are described.

Введение

Модули RealLab! серии NL¹ являются централизованно управляемыми компонентами распределенной системы сбора данных и управления. Они обеспечивают аналого-цифровое, цифро-аналоговое преобразование информации и ввод-вывод дискретных сигналов, счет импульсов, измерение частоты, преобразование интерфейсов.

Устройства серии NL не содержат механических переключателей. Все настройки выполняются программно из управляющего компьютера (контроллера). Программно устанавливаются: диапазон измерения, формат данных, адрес модуля, скорость обмена, наличие бита контрольной суммы, параметры калибровки. Настраиваемые параметры запоминаются в ЭППЗУ и сохраняются при выключении питания.

Некоторые модули имеют светодиодный дисплей, что позволяет контролировать технологический параметр непосредственно в месте установки модуля, а не на управляющем компьютере.

Все модули имеют два сторожевых таймера, один из которых перезапускает модуль в случае его "зависания" или провалов напряжения питания, второй переводит выходы в безопасные состояния при "зависании" управляющего компьютера.

Набор команд каждого модуля состоит в среднем из 20...50 различных команд. Команды передаются в ASCII кодах, что позволяет программировать модули с помощью практически любого языка программирования высокого уровня. Модули поставляются с OPC сервером, удовлетворяющим стандарту OPC DA 2.0.

Конструктивно модуль состоит из основания и крышки, которая прикрепляется к корпусу двумя винтами, устройства для крепления на DIN-рейку и 13-контактных съемных клеммных колодок (рис. 1). Съемные клеммные колодки позволяют выполнить быструю замену модуля без отсоединения подведенных к нему

проводов. Корпус и устройство для его крепления к стене выполнены из ударопрочного полистирола методом литья под давлением. Монтаж печатной платы выполнен по технологии монтажа на поверхность.

Конструктивно модули выполнены для применения в жестких условиях эксплуатации, при температуре окружающей среды от -40

до +70 °С, имеют два уровня гальванической изоляции с испытательным напряжением изоляции 2,5 кВ (ГОСТ 12997-84): один уровень – между входами и портом RS-485, второй уровень – между выходами и портом RS-485.

Модули обладают следующими отличительными особенностями:

- имеют 11 видов защиты от небрежного использования и аварийных режимов работы системы;
- большинство модулей ввода выполняют также функцию дискретного вывода, а модули дискретного вывода имеют также и дискретные входы. Это позволяет использовать модули серии NL для реализации автономного релейного или ПИД регулятора;
- ряд модулей серии NL имеют дополнительный разъем для расширения их функциональных возможностей путем подключения внешних плат расширения через шину SPI.

Устройства ввода сигналов термопар и резистивных термопреобразователей имеют калибровочные таблицы, записанные в ЭППЗУ микроконтроллера и взятые из ГОСТ 6651-94, ГОСТ Р 8.585-2001.

Модули имеют защиту от:

- неправильного подключения полярности источника питания;
- превышения напряжения питания;
- перенапряжения по входу;
- короткого замыкания по выходу;
- перегрузки по току нагрузки;
- перенапряжения по выходу;
- перегрева выходных каскадов;
- электростатических разрядов по выходу, входу и порту RS-485;
- выбросов напряжения при индуктивной нагрузке;
- перегрева выходных каскадов порта RS-485;
- короткого замыкания клемм порта RS-485.

Входы имеют общую гальваническую изоляцию от части модуля, соединенной с источником питания и портом RS-485 (см. рисунки 2, 3), выполненную с помощью микроселекционных гальванических изоляторов с магнитной связью вместо традиционных изоляторов на оптронах. Изоляция обеспечивает защиту модуля и



Рис. 1. Внешний вид модуля ввода сигналов резистивных датчиков температуры

¹ Research Laboratory of Design Automation, www.RLDA.ru

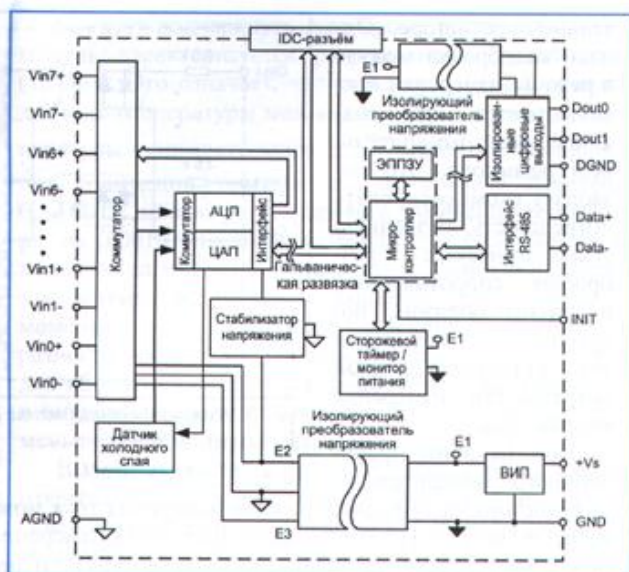


Рис. 2. Структурная схема модуля ввода сигналов термопар NL-8TI

соединенного с ним оборудования от высокого синфазного напряжения (гарантированное напряжение до 300 В, изоляция испытывается напряжением 2500 В), которое допустимо на входных клеммах.

Аналоговые модули выполняют 16-разрядное аналого-цифровое преобразование и имеют программно переключаемые диапазоны: ± 15 мВ, ± 50 мВ, ± 100 мВ, ± 500 мВ, ± 1 В, $\pm 2,5$ В, ± 5 В, ± 10 В, ± 20 мА.

Структура модулей серии NL

Аналоговые модули имеют дифференциальные входы (за исключением модуля аналогового ввода NL-8AI¹, который позволяет программно выбирать дифференциальный или одиночный тип входов). Сигналы с входа подаются на АЦП через аналоговый коммутатор (мультиплексор) и преобразуются в цифровой код. АЦП имеет

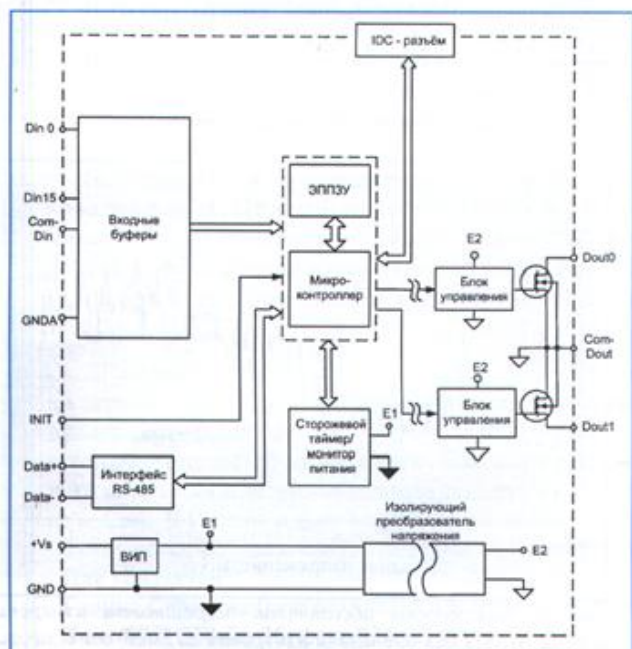


Рис. 3. Структурная схема модуля NL-16DI

встроенный цифровой фильтр и усилитель с цифру-управляемым коэффициентом усиления. Это позволяет программно изменять полосу пропускания фильтра и диапазон входных напряжений.

Цифровой сигнал с выхода АЦП поступает в микроконтроллер через гальванический изолятор. Изолированная часть модуля, содержащая АЦП, питается через развязывающий преобразователь постоянного напряжения, чем обеспечивается полная гальваническая изоляция входов от блока питания и интерфейсной части (см. рисунки 2 и 3). Структуру входных каскадов см. на рисунках 5...8). В релейном блоке (рис. 4) гальваническая развязка выходов обеспечивается с помощью реле.

Микроконтроллер модуля выполняет следующие функции:

- исполняет команды, посылаемые из управляющего компьютера;
- компенсирует нелинейности термопар и резистивных термопреобразователей с помощью записанной в ЭПЗУ калибровочной таблицы;
- выполняет алгоритмы релейного или ПИД-регулирования;
- реализует протокол обмена через интерфейс RS-485.

Схема питания модулей содержит вторичный импульсный источник питания, позволяющий с высоким коэффициентом полезного действия преобразовывать напряжение питания в диапазоне от +10 до +30 В в напряжение +5 В. Модули содержат также изолирующий преобразователь напряжения из +5В в ± 15 В для питания аналоговой части и второй изолирующий преобразователь для питания выходных каскадов модуля. Для питания АЦП используется линейный стабилизатор напряжения, преобразующий +15 В в +5 В.

Дискретные выходы с высокой степенью защиты реализованы на интеллектуальных МОП ключах фирмы *International Rectifier*, которые имеют защиту от перегрузки по току, от перегрева выходных каскадов, от перенапряжения и от статического электричества.

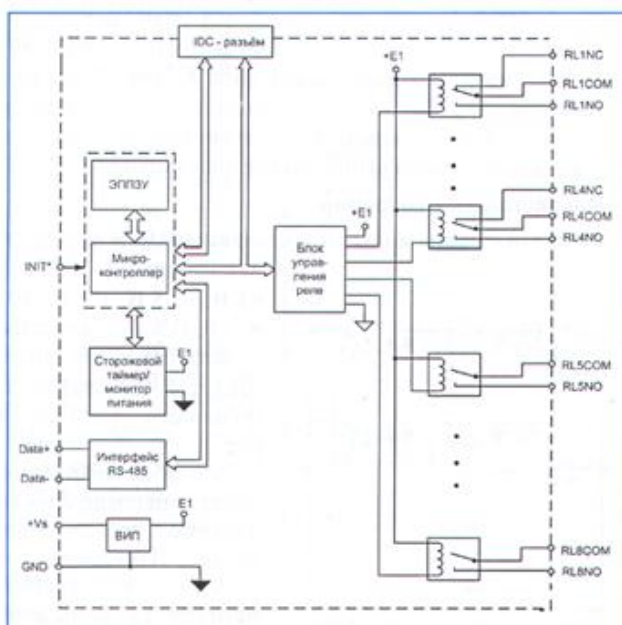


Рис. 4. Структурная схема модуля релейного вывода NL-8R

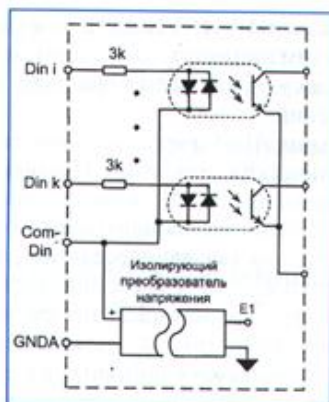


Рис. 5. Входной каскад типа D. Для источника сигнала типа "сухой контакт" ($I_{вх} < +1,5 \text{ mA}$)

использована для входа источника питания.

Входные каскады модулей могут иметь различную электрическую схему. Каскад типа D (рис. 5) предназначен для подключения источников сигнала "сухой контакт", т.е. обычных механических переключателей, например, концевых выключателей. Его особенностью является наличие внутреннего изолированного источника питания "сухих" контактов, который гальванически изолирован от источника питания модуля.

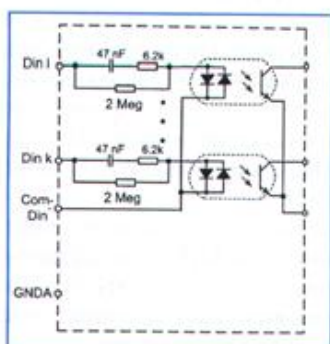


Рис. 6. Входной каскад типа C ($U_{вх} < \sim 250 \text{ V}$; $I_{вх} < \sim 4 \text{ mA}$)

Входной буфер типа C (рис. 6) предназначен для подключения источников сигнала с переменным напряжением 220 В. Буфер типа T (рис. 7) имеет входное сопротивление, которое возрастает при увеличении входного напряжения, что позволило добиться очень малого потребления тока (не более 2 мА при напряжении 40 В) от источника входного сигнала. Входной каскад типа R (рис. 8) является типовым, его особенностью является возможность подачи как положительных, так и отрицательных напряжений дискретных сигналов.

Погрешность измерений

Погрешность модулей составляет $\pm 0,02\%$ в диапазонах измерения $\pm 500 \text{ мВ}$, $\pm 1 \text{ В}$, $\pm 2,5 \text{ В}$, $\pm 5 \text{ В}$, $\pm 10 \text{ В}$ и $\pm 0,05\%$ в остальных диапазонах. Для диапазона $\pm 15 \text{ мВ}$ график погрешности показан на рис. 9.

Модули аналогового ввода непосредственно измеряют только напряжение. Измерение тока выполняется косвенным методом, т.е. по падению напряжения на измери-

Рис. 7. Входной каскад типа T ($U_{вх} = 0 \dots + 40 \text{ V}$; $I_{вх} < 2 \text{ mA}$)

Интерфейс RS-485 выполнен на микросхемах фирмы Analog Devices, удовлетворяющих стандартам EIA для интерфейсов RS-485 и имеющих защиту от электростатических зарядов, от выбросов на линии связи, от короткого замыкания и от перенапряжения. Дополнительно в модуле использована позисторная защита от перенапряжения на клеммах порта RS-485. Аналогичная защита

использована для входа источника питания. Однако калибровка модуля в режиме измерения тока выполняется при подключенном измерительном резисторе. Это позволяет компенсировать погрешность, вызванную технологическим разбросом сопротивления, и, таким образом, погрешность измерения тока становится равной погрешности измерения напряжения.

При наличии прецизионного измерительного резистора калибровку в режиме измерения тока можно не проводить. В этом случае погрешность измерений будет равна сумме погрешности модуля $\Delta V/V$ и погрешности измерительного резистора $\Delta R/R$:

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta R}{R}$$

Аналогично, погрешность измерения температуры с помощью модуля, калиброванного только по напряжению, является суммой погрешности термопары $\Delta T_{TC}/T_{TC}$, погрешности датчика температуры холодного спада $\Delta T_{TSC}/T_{TSC}$, погрешности модуля $\Delta V/V$ и погрешности линейризации характеристик термопары

$$\frac{\Delta V_{Lm}}{V} \text{ (ГОСТ 23222-88):}$$

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta T_{TC}}{T_{TC}} + \frac{\Delta T_{TSC}}{T_{TSC}} + \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta V_{Lm}}{V}$$

Для учета температурной погрешности, вызванной влиянием температуры окружающей среды, следует учитывать дополнительную погрешность, величина которой пропорциональна отклонению температуры от 20°C :

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta T}{T} \Big|_{t=20^\circ\text{C}} + \delta_{доп} \cdot \frac{T - 20}{10}$$

где $\delta_{доп}$ – дополнительная погрешность.

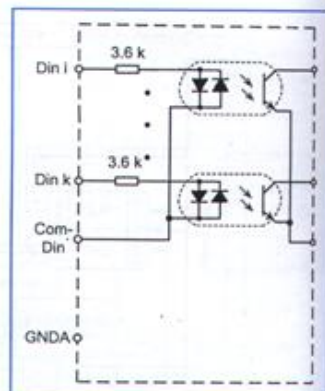


Рис. 8. Входной каскад типа R ($U_{вх} = -30 \dots + 30 \text{ V}$; $I_{вх} = -10 \text{ mA} \dots + 10 \text{ mA}$)

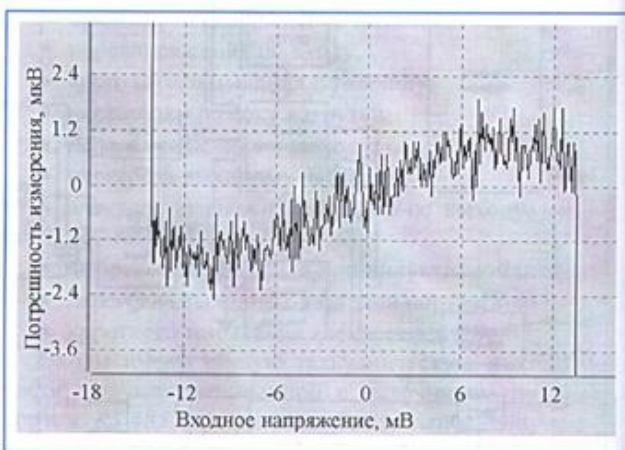


Рис. 9. Зависимость абсолютной погрешности измерения модуля NL-8T1 для диапазона измерений $\pm 15 \text{ мВ}$ от величины входного измеряемого напряжения

Следует подчеркнуть, что кроме понятия точности, модуль характеризуется разрешающей способностью (16 бит). Это означает, что, даже при низкой точности датчика температуры можно наблюдать изменения температуры с дискретностью $1/2^{16} = 0,0015\%$. Например, при измерении температуры на пределе измерений 0...100 °С можно регистрировать изменения температуры на 0,001°С. Высокая разрешающая способность полезна, когда требуется определить тенденцию изменения температуры во времени (например, для регистрации момента начала химической реакции), для измерения разности температур (при измерении теплового потока), для обнаружения температурных колебаний (например, в инкубаторе), когда величина изменений температуры меньше погрешности измерений.

Выходные каскады модулей выполнены по схеме с открытым коллектором, что позволяет получить логические уровни любой величины, до +47 В, в зависимости от напряжения источника питания выходных каскадов.

Выходные каскады модулей имеют при максимальном рабочем напряжении +47 В ток нагрузки до 0,75 А.

Однако их можно использовать для переключения нагрузок любой мощности, если подключить к ним электромагнитное или полупроводниковое реле, тиристор или симистор.

Выводы

В статье рассмотрены основные принципы построения модулей *RealLab!* серии *NL*, разработанной НИЛ АП (RLDA). Серия отличается от аналогов (*ADAM-4000*, *I-7000*) широким температурным диапазоном, высокой разрядностью (16 бит), низкой погрешностью ($\pm 0,02\%$) и большей степенью защищенности от небрежного использования и аварийных режимов сопряженного оборудования. OPC сервер обеспечивает связь модулей с большинством SCADA систем.

Работа выполнена в научно-исследовательской лаборатории автоматизации проектирования (НИЛ АП), г. Таганрог.

Контактный телефон (86344) 2-14-57.

E-mail: info@RLDA.ru.