

**Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет**

**Институт информационных технологий и управления
Кафедра «Измерительные информационные технологии»**

Валугин И.Г., Дьяченко Ю.Н.

**Экспериментальное исследование на макетном стенде
NI ELVIS II работы адаптивного аналогового
преобразователя устройств измерения частоты
сигналов.**

Методические указания к лабораторным работам

Санкт-Петербург

2014

Методические указания содержат описания лабораторных работ, выполняемых на макетном стенде NI ELVIS II производства фирмы National Instruments.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 200100.62 "Приборостроение" Профиль 200100.62.01 "Информационно-измерительная техника и технологии" и изучающих дисциплину «Аналоговые измерительные устройства».

Цель работы – обучение студентов умению проводить экспериментальное исследование работы сложных электронных измерительных устройств и на основе полученных результатов вносить изменения в схемы с целью их улучшения.

1. Программа работы

- 1) Сборка схемы измерительного канала.
- 2) Исследование работы выпрямителя.
- 3) Устранение самовозбуждения схемы.
- 4) Исследование работы схемы при малой амплитуде входного сигнала

2. Обзор возможностей макетного стенда NI Elvis II

Комплект ELVIS II производства National Instruments представляет собой учебный лабораторный комплект с набором приборов общего назначения. В нём сочетаются как аппаратные средства, так и программные – приборы имеют реальную измерительную часть, а в качестве индикаторов и органов управления используется виртуальный интерфейс на подключаемом компьютере.

Автоматизированная лабораторная станция NI ELVIS II+ взаимодействует с компьютером через USB интерфейс и содержит следующие аппаратные средства, согласно [1]:

- генератор сигналов произвольной формы амплитудой до 10В, с возможностью генерации синусоидальных сигналов, меандра частотой от долей герц до 32МГц;
- анализатор частотных характеристик;
- цифровой осциллограф с частотой до 32МГц, с возможностью сохранения значений в файл;
- мультиметр с возможностью измерения напряжения, тока, сопротивления, ёмкости;
- регулируемые источники напряжения (-12...0В; 0...+12В);
- источники питания (+15В, -15В, +5В);
- другие приборы, в том числе для генерации и анализа цифровых сигналов и последовательностей.

Сверху на лабораторную станцию установлена монтажная макетная плата, предназначенная для сборки исследуемой схемы и подключения к ней приборов, входящих в комплект лабораторной станции, а также питания.

Программное обеспечение комплекта базируется на программном пакете LabView производства National Instruments версии не ниже 7.5. Оно служит для отображения программируемых приборных панелей всех имеющихся приборов, с помощью которых осуществляется управление

приборами и снятие показаний. Для некоторых приборов можно использовать режим ручного управления вместо управления от компьютера. В этом режиме становятся активными рукоятки регуляторов, относящиеся к данным приборам. Такой режим предусмотрен, например, для регулируемых источников напряжения и для генератора сигналов произвольной формы.

Лабораторный комплект NI ELVIS II+ содержит большое количество разнообразных приборов, которые помогут разносторонне исследовать работу схемы аналогового адаптивного канала частотомера. Однако, можно заметить, что не все имеющиеся приборы удобно использовать. Так, регулируемый источник напряжения разделён на два – положительный (0...+12В) и отрицательный (-12...0В), что, затрудняет исследование устройств при входном напряжении вблизи нуля и его переходах из положительной области в отрицательную и обратно.

3. Основные параметры используемых в работе электронных компонентов,

а) КР140УД18 – ОУ общего применения с хорошо согласованной парой полевых транзисторов на входе. Имеет малые входные токи и низкое напряжение смещения, а также внутреннюю частотную коррекцию и небольшой ток потребления. Его характеристики:

• тип корпуса	DIP8
• напряжение питания, В	±15
• напряжение смещения нуля, мВ, не более	10
• входной ток, нА, не более	1
• коэффициент усиления напряжения	50000
• частота единичного усиления, МГц	2,5
• скорость нарастания сигнала, В/мкс, не менее	2

б) LM393 – два независимых точных компаратора. Характеристики модели производства компании Motorola.

• напряжение питания, В	от 2 до 36
• напряжение коммутируемых сигналов, В	от ±1 до ±18
• ток утечки, мА	0,4
• входной ток смещения, нА	25
• входное напряжение смещения, мВ	5
• корпус	DIP8

Среди достоинств так же можно отметить возможность подавать дифференциальное входное напряжение величиной до напряжения питания и выход типа открытый коллектор. Благодаря этому есть возможность на выходе компаратора формировать импульсы с уровнем напряжения питания последующих цифровых ИС или микроконтроллера, например 0÷5В.

в) КР590КН4 – четырехканальный аналоговый ключ со схемой управления для коммутации напряжения от минус 15В до 15В. Его характеристики:

- время включения по используемым выводам, нс 150
- ток утечки аналогового входа, нА 70
- ток утечки аналогового выхода, нА 70
- сопротивление в открытом состоянии, Ом 75
- корпус DIP16

Ключ имеет возможность коммутировать при двухполярном питании (13,5 ÷ 16,5В положительное и -13,5 ÷ -16,5В отрицательное) сигналы от -15В до +15В.

г) КС156Г – стабилитрон. Основные параметры:

- номинальное напряжение стабилизации, В 5,6
- ток стабилизации, мА 5
- тип корпуса – для сквозного монтажа

К стабилитрону не предъявляется каких-либо серьезных требований кроме ограничения напряжения в целях защиты.

д) 1N4448 – быстродействующий диод. Основные параметры:

- максимальное время переключения, нс 4
- максимальное обратное напряжение, В 100
- продолжительный прямой ток, мА 200
- повторяющийся обратный ток, мА 450

При максимальном времени переключения диодов равном 4нс, максимальная рабочая частота составляет более 100МГц, что полностью покрывает весь исследуемый диапазон (у канала изначально – до 100кГц, при исследованиях – до 1 МГц).

3. Структура аналогового адаптивного канала частотомера

Аналоговый адаптивный канал частотомера позволяет работать с входными сигналами произвольной формы, имеющими широкий диапазон изменения амплитуды и частоты. На выходе канала формируются прямоугольные импульсы напряжения нормированной амплитуды. Параметры канала автоматически подстраиваются под амплитуду входного сигнала. Структурная схема канала изображена на рис. 1.

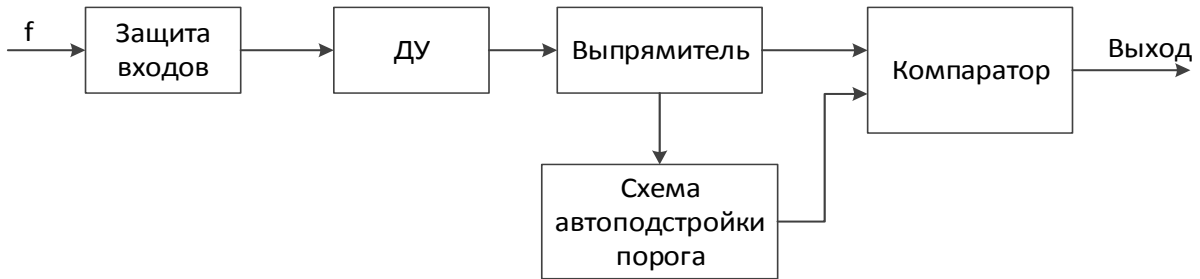


Рис.1. Структурная схема аналогового адаптивного канала

- Защита входов защищает вход канала от перенапряжения. Кроме того здесь же установлены фильтры верхних и нижних частот (ФВЧ и ФНЧ) для фильтрации сигналов за границами частотного диапазона. Так как защищаемый канал предназначен для измерения частоты, то схема защиты должна иметь широкую полосу пропускания.

- ДУ – дифференциальный усилитель (рис. 2), необходим для подавления продольных помех

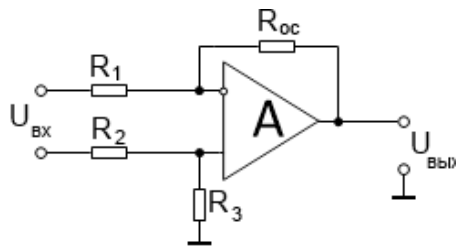


Рис.2. Дифференциальный усилитель

- Для выпрямления сигнала использован активный однополупериодный выпрямитель (рис. 3), в котором за счет применения операционного усилителя достигается компенсация падения напряжения на выпрямительном диоде VD. За счет этого обеспечивается высокая точность выпрямления сигналов, в том числе низкого уровня.

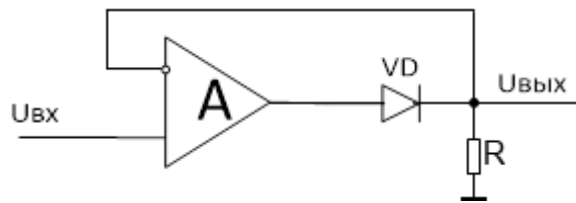


Рис. 1. Активный однополупериодный выпрямитель

- Схема автоподстройки порога формирует пороговое значение напряжения, с которым компаратор сравнивает амплитуду входного напряжения. Тот факт, что величина порога определяется амплитудой сигнала, позволяет подавать на вход схемы сигналы от десятков милливольт до десятков вольт без дополнительных настроек и переключений диапазона измерения.

- Компаратор сравнивает два поступающих на него сигнала и выдаёт прямоугольные импульсы с нормированной амплитудой, согласованной с уровнями цифровых ИС. Использование компаратора с выходом типа открытый коллектор, позволяет сформировать на выходе схемы сигнал с амплитудой определяемой напряжением питания цифровой части. Если в качестве компаратора использовать ОУ rail-to-rail, то на выходе схемы будет сигнал с амплитудой, равной напряжению питания усилителя.

Основные характеристики исследуемого преобразователя

- частота измеряемого сигнала, $f_n \dots f_b$ 1Гц ... 100кГц
- амплитуда входного напряжения 70мВ ... 30В
- допустимая перегрузка по входам 1,5 раза
- напряжение питания схемы, В 5

4. Методические указания по проведению исследований

4.1. Сборка схемы измерительного канала

Электрическая принципиальная схема канала приведена на рис. 4.

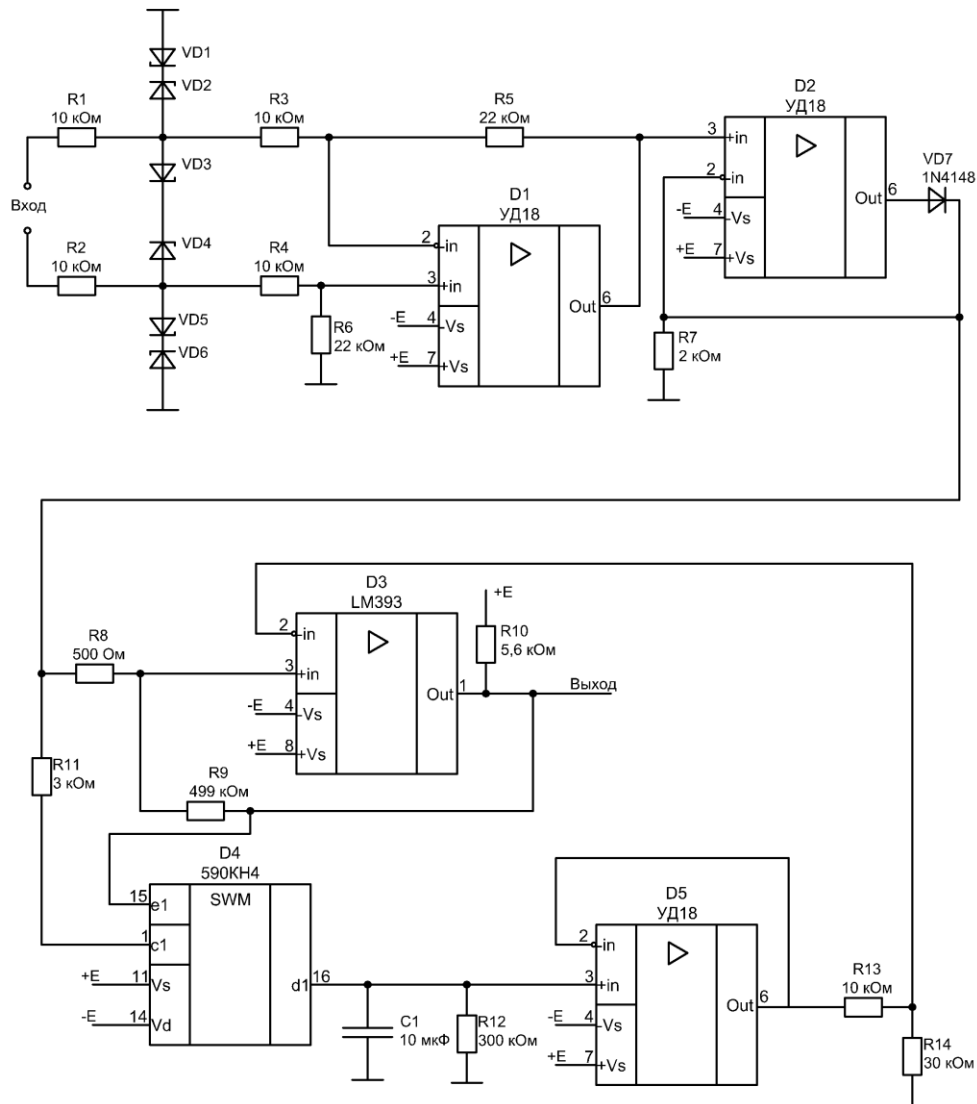


Рис. 4. Электрическая принципиальная схема аналогового адаптивного измерительного канала частотомера

Здесь VD1...VD6 – стабилитроны КС156Г, конденсатор C1 – электролитический, +E – шина питания +15В, -E – шина питания -15В. Для подключения осциллографа в его настройках выбрать подключение через BNC-разъёмы, так как в этом случае обеспечиваются лучшие динамические характеристики и точность. Входной сигнальный кабель осциллографа следует подключать к узлам схемы не напрямую, а через резистор номиналом 5100 Ом (последовательно), для уменьшения влияния

осциллографа на объект исследования. Один из входов исследуемой схемы подключается к генератору сигналов FGEN, другой вход заземляется. К какому входу подключать генератор, а какой заземлять, не имеет значения.

При использовании осциллографа есть возможность сохранить измеренные им значения в файл. Для этого необходимо остановить его работу и нажать на кнопку «Log».

4.2. Исследование работы выпрямителя

Выпрямитель собран на ОУ D2, диоде VD7 и резисторе R7 (рис. 4). Для его исследования один канал осциллографа подключают к выходу выпрямителя (после диода VD7), а второй – к выходу с генератора сигналов.

Суть исследования заключается в построении осциллограмм сигнала на выходе выпрямителя на частотах 10кГц, 50кГц, 100кГц, 200кГц при амплитуде входного напряжения 3-5В. По результатам исследования сделайте выводы о недостатках данной модели схемы выпрямителя и укажите, по какой причине, на ваш взгляд, они проявляются.

Затем замените выпрямитель на второй вариант, схема которого приведена на рис. 5.

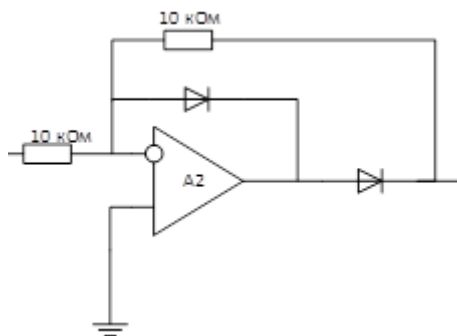


Рис. 5. Второй вариант схемы активного выпрямителя

Проведите аналогичные исследования для этой схемы, найдите частоту, на которой схема перестаёт нормально работать. Объясните, в чём, на ваш взгляд, принципиальное отличие второй схемы от первой и почему она работает в более широком частотном диапазоне.

4.3. Устранение самовозбуждения схемы

Подайте на вход сигнал амплитудой 5В и частотой 1кГц. Снимите показания осциллографа на выходе схемы (узел «Выход» на рис. 4). Попробуйте подключить осциллограф к разным входам компаратора, другим узлам, затем проверьте сигнал на выходе схемы. В случае появления высокочастотных импульсов на выходе измерительного канала установите конденсатор ёмкостью 560пФ на землю параллельно резистору R14. Снимите осциллограмму с выхода схемы, убедитесь в стабильности выходного сигнала, объясните почему, на ваш взгляд, схема работает таким образом. Сделайте выводы об изменениях в схеме.

4.4. Исследование работы схемы при малой амплитуде входного сигнала

Задача данного пункта – исследование зависимости между минимальной рабочей амплитудой сигнала и его частотой.

Постройте таблицу (Табл. 1), и уменьшая амплитуду сигнала от 3В при неизменной частоте укажите минимальное напряжение, при котором схема работает (графа «Унижн↓»). Затем на той же частоте увеличивая амплитуду входного сигнала от нуля, укажите значение, при котором нормальная работа схемы восстанавливается (на выходе появляется прямоугольный сигнал).

Таблица 1

Таблицы зависимости минимальной амплитуды от частоты сигнала

f, Гц	Унижн↓, В	Унижн↑, В
1		
5		
10		
100		
500		
1 000		
5 000		
10 000		
25 000		
50 000		
100 000		

По данным таблицы постройте график зависимости амплитуды от частоты входного сигнала. Укажите возможные причины такого поведения схемы.

Доработайте схему измерительного канала согласно рис. 6. В ней аналоговый ключ заменяется на выпрямитель, а ОУ D2 и D4 на более быстродействующие ОУ КР140УД22.

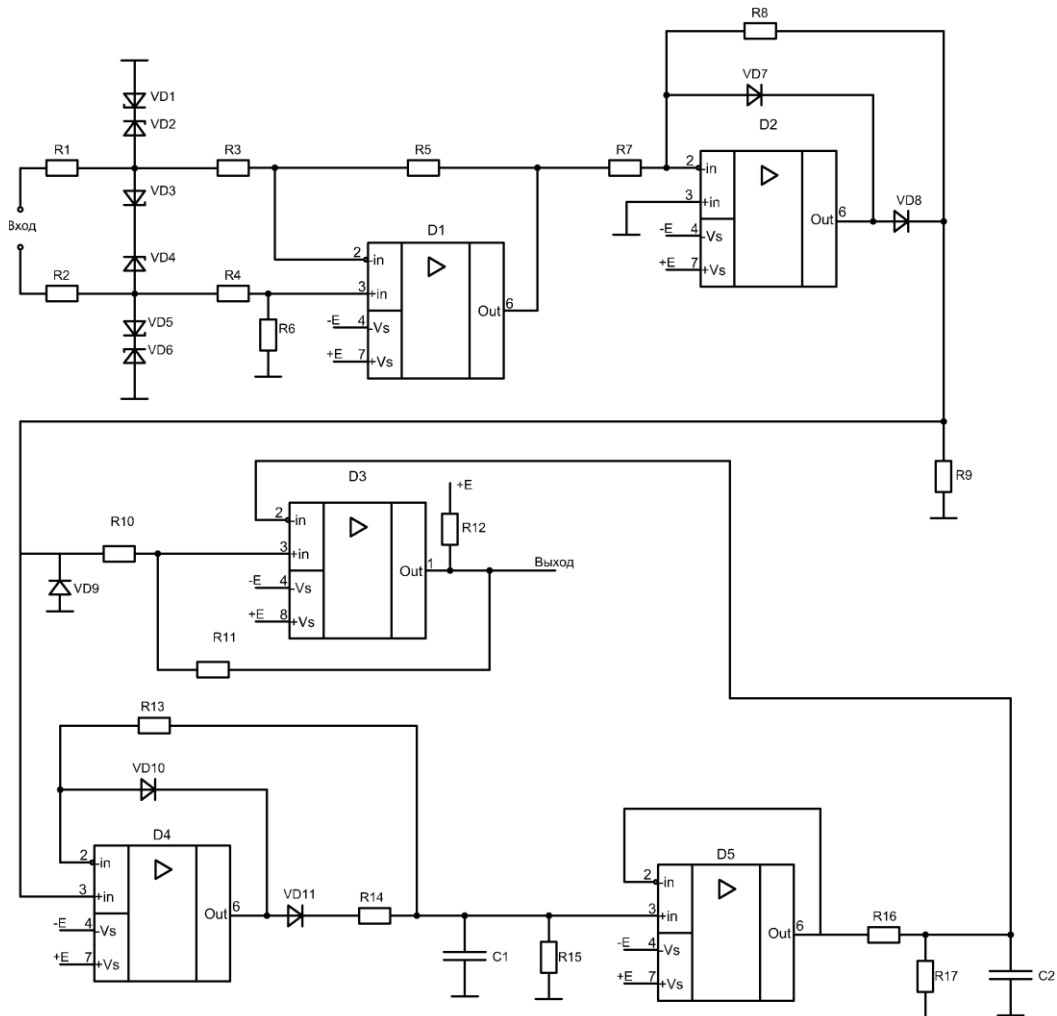


Рис. 6. Доработанная электрическая схема измерительного канала

Здесь $R_{13}=620\text{кОм}$, $R_{14}=510\text{Ом}$.

Проведите исследования представленного варианта схемы и результаты запишите в таблицу (образец в табл. 1). По результатам постройте график. Объясните, почему после доработки параметры измерительного канала изменились.

Требования к отчёту по лабораторной работе

В отчёте должны быть приведены:

- осциллограммы сигнала к пунктам 2, 3, 4;
- графики зависимости минимальной амплитуды сигнала от частоты к п. 4;
- выводы к пунктам 2, 3, 4.

Список литературы

1. Балтруков Н.Н., Кочетков Ю.Д. Электронехника и электроника. Ч.2: Учебное пособие. – СПб: Факультет технической кибернетики СПбГПУ, 2011. – 135 с
2. Волович Г.И., Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. – М: Издательский дом "Долека-XXI", 2005. – 528 с.: с ил.
3. Дьяченко Ю.Н., Применение комплекта оборудования NI ELVIS II фирмы National Instruments Corporation в лабораторном практикуме [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.Н.Дьяченко. — СПб ГПУ, ФТК, кафедра «Измерительные информационные технологии». — 2012. — [URL:http://dl.unilib.neva.ru/dl/2368.pdf](http://dl.unilib.neva.ru/dl/2368.pdf) (дата обращения: 01.06.2014).
4. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах.-2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отделение, 1988. – 304 с.: ил.