

Цифровые методы измерения параметров амплитуды, фазы и частоты сигнала на базе учебного стенда LESO1.2

Современные методы получения результата в измерительных приборах заключаются в преобразовании измеряемой величины в электрические сигналы и обработке их с использованием микропроцессорной вычислительной техники.

Измеряемые параметры у синусоидального сигнала характеризуется частотой, периодом, фазой и амплитудой. В рамках данной работы проведён анализ методов измерения фаз и амплитуды сигнала.

Величина синусоидального сигнала, как и напряжения, постоянно меняется во времени. Количественными показателями для измерений и расчётов применяются их следующие параметры:

Период T - время, в течении которого происходит один полный цикл изменения тока в оба направления относительно нуля или среднего значения.

Частота f - величина, обратная периоду, равная количеству периодов за одну секунду.

Один период в секунду это один герц (1 Hz) $f = 1/T$.

Амплитудное значение - максимальное по модулю мгновенное значение за период. $I_{amp} = \max|i(t)|$; $U_{amp} = \max|u(t)|$ Может быть положительным и отрицательным в зависимости от положения относительно нуля. Часто вместо амплитудного значения применяется термин амплитуда тока (напряжения) - максимальное отклонение от нулевого значения [2].

Для гармонического колебания фазой называется аргумент функции $U(t)$,

$$U(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi_0), \quad (1)$$

где φ_0 - начальная фаза колебания. Для двух синусоидальных колебаний U_1 и U_2 с одинаковой частотой, угол сдвига фаз представляет собой модуль разности фаз двух: $\Delta\varphi$ равен $|\varphi_1 - \varphi_2|$.

При условии, что один из сигналов является эталонным, а его начальная фаза равна нулю.

Методы измерения амплитуды синусоидального сигнала:

- Детектирование амплитуды: детектирование колебаний заключается в выделении сигнала, который в неявной форме содержится в модулированном высокочастотном колебании [7].

- Развертывающие методы: с помощью данных преобразования переменный сигнал подвергается интегральному преобразованию.

- Методы сравнения сигналов с использованием компаратора.

Методы измерения параметров разницы фаз:

- Компенсационный метод: в цепь одного из подаваемых сигналов подключают – фазовращатель. Данное специальное измерительное средство изменяют так, что результирующий эффект воздействия двух сигналов на устройство сравнения доводят до нуля. Значение разности фаз между сигналами равно изменённому значению фазовращателя [3,4].

- Метод с преобразованием частоты: для повышения точности измерений и при малой разности фаз, фазовый сдвиг переносится в более высокую частоту путём умножения и гетеродинного преобразования частоты сигнала.

- Работа с ФАПЧ. Данный метод основан на том, что разность фаз двух колебаний постоянна во времени в том случае, если их частоты равны, и наоборот. ФАПЧ содержит фазовый детектор, усилитель и генератор, управляемый напряжением (ГУН), и представляет собой сочетание в одном корпусе аналоговой и цифровой техники [5].

- Преобразование разности фаз в интервалы времени. Суть метода состоит в том, что исследуемые синусоидальные напряжения преобразуют в периодические последовательности коротких импульсов. Интервал времени, между этими ближайшими импульсами $t_2 - t_1$, прямо пропорционален измеряемой разности фаз [6].

Секция 06. Вычислительная техника и микропроцессорные устройства

В рамках проектирования выпускной квалификационной работы предполагается разработка программного обеспечения, необходимого для измерения параметров синусоидального сигнала на базе стенда LESO1.

Микропроцессорный стенд LESO1 – готовый учебный лабораторный стенд, предназначенный для изучения микроконтроллеров. Опытные преподаватели технического ВУЗа разработали стенд для освоения студентами архитектуры микроконтроллеров семейства MCS-51, а также методов разработки микропроцессорных систем различного назначения.

Особенности микропроцессорного стенда LESO1.2:

Учебный лабораторный стенд LESO1 построен на базе микроконтроллера ADuC842 фирмы AnalogDevices. Микроконтроллер содержит 12-разрядные прецизионные АЦП и ЦАП, встроенный высокоскоростной МК с FLASH-ЭПЗУ на 62КБ.

Стенд содержит следующую периферию:

- жидкокристаллический символьный индикатор 8x2
- матричную клавиатуру 4x3
- часы реального времени PCF8583
- излучатель звука
- датчик температуры DS18B20
- инфракрасный фотоприемник TSOP1736
- четыре красных светодиода
- микросхему преобразования интерфейсов фирмы FTDI [1]

Изучив возможности стенда, можно сделать вывод, что он позволяет использовать его для реализации цифрового измерения синусоидального сигнала с использованием методов с использованием компаратора и преобразовании разности фаз в интервалы времени.

В качестве инструментальной среды разработки применяется интегрированная среда разработки Keil uVision.

Требования к разрабатываемому устройству:

- Максимальная частота сигнала $f_{\max}=10$ кГц;
- Погрешность измерения фазы $\delta=0.5\%$;

Описание работы алгоритма фазометра.

Для нахождения фазы сигнала проще всего измерять время между прохождением эталонного и измеряемого сигналов через ноль t_{\pm} . При этом зная частоту измеряемого сигнала можно найти его фазу исходя из следующей формулы:

$$\varphi = t_{\pm} \cdot f \cdot 360 \quad (2)$$

где t_{\pm} - время между прохождением эталонного и измеряемого сигнала через ноль, f – частота измеряемого сигнала, множитель 360 переводит безразмерную величину в градусы.

По заданию, а именно – максимальная частота сигнала $f_{\max}=10$ кГц и погрешность измерения фазы $\delta=0.5\%$ определяем минимальное время измерения. Это время находится по формуле:

$$t_{\min} = \frac{\delta}{f_{\max}} \cdot 100 = \frac{0.5}{10} = 0.05$$

(3)

Для измерения такого времени микроконтроллер должен обладать таким же или меньшим временем цикла.

Существуют современные микроконтроллеры, у которых один машинный командный цикл равен не 1 такту, а частоту можно задать программным способом.

Выбрав микроконтроллер, фирмы AnalogDevices ADuC842, задаём тактовую частоту на 2 МГц (по умолчанию) и при этом время цикла составляет 0,477мкс.

Для отладки программы, подаём на измеряемое, и эталонное напряжение сигналы с двух ЦАП DAC0 и DAC1 соответственно. На сами же Цифро-аналоговые преобразователи подаём

Секция 06. Вычислительная техника и микропроцессорные устройства

программируемые синусоидальные сигналы с помощью таблиц, в реальном виде нужно подать 2 сигнала. Разница фаз рассчитывается по положительным волнам подаваемых сигналов.

Выходы синусоидальной волны на ЦАП0 и ЦАП1 настраиваем на 590Hz. Выходные сигналы находятся в квадратуре друг с другом, ЦАП1 ведущих, а DAC0 на 90 градусов.

Бит SYNC используется для того, чтобы оба ЦАП выдавали обновления, одновременно избегая, таким образом, фазовой ошибки 0,625 градусов.

Литература

1. Лаборатория Электронных Средств Обучения (ЛЭСО) СибГУТИ. Учебный лабораторный стенд на микроконтроллера ADuC842 - LESO1 [Электронный ресурс] // labfor.ru: Разработка средств обучения URL: <http://www.labfor.ru/devices/leso1> (дата обращения: 16.03.2016).

2. Переменный электрический ток [Электронный ресурс] // tel-spb.ru: Справочное пособие по ремонту электронной техники URL: <http://tel-spb.ru/ac.html> (дата обращения: 18.03.2016).

3. Клаассен К. Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. Москва: Постмаркет, 2000. – С. 271-274. ISBN 5-901095-02-2..

4. Г. М. Терешин. Радио измерения. М : « Энергия », 1968. – 400с., ил.

5. П. Хоровиц., У. Хилл. Искусство схемотехники: Пер. с англ. - Изд. 2-е. - М.: Издательство БИНОМ – 2014. – С. 671. ISBN 978-5-9518-0351-1

6. А.В.Христофоров, К.С.Сайкин Методы измерения разности фаз электрических колебаний. // Казанский государственный университет, 2006. – 26 с.

7. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1986. –С.240.