

УПРАЖНЕНИЕ № 5.

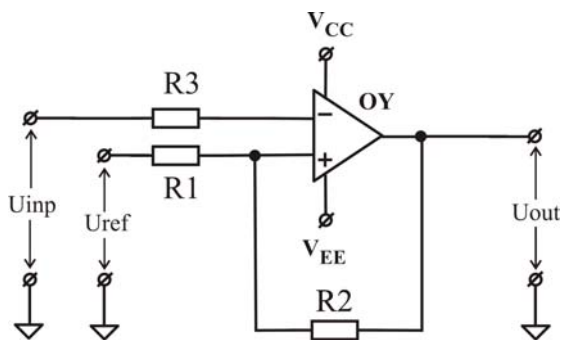
Изследване параметрите и свойствата на тригер на Шмит

5.1 Цел на упражнението

Целта на упражнението е студентите да се запознаят със схемата на тригер с хистерезис (тригер на Шмит), изграден на базата на интегрален компаратор. Да се разгледа принципът на действие, да се усвоят основните зависимости при оразмеряване на елементите, да се изследва схемата при различни стойности на праговете на превключване, работа при високи нива на шума и с динамичен хистерезис. Изграждане на релаксационни генератори с тригер на Шмит.

5.2 Описание (теоретична част)

Основната принципна схема на тригер на Шмит работещ спрямо външно опорно напрежение е показана на фиг. 1. В случая опорното напрежение U_{ref} се подава на неинвертиращия вход, а входното напрежение подлежащо на формиране – на инвертиращия.



Фиг. 1

Положителната обратна връзка обуславя наличието на хистерезис в предавателната характеристика на схемата (показан на фиг.2) определен от U_{ref} , R_1 , R_2 и захранващите напрежения $+V_{CC}$ и $-V_{EE}$.

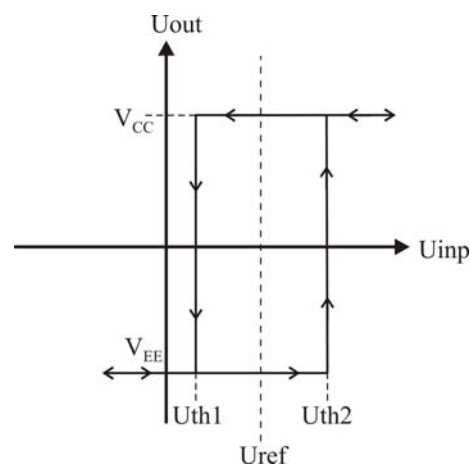
Изходното напрежение на тригера на Шмит по време на регенеративния лавинообразен процес определен от положителната обратна връзка се изменя със скок от положително напрежение на насищане $\sim +V_{CC}$ до отрицателно напрежение на насищане $\sim -V_{EE}$. Схемата се установява в състояние на

насищане ($+V_{CC}$) за стойности на входното напрежение U_{inp} по малки от прага V_{th1} . При повишаване на входното напрежение над V_{th2} се развива лавинообразен процес и схемата преминава в състояние ($-V_{EE}$) на отрицателно насищане. Тя остава в това състояние, докато входното напрежение се понижи под V_{th1} , когато отново преминава в състояние ($+V_{CC}$). Напреженията V_{th1} и V_{th2} се наричат прагове на превключване, разликата между тях се нарича хистерезис на тригера на Шмит. Когато входното напрежение се изменя между двата прага без да ги надвишава отгоре и отдолу изходното напрежение не се променя - схемата е неактивна. Само когато входното напрежение надмине V_{th2} (при повишаване) или съответно падне под V_{th1} (при понижаване) изходното напрежение ще се променя между $+V_{CC}$ и $-V_{EE}$.

Праговете V_{th1} и V_{th2} за схемата от фигура 1 са:

$$V_{th1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (U_{ref} - V_{EE}) + U_{ref}$$

$$V_{th2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (+V_{CC} - V_{ref}) + U_{ref}$$



Фиг. 2

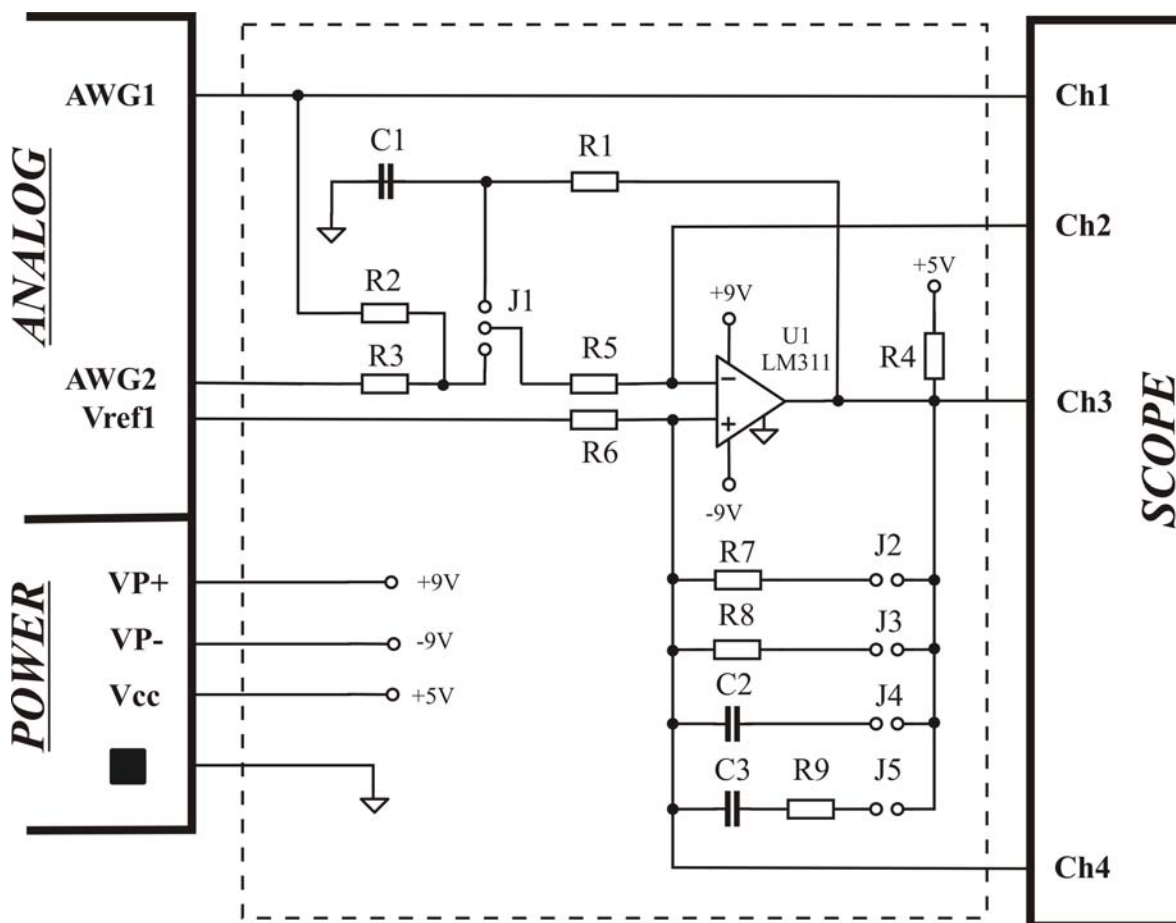
В случаите, когато U_T се подава на инвертиращия вход, а U_m – на неинвертиращия, на практика напрежението на хистерезиса се сумира (съответно изважда) от входния сигнал, но това не променя принципа на действие на схемата.

5.3 Описание на опитната постановка

Принципната схема на изследвания тригер на Шмит с компаратор LM311 и начина на свързване към лабораторния измервателен комплекс е показана на фиг. 3. Необходимо е първо да се зададат конкретните стойности за захранващите източници и след това те да се включат. Изходните сигнали от генераторите се установяват съгласно заданието.

На канал 1 (Ch1) на осцилоскопа се наблюдава сигналът от генератора, който се подава за формиране с тригера на Шмит. Изходният сигнал от тригера се наблюдава на канал 3 (Ch3). На канал 2 (Ch2) и 4 (Ch4) са подадени съответно сигналите, действащи на инвертиращия и неинвертиращия входове на компаратора. Сигналът от втория генератор се използва да се имитира наличието на шум, който се наслагва върху полезния сигнал (от канал 1 на генератора).

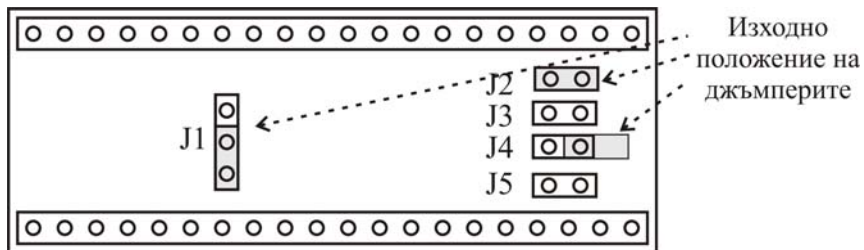
Преди започване на упражнението е необходимо джъмперите да бъдат настроени в изходно положение, както е указано на фиг. 4. С помощта на джъмперите J_2 и J_3 се променя ширината на хистерезиса на схемата. Чрез J_4 и J_5 се въвежда динамичен хистерезис с различна ширина и времеконстанта. Изборът на ширина на хистерезиса и времеконстанта на веригата при динамичен хистерезис се определя както от амплитудата, така и от честотата на наложените смущения върху полезния сигнал.



Фиг. 3

Поставянето на J_1 в горно положение (по принципната схема) я превръща в релаксационен генератор на импулси, чиято честота зависи като от времезадаващата верига R_1C_1 , така и от ширината на хистерезиса на тригера.

Разположението на джъмперите и тяхното изходно положение върху макетния модул посредством които се извършва комутация на изследваните схемни решения е показано на фиг. 4.



Фиг. 4

5.4 Задание за изпълнение

1. Реализирайте схема на инвертиращ тригер на шмит с външно задавани и контролирани прагови нива.
2. Изследвайте влиянието на външното опорно напрежение върху праговите нива.
3. Реализирайте работа на инвертиращ тригер на шмит в режим на имитация на зашумяване на обработвания сигнал посредством наслагване на синусоидално напрежение върху полезния сигнал.
4. Реализирайте схема на тригер на шмит с динамичен хистерезис. Изследвайте неговото влияние при обработка на зашумен сигнал.
5. Посредством подходяща комутация на елементите във веригата реализирайте релаксационен генератор. Честота на генерации я задайте посредством параметрите на времезадаваща верига и параметрите на хистерезиса на тригера на шит

5.5 Указание за изпълнение на заданието

1. Да се поставят джъмперите в изходно състояние съгласно фиг. 4. Да се включи захранването на макета (ключе ON/OFF в положение ON).
2. Да се стартира програмата WaveForms за управление на виртуалните инструменти и да се извърши начална инициализация на системата.
3. Да се стартира програмата за управление на захранващи и опорни токоизточници (Voltage от WaveForms1, секция Analog). Регулируемите захранващи блокове да се настроят на +9V и -9V, а V_{CC} – на 5 V. V_{ref1} да се настрои на 1,2 V, а V_{ref2} да се изключи. Да де включи захранващият блок чрез бутона Power.
4. Да се стартира генератора на сигнали (WaveGen от WaveForms1, секция Analog). Задайте тригонообразна форма на сигналите от AWG1, период на повторение на импулсите 1 ms при симетрия 50 %, амплитуда на сигнала 5V, постояннотоково отместване +2 V. Да се включи 4 каналната осцилоскопна (Ch4) приставка (Scope от WaveForms1, секция Analog).
 - Наблюдавайте сигналите на 4-те канала. Определете параметрите на отделните сигнали, обърнете внимание на характерните точки на превключване. Запишете сигналите, представете ги в графичен формат.

- Отворете джъмпер J2 и затворете J3. Определете праговете на превключване и хистерезиса на схемата. Запишете сигналите, представете ги в графична форма.
 - Настройте осцилоскопа за изобразяване на XY графика на канал 1 и канал 3. Мащабирайте сигналите до получаване на добро изображение на хистерезисния цикъл. Запишете данните и ги представете в графичен формат. Отбележете характерните точки, съпоставете ги с резултатите от изпълнението на предходната подточка.
5. Отворете J3. Активирайте втория генератор AWG2 с параметри $F=100\text{ kHz}$, $U_m=1\text{ V}$, синусоидална форма на сигнала. Наблюдавайте осцилограмите, обяснете ефектите.
- Затворете J2, обяснете причините за промяната.
 - Повишете честотата до 1 MHz. Обяснете промяната, измерете параметрите на сигналите. Затворете J5 наблюдавайте промените, повторете след това с J4. Обяснете ефекта, запишете данните и ги представете в графична форма.
 - Повишете амплитудата на сигнала от AWG2 до 2 V. Повторете наблюденията, описани в горната подточка. Затворете J3, обяснете промените.
6. Превключете J1 в горно (по схемата) положение.
- Наблюдавайте формата на сигналите в контролните точки, измерете параметрите им, снимете данните и ги представете в графичен вид, като отбележите характерните точки и зависимостите, описващи отделните участъци.
 - Повторете горната подточка при отворен J3 и затворен J2.
7. Можете ли да определите собственото закъснение на компаратора? Как? Какви стойности получавате за преход 0->1 и съответно 1->0? Обяснете разликата (ако има такава).

5.6 Контролни въпроси

1. От какво се определят праговете нива в схемите на тригер на шмит реализиран посредством операционен усилвател ?
2. По какъв начин тригера на шмит елиминира влиянието на зашумяването на сигнала при неговото формиране ?
3. Как се променят праговете напрежения при промяна на външно спрямо тригера на шмит отмествашо напрежение ?
4. По каква функцията се променят праговете напрежения при тригер на шмит с динамичен хистерезис ?
5. Как може да се конструира релаксационен генератор посредством тригер на шмит и от какво се определя генерираната честота ?

5.7 Литература

- [1] Димитрова, М., И. Ванков. Импулсни схеми и устройства. С., Техника, 1987.
- [2] Rabaey J., A. Chandrakasan, B. Nikolic, Digital Integrated Circuits. A Design Perspective, Second Edition, Prentice Hall, 2003.
- [3] Understanding Schmitt Triggers, Texas Instrument Inc., Application Report; SCEA046–September 2011
- [4] Manuel des Circuits Integres Analogiques, Texas Instrument Inc. France, 1974
- [5] <http://www.ti.com/lit/an/scea046/scea046.pdf>
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Schmitt_trigger