

УПРАЖНЕНИЕ № 10

БРОЯЧИ

ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Да се добият знания и умения за практическо използване на методите за анализ и синтез на последователностни схеми от броячен тип.

КРАТКА ТЕОРИЯ

10.1. Общи сведения

Броячът е последователностна схема. Нарича се още последователностна схема от броячен тип. Той е един от типичните представители на възли в цифровата изчислителна машина наред с регистрите, дешифраторите и суматорите. Броячът е електронна схема (възел) регистрираща по определен начин, наречен броене, постъпилите на входа ѝ импулси (сигнали). В схемата на брояча има един вход и n изхода, чийто брой се определя от съотношението (10.1)

$$n \geq \log_2 K, \quad (10.1)$$

където K е броят на състоянията, n е броят на необходимите запомнящи елементи (ЕА), а $\log_2 K$ е двоичният логаритъм на числото K закръглен до най-близкото по-голямо число.

Всеки брояч представлява съвкупност от n тригера (ЕА) и определен брой логически елементи. Съвкупността от тригери има определен брой устойчиви вътрешни състояния (не повече от 2^n), като са изпълнени условията: при постъпване на входния импулс (сигнал) броячът преминава от едно устойчиво състояние в друго, като не преминава два пъти през едно и също устойчиво състояние преди да е преминал през всички останали и редът в който следват вътрешните състояния едно след друго е строго определен и неизменен (ако законът на броене и коефициентът на броене не се изменят). От тези особености следва, че графът на един брояч представлява цикъл от всичките му състояния, като едно от вътрешните състояния се избира условно за начално (изходно). В реалните броячи най-често за такова състояние се приема нулевото, като се предвижда възможност с подаване сигнал на специален вход на брояча той да бъде върнат от всяко вътрешно състояние в изходното.

Броят на вътрешните състояния на брояча се нарича коефициент или модул на броене K . Той зависи от броя на ЕА (елементите памет), от които е изграден броячът и от схемата им на свързване. Броят на разредите на брояча се определя от броя на ЕА в схемата. Ако броят на ЕА (разрядите) е n , тогава *пълният* n разряден брояч има $K = 2^n$. Ако $K < 2^n$, броячът се нарича *непълн* (*частичен*). Най-често използваните непълни броячи са с $K = 10$ и се наричат *десетични* (*декадни*).

Броенето (в права или обратна посока) се извършва по модул K , което означава, че след достигане на максималната (минималната) си стойност, броячът при следващия входен импулс (сигнал) преминава в минималната (максималната) си стойност.

Някои от основните параметри на броячните схеми са:

- капацитет (модул на броене) – максималния брой импулси, който може да фиксира броячът;
- разрешаваща способност – минималното време на следване на входните импулси (сигнали), при което броячът работи нормално;
- време за регистрация – времето от постъпване на поредния входен импулс (сигнал) до завършване на най-дългия възможен преходен процес;
- бързодействие на брояча се характеризира с максимално допустимата честота на постъпване на входните импулси за броене $f_{бр}$ и времето за установяване (кода) на брояча $t_{уст}$ – интервала от време между момента на завършване на импулса на броене и момента за установяване на кода.

В зависимост от начина на броене се различават следните видове броячи:

- *сумиращи (събиращи) броячи*, при които след всеки входен импулс (сигнал) вътрешното състояние се увеличава с 1;
- *изваждащи броячи*, при които след всеки входен импулс (сигнал) вътрешното състояние се намалява с 1;
- *реверсивни броячи*, които работят както в режим на сумиране (броенето се извършва в права посока), така и в режим на изваждане (броенето се извършва в обратна посока) в зависимост от специален управляващ сигнал;
- *кръгови броячи*. За построяването на такива броячи е необходимо да се използва специално кодиране на вътрешните състояния. Въвежда се и се премества една единствена единица (или нула) и броят на регистрираните импулси се определя от местоположението на тази единица. В тези броячи информацията може да се премества неограничен брой пъти. Кръговите броячи могат да бъдат с преместване на сигнала както отляво надясно, така и отдясно наляво, а също и реверсивни. Кръговите броячи могат да се използват и като делители на честота с коефициент на деление $K=n$.

По начина по който е организирано броенето се разделят на:

- *синхронни броячи*, за работата на които е необходим синхронизиращ сигнал. Структурата им осигурява едновременно превключване на всички тригери в брояча;
- *асинхронни броячи*, работещи без синхронизиращ сигнал. Отделните тригери не се превключват строго едновременно, а с малко закъснение един спрямо друг;
- *броячи с комбинирано действие*. При тях броячът е разделен на части, като тригерите в отделните части са свързани по единия начин (например синхронно), а самите части – по другия начин (например асинхронно).

Според типа на използваните в отделните звена елементи се класифицират броячите като:

- *тригерни броячи* – образуват се чрез подходящо свързване на Т тригери. Това е основният тип броячи поради простото устройство, високата сигурност и ниската цена на тригерите;

- *броячи с преместващи регистри*. При тях за отделните звена се използват преместващи регистри, свързани най-често като кръгови броячи. Предимство на подобни броячи е лесната индикация на резултата, а недостатък – по-големия брой тригери. Броячите от тази група се разделят още на *кръгови броячи* и *броячи на Джонсън*.

В зависимост от структурата и предназначението си броячите обикновено имат:

- броячен вход*, на който се подават подлежащите на броене импулси (сигнали);

- управляващи и спомагателни входове*, например вход за установяване на начално състояние (нулиране), един или два входа за управление режима на броене (при реверсивните броячи), входове за установяване на отделните разряди на брояча поотделно (паралелни входове) и др.;

- изходи* – най-често за изходи се използват единичните изходи на тригерите, като тригерът, съответстващ на двоичния разред с най-малко тегло (2^0), се нарича младши, а тригерът в разряда с най-голямо тегло (2^{n-1}) – старши.

Процесът на броене може да се раздели на две микрооперации – двоично сумиране по модул 2 и формиране и разпространение на пренос от младшите към старшите разреди. Разпространението на преноса се осигурява от комбинационна част (*верига за пренос*), в зависимост от структурата на която се различават броячи с *последователен, ускорен и паралелен пренос*.

При броячите най-целесъобразно е да се използват тригери тип Т, JK или D.

10.2. Синтез на броячи

Принципно синтезът на броячни схеми не се различава от този на ПС. Започва се непосредствено от кодирана таблица на преходите, в която се представя програмата за работа на броячната схема. Към нея се добавят колони, съответстващи на входовете на използваните тригери. Всяка колона се попълва индивидуално по следния начин: за всеки ред от таблицата се отчитат стойностите на *възбудителните функции* за конкретния тригер и неговото (старо Q_i^1) състояние; от матрицата на съответния тип ЕА по старото му състояние и сигналите на входа (входовете) му се отчита новото му състояние и се записва в разглеждания ред от колоната на тригера. От всяка колона се намира възбудителна функция, която определя сигналите на входа на съответния тригер (напр. ако е тип $T \rightarrow T_i$). Тъй като стойностите на аргументите и възбудителната

функция се определят за един и същи такт, то T_i е логическа (превключвателна) функция.

Под *синтезиране на тригерен брояч* се разбира определяне на оптимална структура на брояча, изразяваща се в минимален брой тригери с минимум връзки между тях.

За синтезирането на брояч е необходимо да се зададе:

- коефициентът K на броене (капацитетът на брояча);
- режимът на броене (сумиращ, изваждащ, реверсивен);
- редът на изменение на състоянията на брояча;
- бързодействието;
- времето за установяване кода на брояча.

В зависимост от зададеното време за установяване на кода се избира типът на брояча – синхронен или асинхронен. След приемане типа на брояча, се избира типът на тригерите - Т, JK или D.

Броят на тригерите в брояча се определя от (11.1).

ЗАДАЧИ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ

1. Да се синтезира четири битов кръгов брояч на базата на JK тригери.
2. Да се синтезира реверсивен брояч до осем на базата на Т тригери.
3. Да се синтезира сумиращ брояч с коефициент на броене $K=5$ с D тригери.

НАЧИН НА РАБОТА

Упражнението се изпълнява по указание на ръководителя на занятието.

По точка 1 от заданието е необходимо да се синтезира четири битов кръгов брояч. Използва се процедурата за синтез на броячи, описана по-горе. За целта се построява кодирана таблица на преходите. Към нея се добавят колони, съответстващи на входовете на използваните тригери (възбудителните функции).

За построяването на кръговия брояч е необходимо да се използва специално кодиране на вътрешните състояния. Въвежда се и се премества една единствена единица (или нула) и броят на регистрираните импулси се определя от местоположението на тази единица. Кръговият брояч може да се синтезира с преместване на сигнала както отляво надясно, така и отдясно наляво, а също и с преместването му в двете посоки.

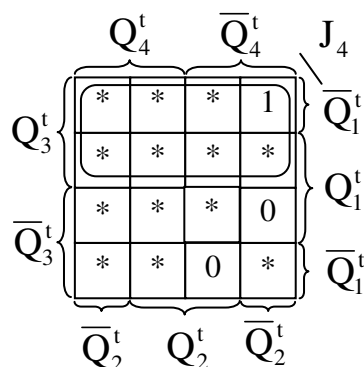
Нека в най-младшият разряд на брояча се запише сигнал логическа единица („1”), а в останалите разряди, логическа нула („0”). Преместването на сигнала на всеки тактов импулс ще се извършва отдясно наляво.

Кодираната таблица на преходите е (таблица 10-1).

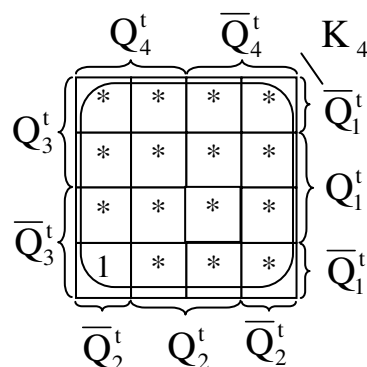
Таблица кодирана на преходите 10-1

Q_4^t	Q_3^t	Q_2^t	Q_1^t	Q_4^{t+1}	Q_3^{t+1}	Q_2^{t+1}	Q_1^{t+1}	J_4	K_4	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	*	0	*	1	*	*	1
0	0	1	0	0	1	0	0	0	*	1	*	*	1	0	*
0	1	0	0	1	0	0	0	1	*	*	1	0	*	0	*
1	0	0	0	0	0	0	1	*	1	0	*	0	*	1	*

От попълнената таблица 10-1 се намират възбудителните функции J_4 , K_4 , J_3 , K_3 , J_2 , K_2 и J_1 , K_1 , като се представят в карти на Вейч за четири променливи. Използват се само четири от възможните шестнадесет вътрешни състояния на брояча: едно (0001), две (0010), четири(0100) и осем (1000). Останалите вътрешни състояния не са работни, те са забранени и затова в квадратите от картата на Вейч, съответстващи на тези състояния, се задават неопределени стойности (*). Последните се използват за допълнително опростяване на възбудителните функции.



$$J_4 = Q_3^t$$

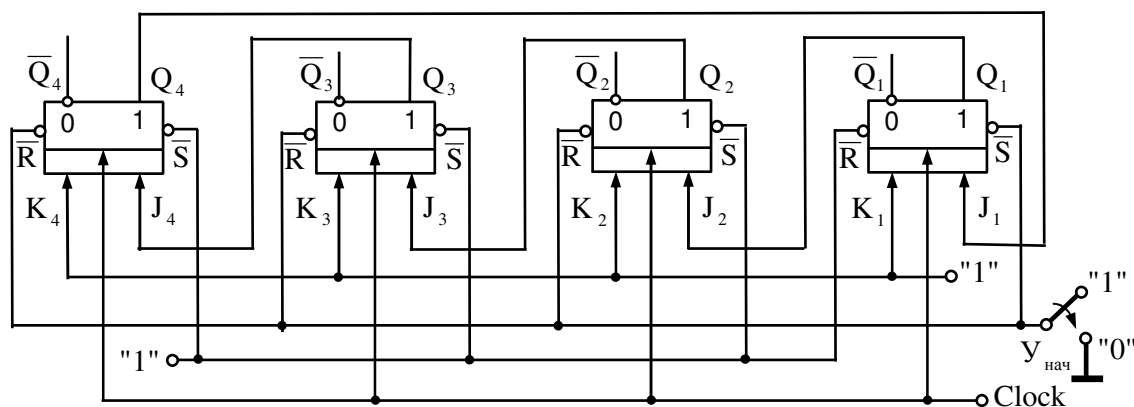


$$K_4 = 1$$

След сравняване на колонките от таблица 10-1 на J_3 с Q_2 , на J_2 с Q_1 и на J_1 с Q_4 , без да се представят функциите в карти на Вейч, се установява, че: $J_3 = Q_2$; $J_2 = Q_1$ и $J_1 = Q_4$.

За останалите възбудителни функции K_3 , K_2 и K_1 се вижда, че те също имат по една единица и три неопределени стойности. Следователно, те също са равни на логическа 1, $K_4=K_3=K_2=K_1=1$.

От намерените възбудителни функции се построява схемата на кръговия брояч, фиг. 10.1.



Фиг. 10.1. Кръгов брояч

По точки 2 и 3 от заданието се синтезират схеми на реверсивен брояч до осем на базата на Т тригери и на сумиращ брояч с коефициент на броене $K=5$ с D тригери. Използва се процедурата за синтез на броячи, описана по-горе и изпълнението на задача 1.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ПРОТОКОЛА

Таблицы кодирани на преходите, логически уравнения, структурни схеми, анализ и изводи.

КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ ЗА ПОДГОТОВКА И ЗАДАЧИ

1. Какво представляват броячите?
2. Какво е коефициент (модул) на броене?
3. Как действа един събиращ (изваждащ, реверсивен) брояч?
4. Какво означава броене по модул K ?
5. Какви елементи съдържа схемата на един брояч?
6. Какво е необходимо да бъде зададено за синтез на един брояч?
7. Как се синтезира схемата на един брояч?
8. Какви особености имат частичните (непълни) броячи?
9. Да се синтезира сумиращ, триразряден брояч, променящ състоянията си в съответствие с код на Грей на базата на JK тригери.