

BAB 8 COUNTER (PENCACAH)

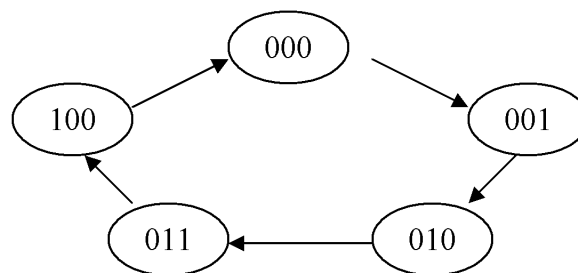
Sebuah Flip-flop akan mempunyai dua keadaan yaitu keadaan reset ($Q = 0$) dan set ($Q = 1$). Sehingga untuk sederetan n buah FF akan mempunyai 2^n keadaan yang berbeda.

Dalam penggunaannya sebagai pencacah pulsa, setiap satu keadaan (dari 2^n keadaan) digunakan untuk menyatakan sudah berapa jumlah pulsa yang masuk pada pencacah. Dengan demikian hubungan antara FF yang satu dengan yang lain harus demikian rupa sehingga keadaannya akan berubah secara berurutan setiap kali ada pulsa masuk. Sehingga, kalau jumlah pulsa sudah mencapai harga tertentu, pencacah akan kembali ke keadaan awalnya.

Suatu pencacah modulo- k adalah *pencacah yang kembali ke keadaan mula-mula setelah k buah pulsa masuk.*

Contoh :

Pencacah 3 bit dengan 5 kondisi atau pulsa klok, pada pencacah ini akan terdiri dari 000, 001, 010, 011, 100. Perubahan dari nilai satu ke nilai berikutnya akan dilakukan pada 1 klok. Pada kondisi nilai terakhir 100 akan kembali ke nilai awalnya yaitu 000. Perubahan nilai ini akan terus berlanjut sampai adanya pemutusan atau penghentian sinyal klok.



Pulsa	A	B	C	A ⁺	B ⁺	C ⁺
1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	1	0	1	0
3	0	1	0	0	1	1
4	0	1	1	1	0	0
5	1	0	0	0	0	0

Kondisi awal A, B, C akan berubah menjadi A^+ , B^+ , C^+ pada setiap 1 buah klok. Penjelasanya yaitu :

Pada pulsa 1 nilai 000 akan menjadi 001

Pada pulsa 2 nilai 001 akan menjadi 010

Seterusnya sampai pulsa kelima akan mengubah nilai 100 menjadi nilai awal 000.

Karena setiap keadaan dari pencacah menyatakan jumlah dari pulsa yang masuk, sedang keadaan dari pencacah ditentukan oleh harga keluaran dari FF pembentuknya (Q_a , Q_b , Q_c , ...), maka akan lebih mudah kalau harga dari Q_a , Q_b , Q_c , ... sebagai bilangan biner digunakan untuk menyatakan jumlah yang masuk. (seperti tabel a).

Pencacah modulo-16 disebut juga pencacah biner 4-bit. Pencacah modulo-8 disebut juga pencacah biner 3-bit. Pencacah modulo-10 disebut juga pencacah desimal (*Decade Counter*).

8.1. Pencacah Sinkron

Pada pencacah sinkron perubahan keluaran dari setiap FF terjadi secara serempak karena pulsa input yang akan dicacah dimasukkan pada masukan klok dari setiap FF, sehingga pulsa masukan berfungsi sebagai pulsa klok.

Dengan demikian untuk menghubungkan FF yang satu dengan yang lain, hal yang perlu diperhatikan adalah bagaimana mengatur input dari setiap FF yang digunakan (SR, JK, D, T) agar perubahan keluarannya pada saat ada pulsa input masuk akan sesuai dengan tabel (a) : Tabel Pencacah

Jumlah Pulsa	Modulo-6			Modulo-8			Modulo-10				Modulo-16			
	Q_a	Q_b	Q_c	Q_a	Q_b	Q_c	Q_a	Q_b	Q_c	Q_d	Q_a	Q_b	Q_c	Q_d
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
3	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
4	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
5	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
6	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
7				1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
8				0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
9							1	0	0	1	1	0	0	1
10							0	0	0	0	1	0	1	0
11											1	0	1	1

12				1	1	0	0
13				1	1	0	1
14				1	1	1	0
15				1	1	1	1
				0	0	0	0

Sebagai contoh akan dibahas pencacah yang dibentuk dari J-K FF dan T-FF

Tabel kebenaran dari J-K FF (b) dan T-FF (c).

J_n	K_n	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Tabel (b)

T_n	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabel (c)

Dari tabel (b), terlihat bahwa agar keluaran dari J-K FF berubah 0 ke 0, harga J_n harus 0, sedang harga K_n boleh 0 atau 1 (baris 1 dan 3), demikian seterusnya sehingga bisa dibuat menjadi tabel *transition list* untuk J-K FF (tabel (d) dan T-FF (tabel (e))).

$Q_n \rightarrow Q_{n+1}$	J_n	K_n
0 → 0	0	×
0 → 1	1	×
1 → 0	×	1
1 → 1	×	0

Tabel (d)

$Q_n \rightarrow Q_{n+1}$	T_n
0 → 0	0
0 → 1	1
1 → 0	1
1 → 1	0

Tabel (e)

8.1.1. Pencacah Sinkron Modulo-6

- Akan dirancang dengan menggunakan JK FF
- Pencacah modulo-6 memerlukan 3 FF sehingga keadaan atau hasil pencacahannya ditentukan oleh $Q_a Q_b Q_c$.
- Dari tabel (a) terlihat:
 Kalau mula-mula $Q_a Q_b Q_c = 000$, setelah pulsa masuk berubah menjadi $Q_a Q_b Q_c = 001$

Dengan demikian pada

Keadaan $Q_a Q_b Q_c = 000$

Menurut tabel transition list tabel (d); pengaturan dari J dan K untuk masing-masing FF adalah :

FFA, $Q_a : 0 \rightarrow 0$ maka $J_a = 0$, $K_a = \times$

FFB, $Q_b : 0 \rightarrow 0$ maka $J_b = 0$, $K_b = \times$

FFC, $Q_c : 0 \rightarrow 1$ maka $J_c = 1$, $K_c = \times$

- Selanjutnya pada keadaan $Q_a Q_b Q_c = 001$, yang berubah menjadi $Q_a Q_b Q_c = 010$, setelah pulsa masuk, pengaturannya adalah:

FFA, $Q_a : 0 \rightarrow 0$ maka $J_a = 0$, $K_a = \times$

FFB, $Q_b : 0 \rightarrow 1$ maka $J_b = 1$, $K_b = \times$

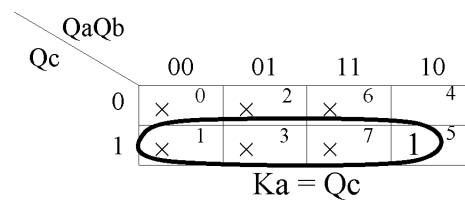
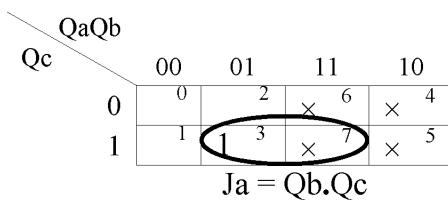
FFC, $Q_c : 1 \rightarrow 0$ maka $J_c = \times$, $K_c = 1$

- Demikian seterusnya, jika dikerjakan, hasil seluruhnya akan terlihat hasil yang merupakan tabel kebenaran dari $J_a, K_a, J_b, K_b, J_c, K_c$ sebagai fungsi dari Q_a, Q_b, Q_c .
- Untuk mendapatkan persamaan yang paling sederhana dapat digunakan peta karnaugh.

Q_a	Q_b	Q_c	J_a	K_a	J_b	K_b	J_c	K_c
0	0	0	0	\times	0	\times	1	\times
0	0	1	0	\times	1	\times	\times	1
0	1	0	0	\times	\times	0	1	\times
0	1	1	1	\times	\times	1	\times	1
1	0	0	\times	0	0	\times	1	\times
1	0	1	\times	1	0	\times	\times	1
1	1	0	\times	\times	\times	\times	\times	\times
1	1	1	\times	\times	\times	\times	\times	\times

- Dari pencacah modulo-6 di atas harga Q_a, Q_b, Q_c tidak pernah 110 dan 111 sehingga harga j dan k diberi nilai \times (don't care = bisa 0 atau 1)

- Peta karnaugh pencacah modulo-6:



		QaQb					
		00	01	11	10		
Qc	0	0	×	2	×	6	4
	1	1	×	3	×	7	5

$J_b = Q_a \cdot Q_c$

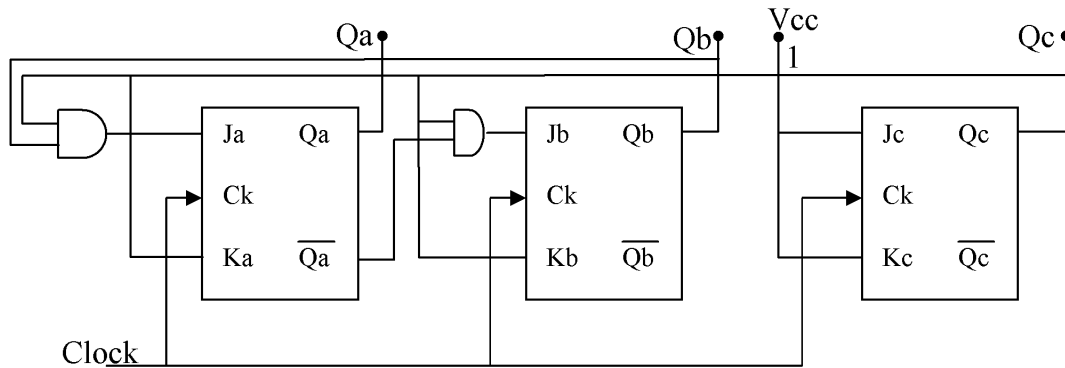
		QaQb						
		00	01	11	10			
Qc	0	×	0	2	×	6	×	4
	1	×	1	3	×	7	×	5

$K_b = Q_c$

Untuk Jc dan Kc dari tabel kebenaran dapat dilihat bahwa jika × diganti 1 maka :

$J_c = K_c = 1$

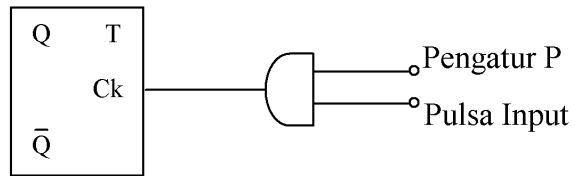
– Rangkaian dari pencacah sinkron modulo-6 adalah:



8.1.2. Pencacah Sinkron modulo-6 dengan T FF

Pada tabel (e) dapat dilihat tabel transisi dari T FF, keluarannya tidak akan berubah kalau T = 0, sedang kalau T = 1 keluarannya akan berubah setiap ada pulsa masuk (0 ke 1 atau 1 ke 0), atas dasar ini, pengaturan perubahan keluarannya agar sesuai dengan tabel pencacahannya, dapat dilakukan dengan 2 cara :

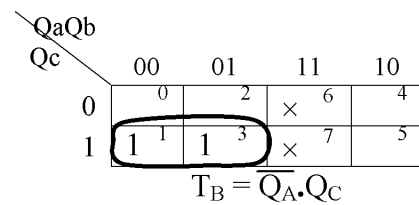
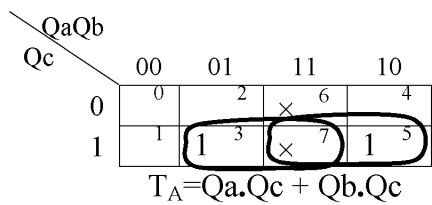
1. Harga T dari masing FF untuk setiap harga Qa Qb Qc (ada 3 FF) diatur sedemikian rupa sehingga perubahan keluarannya sesuai dengan tabel pencacahan, atau dengan kata lain T merupakan fungsi Qa Qb Qc.
2. Input T dihubungkan ke Vcc sehingga selalu mempunyai harga 1. Sedangkan pengaturan perubahan keluarannya dilakukan dengan meneruskan pulsa input ke input klock kalau keluarannya harus berubah dan tidak meneruskan kalau keluarannya harus tidak berubah. Hal ini dapat dikerjakan dengan menambahkan gerbang AND sebelum masuk ke input klock seperti berikut ini:



- Tabel Kebenaran Pencacah Sinkron Modulo - 6 dari T FF

Qa	Qb	Qc	Ta	Tb	Tc
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	0	1
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	×	×	×
1	1	1	×	×	×

- Peta Karnaugh



- Persamaan :

$$T_A = Q_a Q_c + Q_b Q_c$$

$$T_B = \overline{Q_a} Q_c$$

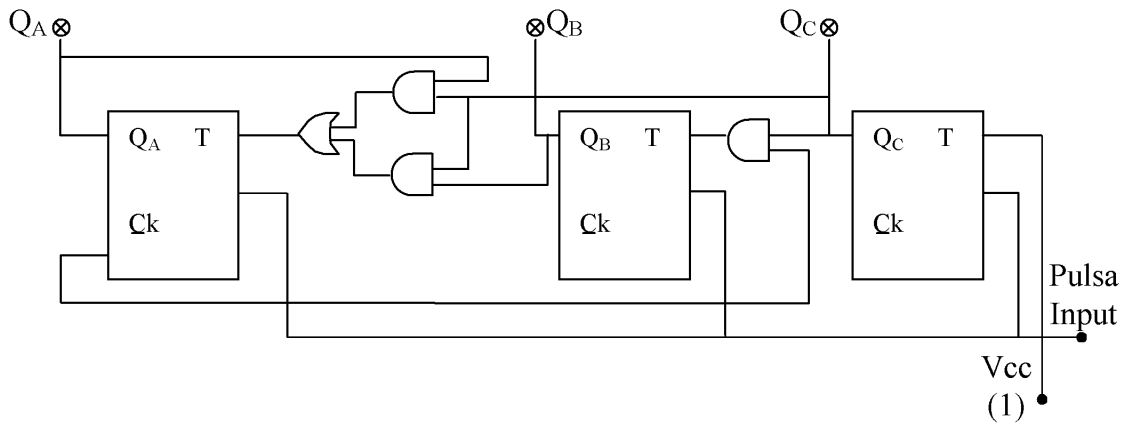
$$T_C = 1$$

- Rangkaian pencacah Sinkron modulo - 6 dari T FF

$$T_A = Q_a \cdot Q_c + Q_b \cdot Q_c$$

$$T_B = \overline{Q_a} \cdot Q_c$$

$$T_c = 1$$



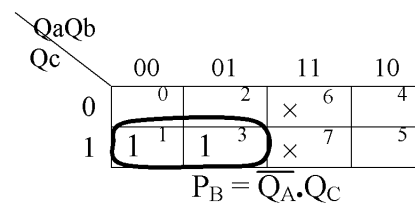
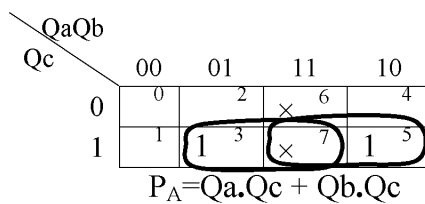
Untuk cara yang kedua, berarti harga p untuk FF harus diatur :

P=1 kalau Outputnya harus berubah, dan P=0 kalau Outputnya tetap

- Dengan demikian tabel kebenarannya adalah :

Qa	Qb	Qc	Pa	Pb	Pc
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	0	1
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	×	×	×
1	1	1	×	×	×

- Peta Karnaugh :



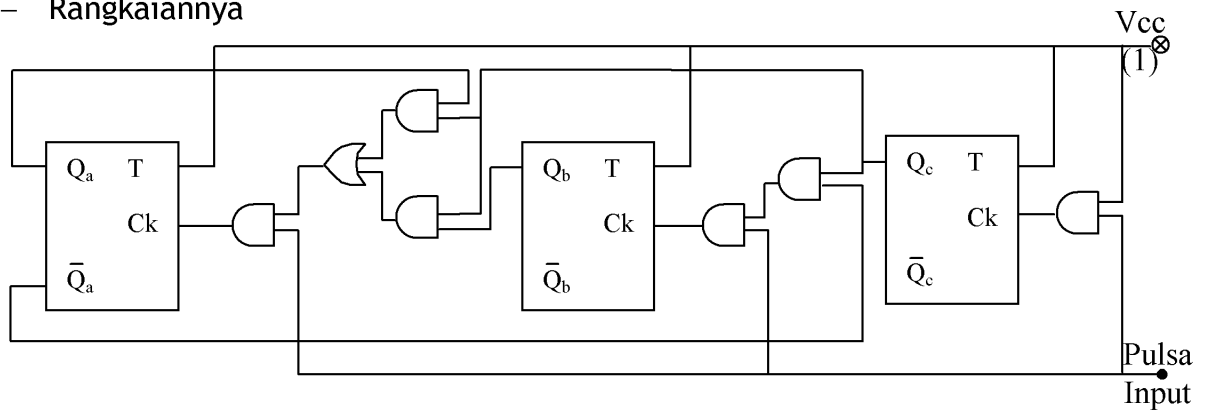
- Persamaan

$$P_A = \bar{Q}_a \cdot Q_c + Q_b \cdot Q_c$$

$$P_B = \bar{Q}_a \cdot Q_c$$

$$P_C = 1$$

- Rangkaiannya



8.2. Pencacah Tak Sinkron Modulo K, dengan $K=2^n$

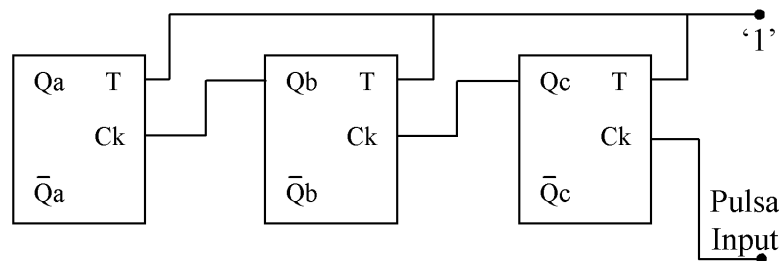
Dapat dilihat dari tabel, bahwa jika Q_c berubah dari 1 ke 0 ternyata Q_b berubah, maka FF_c dapat menjadi pemicu FF_b . Begitu juga jika Q_b berubah dari 1 ke 0 maka Q_a berubah

Dengan demikian jika :

- Q_c dihubungkan ke CK_b , harga T_b dapat dihubungkan ke harga 1
- Q_b dihubungkan ke CK_a , harga T_a dapat dihubungkan ke harga 1

Sehingga rangkaian pencacah tak Sinkron modulo- K dimana $K=2^n$ dapat dibentuk dari n buah FF. Pencacah ini sering disebut *Ripple Counter*

- Rangkaian pencacah tak Sinkron modulo-8 dengan 3 FF:



- Untuk pencacah tak Sinkron modulo- 4(2²), modulo-16 (2⁴); dapat dibuat dengan cara yang sama, hanya menyesuaikan jumlah FF-nya saja.

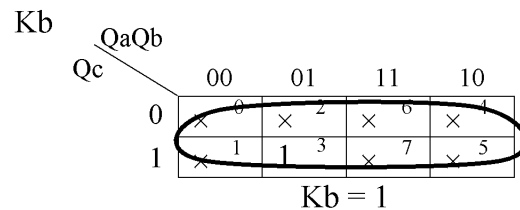
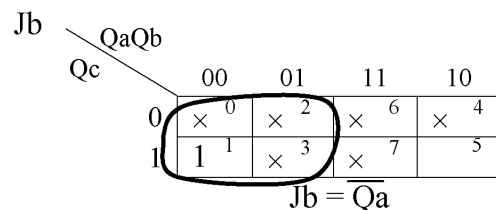
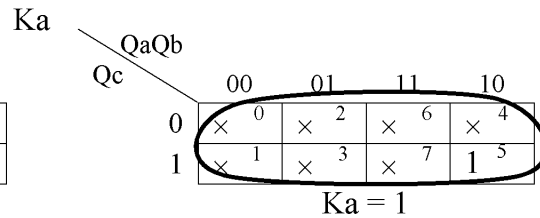
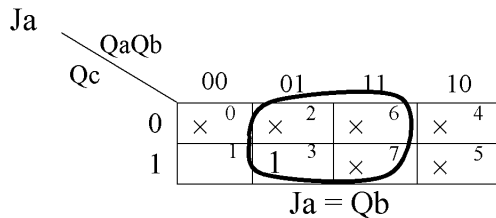
8.3. Pencacah tak Sinkron Modulo-K, dimana $K \neq 2^n$, dan $K = \text{genap}$.

Pulsa klok dari suatu FF tidak selalu dapat diperoleh dari FF sebelumnya.

Contoh : Pencacah Modulo-6

- Pada perubahan dari $Q_a Q_b Q_c$ 101 menjadi 000, oleh karena Q_a harus berubah dari 1 ke 0 sedang Q_b tetap, maka Q_b tidak dapat digunakan sebagai pulsa dari FFA.
- Dengan demikian yang dapat digunakan sebagai pulsa klok dari FFA dan FFB adalah Q_c .
- Hanya oleh karena untuk setiap Q_c berubah dari 1 ke 0, Q_b dan Q_a tidak selalu berubah, maka harga T atau J dan K tidak boleh selalu berharga 1, tetapi harus diatur seperti pada pencacah sinkron.
- Untuk master-Slave FF perubahan pulsa klok dari 0 ke 1 tidak merubah keadaan Output sehingga pada saat Q_c (sebagai pulsa klok) berubah dari 0 ke 1, harga dari T atau J dan K dari FFA dan FFB diisi seimbang (×).
- Dengan demikian tabel kebenaran J dan K sebagai fungsi $Q_a Q_b Q_c$, untuk pencacah tak Sinkron modulo-6, adalah sebagai berikut:

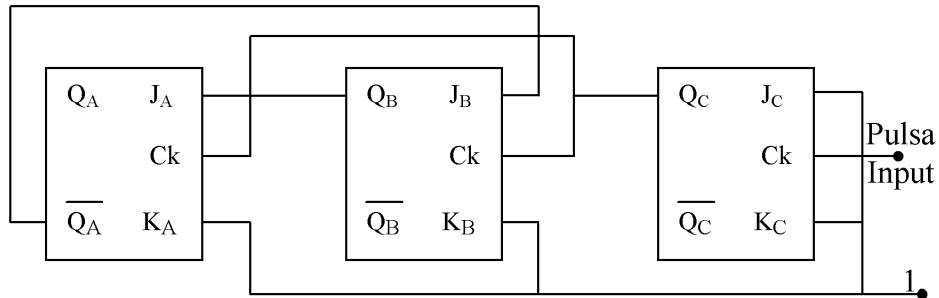
Q_a	Q_b	Q_c	J_a	K_a	J_b	K_b	J_c	K_c
0	0	0	×	×	×	×	1	×
0	0	1	0	×	1	×	×	1
0	1	0	×	×	×	×	1	×
0	1	1	1	×	×	1	×	1
1	0	0	×	×	×	×	1	×
1	0	1	×	1	0	×	×	1
1	1	0	×	×	×	×	×	×
1	1	1	×	×	×	×	×	×



- Jadi persamaannya

$$\begin{array}{lll} J_a = Q_b & J_b = \overline{Q_a} & J_c = 1 \\ K_a = 1 & K_b = 1 & K_c = 1 \end{array}$$

- Rangkaiannya



8.4. Pencacah Tak Sinkron Modulo-K, dimana $K \neq 2^n$ dan $K = \text{Ganjil}$

Cara yang dipakai untuk pencacah tak sinkron modulo-K, $K \neq 2^n$ dan $K = \text{Genap}$, tidak dapat digunakan untuk $K = \text{Ganjil}$.

Untuk itu digunakan input preset atau clear pada setiap JK FF atau T FF. Caranya adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan preset
 - a. Tentukan jumlah FF (n) dengan persamaan $2^{n-1} < K < 2^n$
 - b. Hubungkan FF sebagai Ripple Counter.
 - c. Hubungkan Output dari FF yang harganya '1' pada saat hasil pencacahan ($k-1$), ke sebuah gerbang NAND. Masukkan juga pulsa input ke gerbang NAND ini.
 - d. Hubungkan output gerbang NAND ke input preset dari FF yang berharga Output '0' pada saat hasil pencacah = ($k-1$).
2. Menggunakan Clear
 - a. Tentukan jumlah FF (n) dengan persamaan $2^{n-1} < K < 2^n$
 - b. Hubungkan FF sebagai Ripple Counter.
 - c. Hubungkan Output dari FF yang harganya '1' pada saat hasil pencacah = K , ke sebuah gerbang NAND.
 - d. Hubungkan output gerbang NAND ke input clear dari setiap FF.

Contoh : Pencacah tak Sinkron modulo-7

1. Menggunakan Preset

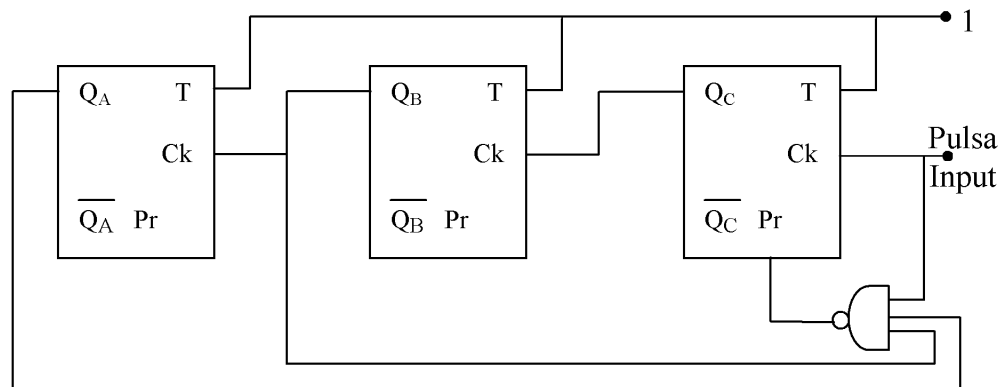
Qa	Qb	Qc
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

(K-1)
K

Pada saat pencacah mencapai harga 6 maka Qa Qb Qc = 110 maka :

- Qa dan Qb dihubungkan ke gerbang NAND
- Output gerbang NAND dihubungkan ke output FFC='0' pada input presetnya.
- Setelah Qa Qb Qc = 110, pulsa naik dari 0 ke 1, Pr=0, Qa Qb Qc = 111, setelah pulsa =0, maka Qa Qb Qc = 000

Rangkaiannya:



2. Menggunakan Clear

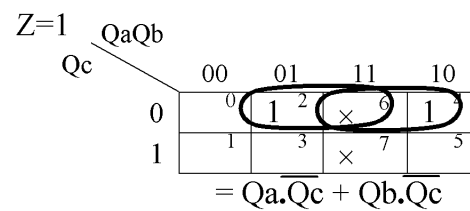
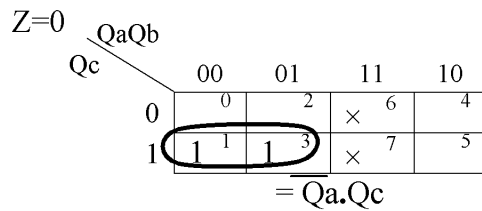
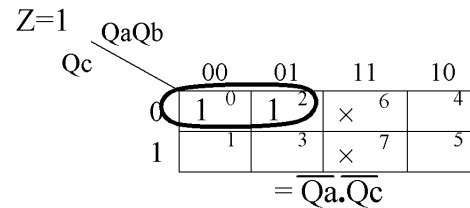
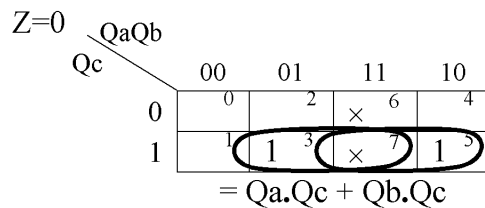
Pada saat pencacahan K, dimana Qa Qb Qc = 111, maka :

- Input gerbang NAND dari Qa, Qb, dan Qc
- Output gerbang NAND ke Input Clear dari FFA, FFB, FFC .

Jika diteruskan, maka tabel kebenarannya:

Naik			Turun			Ta		Tb		Tc	
Qa	Qb	Qc	Qa	Qb	Qc	Z=0	Z=1	Z=0	Z=1	Z=0	Z=1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1
0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
1	1	0				×	×	×	×	×	×
1	1	1				×	×	×	×	×	×

- Peta Karnaughnya :



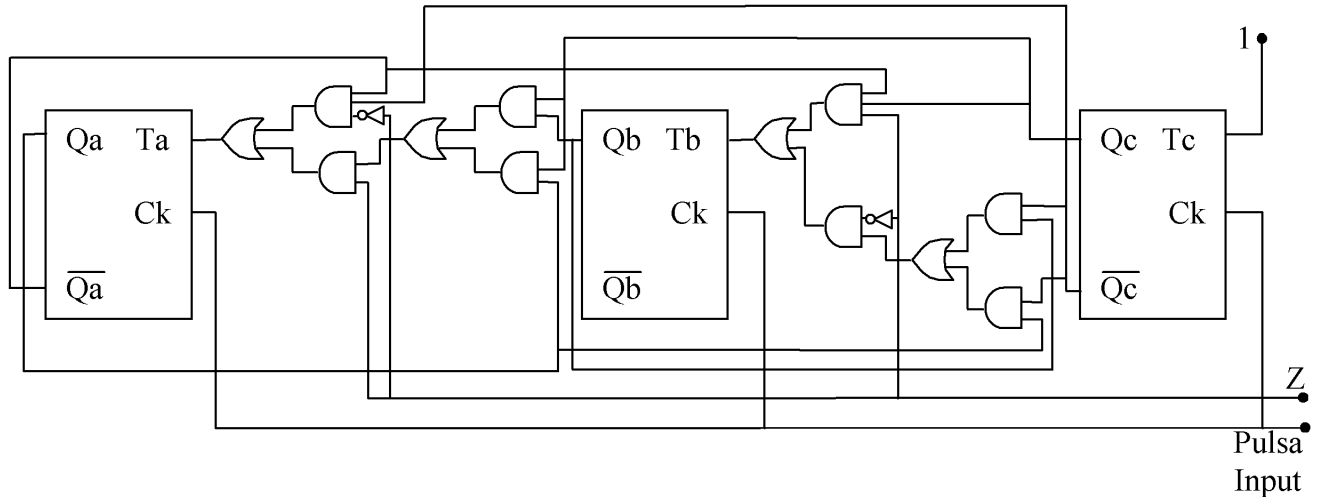
Jadi persamaannya adalah :

$$Ta = Z (Qa.Qc + Qb.Qc) + Z' (\overline{Qa}.Qc)$$

$$Tb = Z (\overline{Qa}.Qc) + Z' (Qa.Qc + Qb.Qc)$$

$$Tc = 1$$

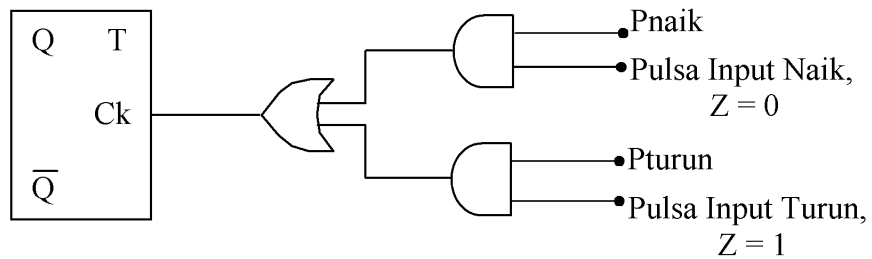
- Rangkaian pencacah naik / turun untuk modulo-6:



Cara Kedua

Pada cara ini, input T atau $J = K$ dihubungkan ke harga '1', sedang pengaturan outputnya dilakukan dengan cara meneruskan pulsa input ke input klock. Kalau dikehendaki ada perubahan, dan tidak meneruskan kalau dikehendaki Outputnya tidak berubah.

Karena input pulsanya ada 2 saluran untuk naik dan turun, maka pengatur (P) nya juga ada dua (2)



- Bila P naik/turun=1, maka pulsa input naik/turun diteruskan.
- Bila P naik/turun=0, maka pulsa input tidak diteruskan.
- Tabel kebenaran P naik/turun sebagai fungsi Qa Qb Qc sama dengan tabel kebenaran pencacah naik / turun sebelumnya.

Persamaannya :

$$Pa \text{ turun} = Z (Qb.Qc + Qa.Qc)$$

$$Pa \text{ naik} = Z' (\overline{Qa}.\overline{Qc})$$

$$Pb \text{ turun} = Z (\overline{Qa}.Qc)$$

$$Pb \text{ naik} = Z (Qb.\overline{Qc} + Qa.\overline{Qc})$$

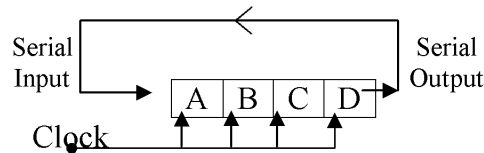
$$\begin{matrix} Pc \text{ turun} \\ Pc \text{ naik} \end{matrix} \begin{matrix} > \\ > \end{matrix} = 1$$

8.6. Pencacah Melingkar (Ring Counter)

Counter atau pencacah adalah rangkaian logika yang dapat dibangun dari satu atau beberapa FF. Counter digunakan untuk mengontrol urutan kerja dalam digital komputer, maupun yang digunakan dalam penerapan teknik digit pada bidang industri.

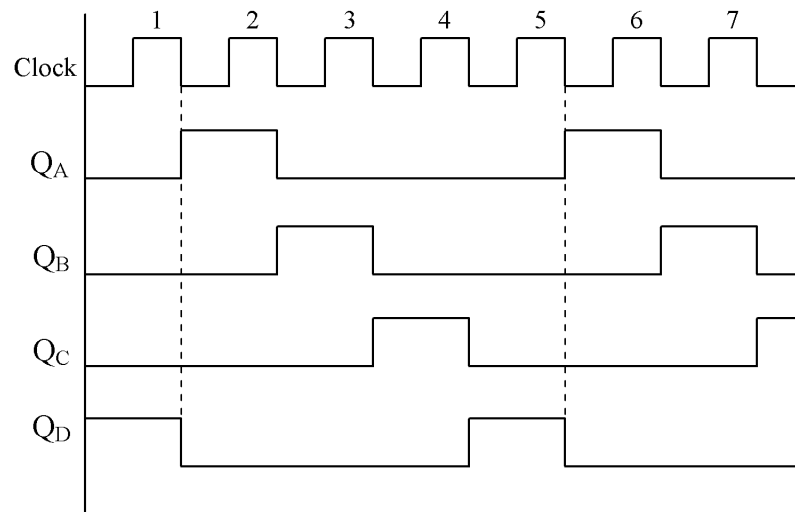
Salah satu fungsi counter yang penting adalah sebagai penghitung pulsa-pulsa yang masuk dan mencacah (membagi) pulsa-pulsa sesuai yang diinginkan, atau lebih dikenal sebagai pembagi frekuensi.

Ring Counter atau pencacah melingkar adalah counter yang erat hubungannya dengan prinsip kerja suatu register geser yang dijalankan melingkar.



Kondisi awal	0	0	0	1	1
Setelah Clock - 1	1	0	0	0	2
Setelah Clock - 2	0	1	0	0	3
Setelah Clock - 3	0	0	1	0	4
Setelah Clock - 4	0	0	0	1	5

Sinyal Clock	Kondisi FF			
	A	B	C	D
Kondisi awal	0	0	0	1
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1
5	Kembali seperti clock no. 1,2 ... dst-nya			



Ring Counter yang terjadi terdiri dari 4 FF ini akan berfungsi sebagai “Pembagi empat”

LATIHAN

1. Pencacah Sinkron Modulo-8, Modulo-10, Modulo-16 dari JK FF dan T FF
2. Pencacah tak Sinkron Modulo-4, modulo-16 dengan T FF
3. Pencacah tak Sinkron Modulo-5 dengan TFF.
4. Pencacah tak Sinkron Modulo-10 dengan TFF menggunakan input Preset dan Clear.
5. Pencacah naik/turun Modulo-16 dan T FF.
6. Sebuah Modulo-6 Counter yang mempunyai urutan kerja :
 $000 \rightarrow 010 \rightarrow 001 \rightarrow 101 \rightarrow 110 \rightarrow 011$
7. Rancanglah “Ring - Counter” dengan kondisi awal : 1 1 0 1 1.
Serta gambarkan diagram waktunya.