

PENCACAH

Pencacah (*counter*) adalah suatu rangkaian yang terdiri dari sejumlah flip-flop yang dirangkai sedemikian rupa sehingga mampu untuk mencacah (menghitung) pulsa masukannya.

Isi pencacah (hasil cacahan) ditampilkan pada keluarannya dalam format BINER ataupun BCD (Binary Coded Decimal).

Nilai terbesar yang dapat ditampilkan ditentukan oleh jumlah flipflop yang digunakan. Sebagai contoh, pencacah yang terdiri dari tiga buah flip-flop dapat menampilkan nilai keluaran mulai dari 000_2 sampai dengan 111_2 .

Ditinjau dari arah cacahannya maka pencacah terdiri dari :

- Pencacah Naik (*Up Counter*)
- Pencacah Turun (*Down Counter*)

Ditinjau dari cara pemicuannya maka pencacah terdiri dari :

- Pencacah Tak Serempak (*Asynchronous*)
- Pencacah Serempak (*Synchronous*)

Ditinjau dari urutan cacahannya maka pencacah terdiri dari :

- Pencacah Berurutan
- Pencacah Tak Berurutan

Pada pencacah naik, cacahan dimulai dari suatu harga (umumnya nol) hingga harga terbesar.

Pada pencacah turun, cacahan mulai dari suatu harga (umumnya nol) turun hingga harga terkecil.

PENCACAH NAIK

CP	A	B	C
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1
8	0	0	0
9	0	0	1

PENCACAH TURUN

CP	A	B	C
0	0	0	0
1	1	1	1
2	1	1	0
3	1	0	1
4	1	0	0
5	0	1	1
6	0	1	0
7	0	0	1
8	0	0	0
9	1	1	1

CP = PULSA PEMICU
(CLOCK)

Tabel keadaan

PENCACAH NAIK

A	B	C	A ⁺	B ⁺	C ⁺
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	0

PENCACAH TURUN

A	B	C	A ⁺	B ⁺	C ⁺
0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	0
1	1	0	1	0	1
1	0	1	1	0	0
1	0	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0
0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0

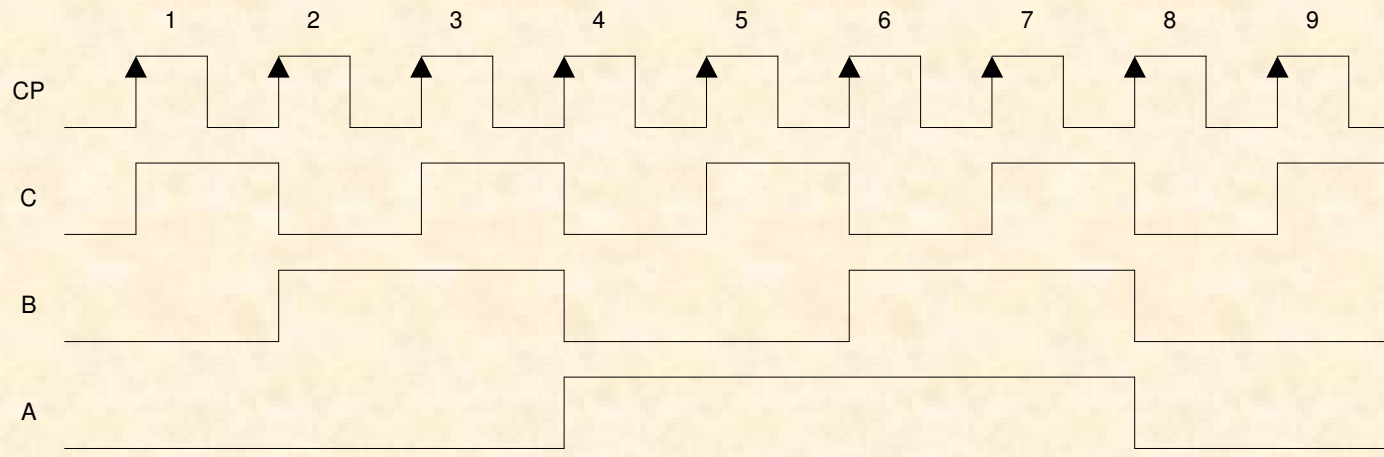


DIAGRAM WAKTU PENCACAH NAIK

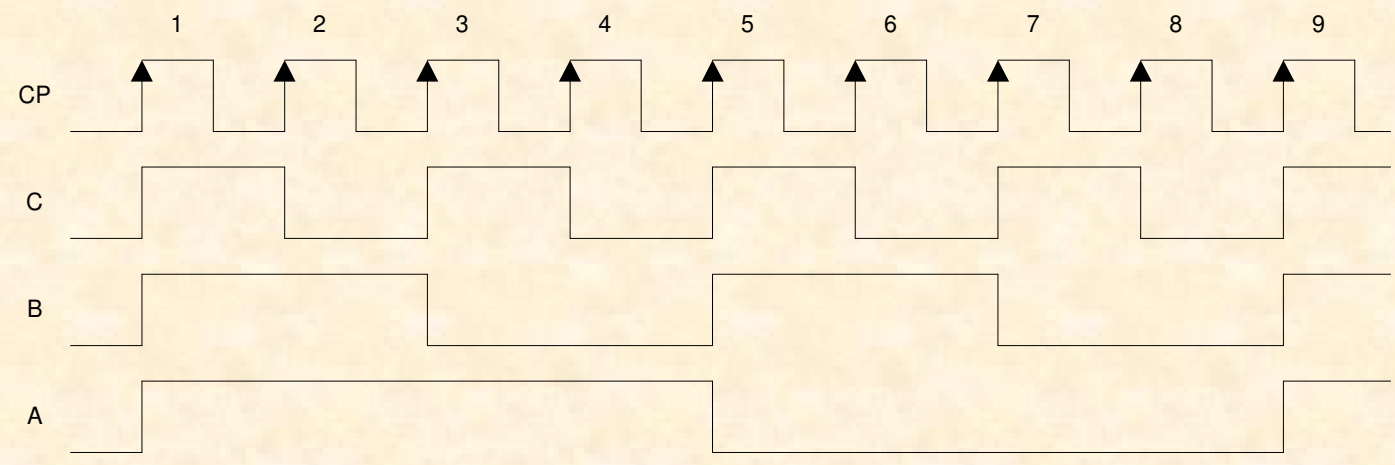
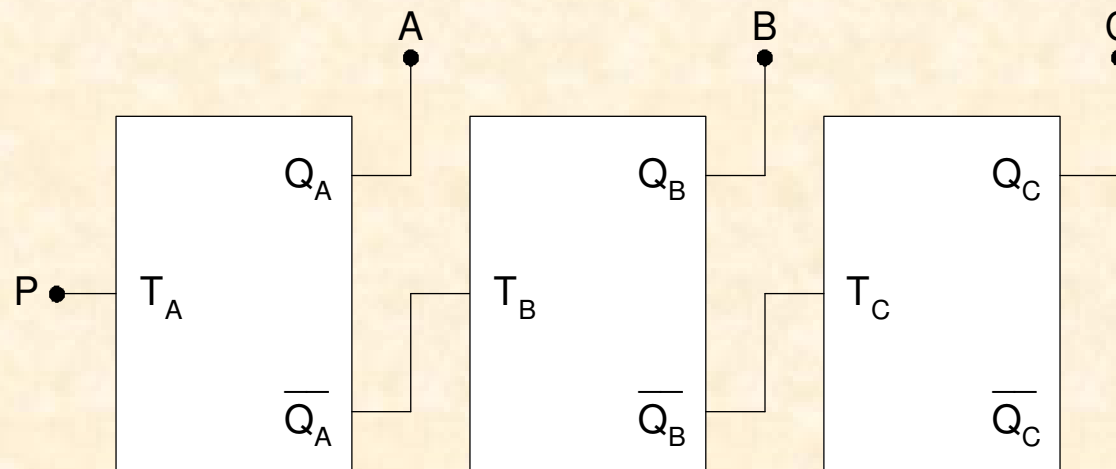


DIAGRAM WAKTU PENCACAH TURUN

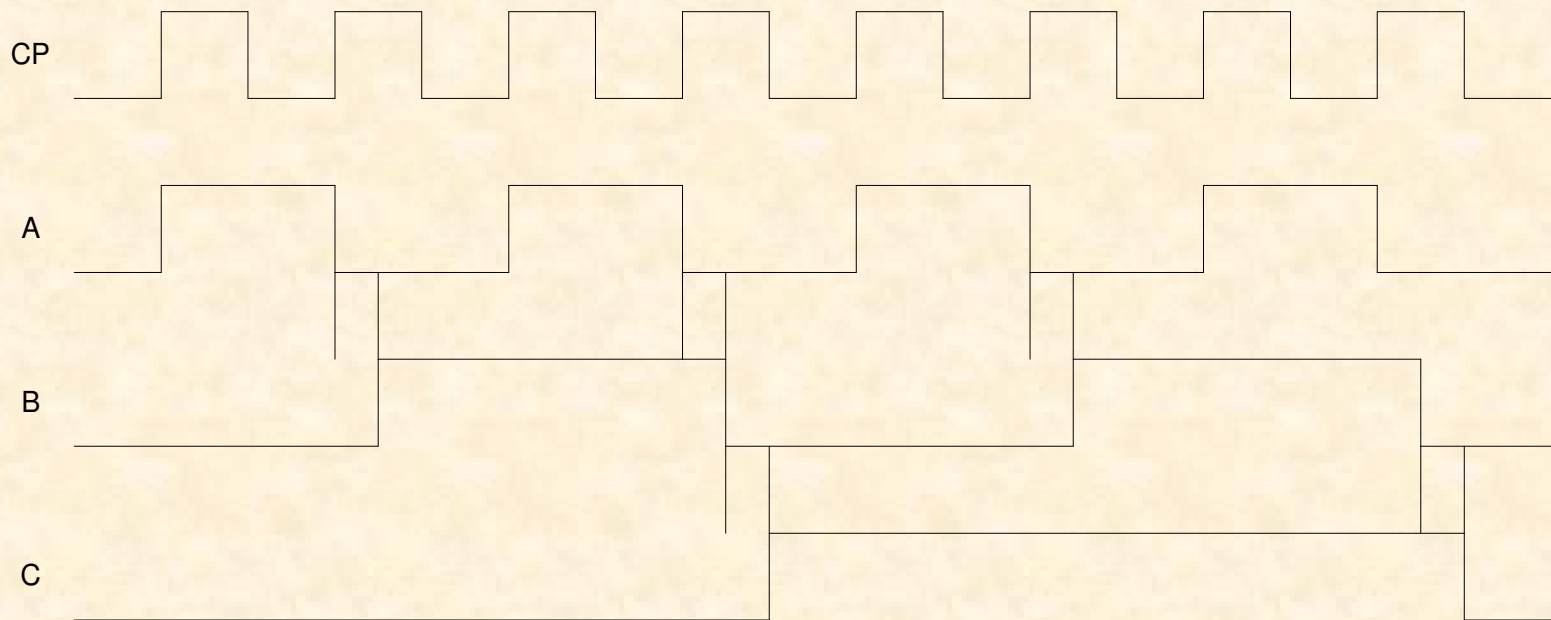
Pencacah Tak Serempak dengan flip-flop T

Flip-flop ke- n mendapat pulsa CP dari keluaran \bar{Q} flip-flop ke- $(n-1)$. Dengan demikian flip-flop ke- n akan toggle setiap kali keluaran Q_{n-1} turun.

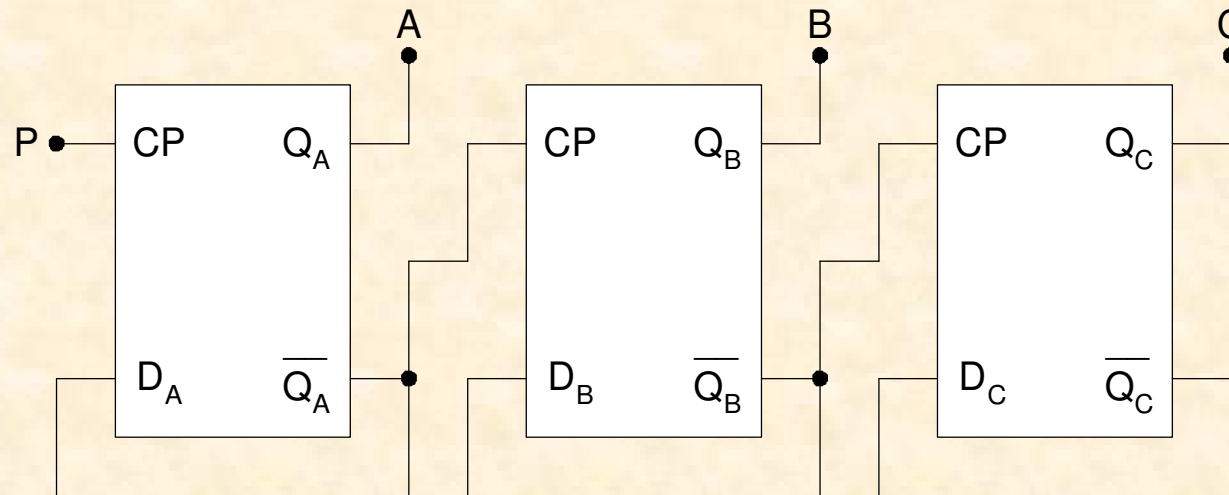


Perubahan keluaran flip-flop terjadi beruntun (tak serempak) karena pemicuan yang beruntun.

Karena flip-flop A memicu flip-flop B dan flip-flop B memicu flip-flop C (beruntun), maka perubahan keluaran akan terjadi secara beruntun pula, atau tidak serempak. Oleh karena itu ada tundaan waktu antara C dengan B dan B dengan A.



Pencacah Tak Serempak dengan Flip-flop D

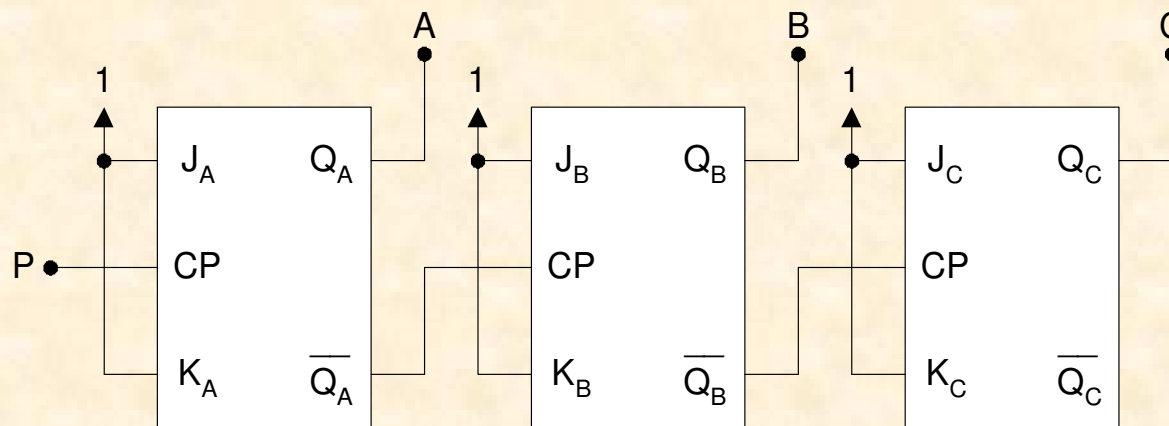


Setiap flip-flop dirangkai menjadi flip-flop T dengan menghubungkan masukan D dengan keluaran Q. Perubahan keluaran flip-flop terjadi beruntun (tak serempak) karena pemicuan yang beruntun.

Pencacah Tak Serempak dengan Flip-flop JK

Setiap flip-flop dirangkai menjadi flip-flop T dengan menghubungkan masukan J dan K ke logika-1.

Perubahan keluaran flip-flop terjadi beruntun (tak serempak) karena pemicuan yang beruntun.



Pencacah Biner dengan flipflop T

PENCACAH NAIK

A	B	C	A ⁺	B ⁺	C ⁺	T _A	T _B	T _C
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1

		AB			
		00	01	11	10
C	0				
	1		1	1	

$$T_A = BC$$

		AB			
		00	01	11	10
C	0				
	1	1	1	1	1

$$T_B = C$$

Agar pemicuan serempak maka T_A , T_B dan T_C di-AND-kan dengan penabuh (*clock*) sehingga :

$$T_A = P.B.C, T_B = P.C \text{ dan } T_C = P$$

PENCACAH TURUN

A	B	C	A ⁺	B ⁺	C ⁺	T _A	T _B	T _C
1	1	1	1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	0	0	1
0	1	0	0	0	1	0	1	1
0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1

		AB			
		00	01	11	10
C	0	1			1
	1				

$$T_A = \overline{B} \cdot \overline{C}$$

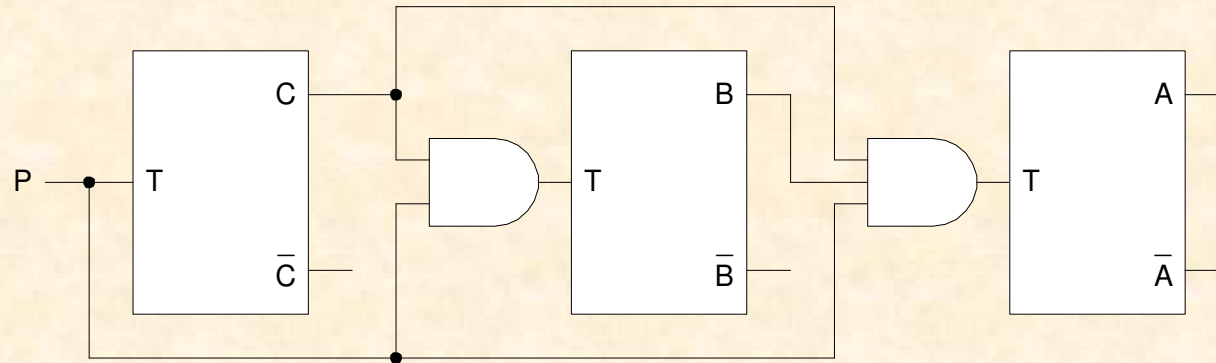
		AB			
		00	01	11	10
C	0	1	1	1	1
	1				

$$T_B = \overline{C}$$

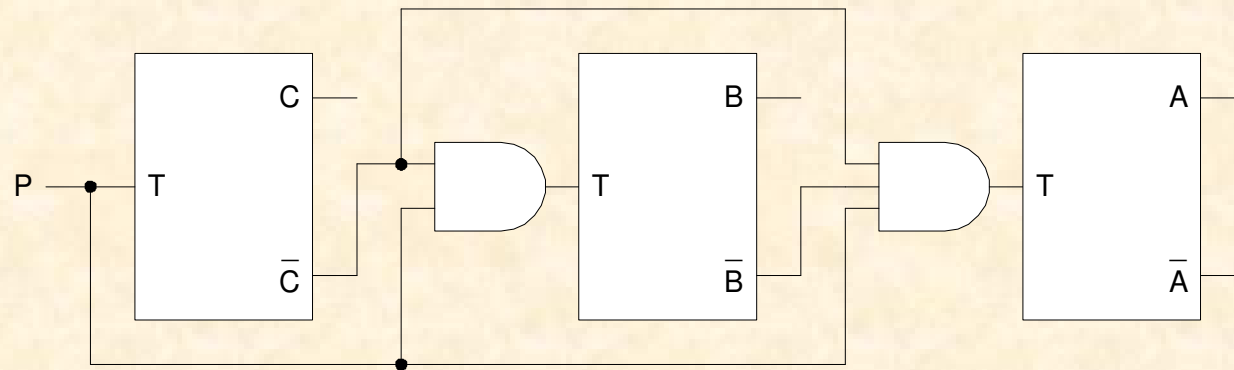
Agar pemicuan terjadi serempak maka T_A, T_B dan T_C di-AND-kan dengan penabuh (*clock*) sehingga :

$$T_A = P \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \quad T_B = P \cdot \overline{C} \quad \text{dan} \quad T_C = P$$

RANGKAIAN PENCACAH NAIK



RANGKAIAN PENCACAH TURUN



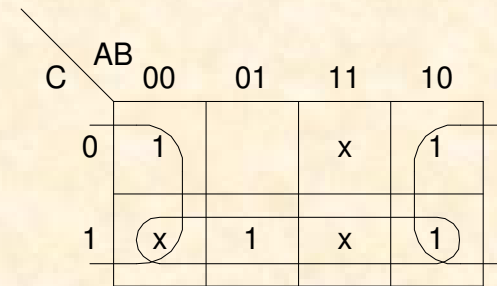
Pencacah Tak Berurutan dengan Flip-flop T

Urutan pencacahan :

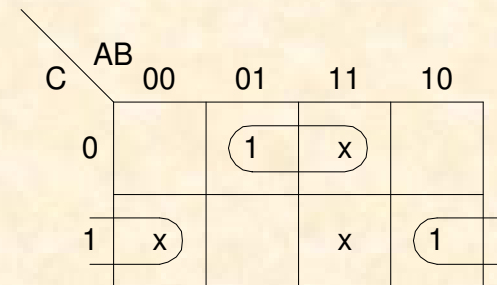
000, 011, 010, 100, 101, 000,...

Urutan pencacahan dapat diatur dengan menentukan masukan flip-flop berdasarkan urutan pencacahan yang diinginkan.

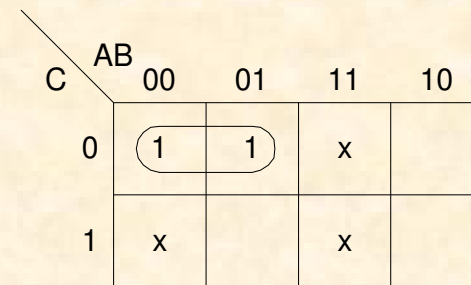
A	B	C	A ⁺	B ⁺	C ⁺	T _A	T _B	T _C
0	0	0	0	1	1	0	1	1
0	0	1	-	-	-	x	x	x
0	1	0	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	0	1	0	1
1	1	0	-	-	-	x	x	x
1	1	1	-	-	-	x	x	x



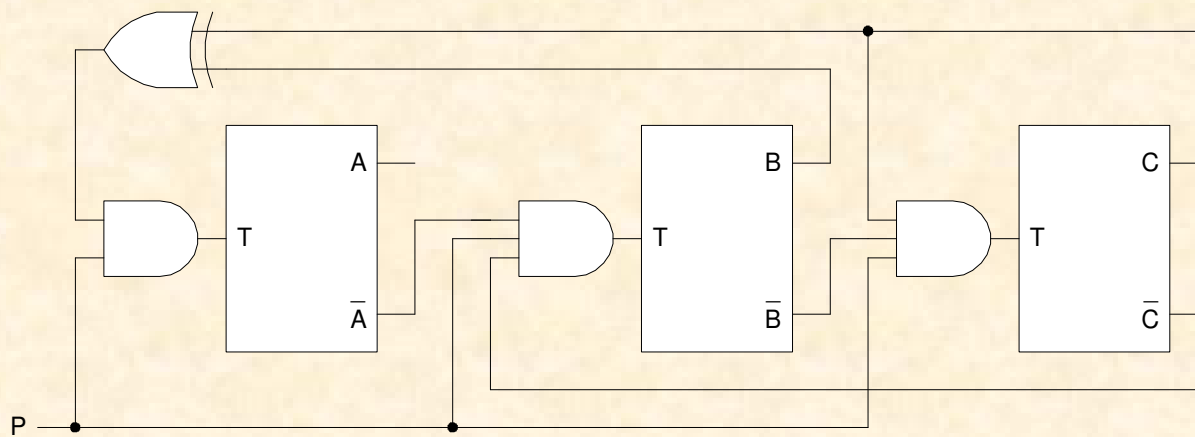
$$T_C = \bar{B} + C$$



$$T_A = \bar{B}C + B\bar{C}$$



$$T_B = \bar{A}\bar{C}$$



RANGKAIAN PENCAKAH TAK BERURUTAN DENGAN FLIP-FLOP T

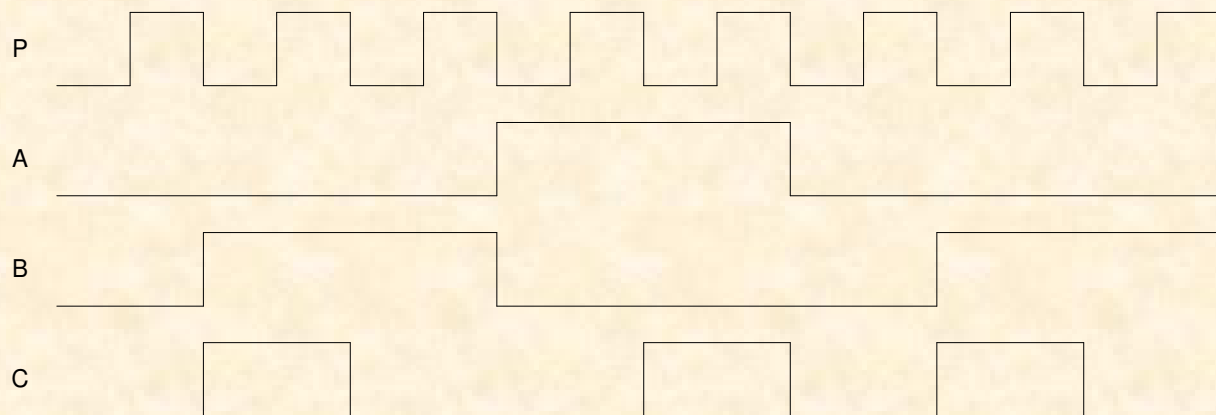
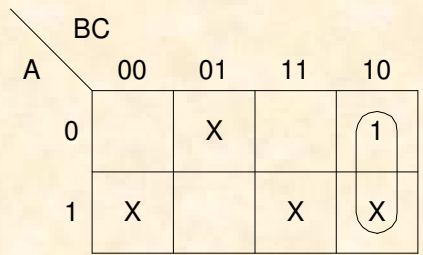


DIAGRAM WAKTU

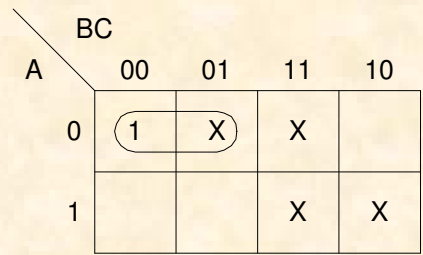
Pencacah Tak Berurutan dengan Flip-flop RS

Urutan cacahan :
000, 011, 010, 100, 101, 000

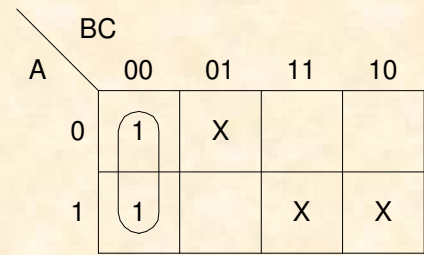
A	B	C	A ⁺	B ⁺	C ⁺	S _A	R _A	S _B	R _B	S _C	R _C
0	0	0	0	1	1	0	x	1	0	1	0
0	0	1	-	-	-	x	x	x	x	x	x
0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	x
0	1	1	0	1	0	0	x	x	0	0	1
1	0	0	1	0	1	x	0	0	x	1	0
1	0	1	0	0	0	0	1	0	x	0	1
1	1	0	-	-	-	x	x	x	x	x	x
1	1	1	-	-	-	x	x	x	x	x	x



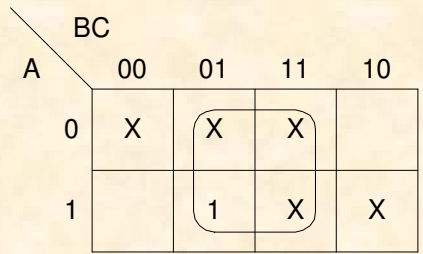
$$S_A = BC\bar{}$$



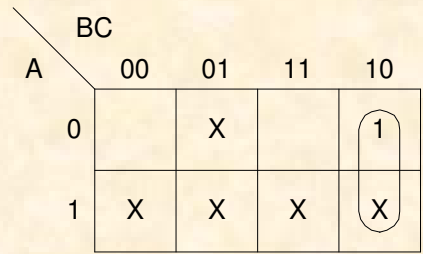
$$S_B = \bar{A}\bar{B}$$



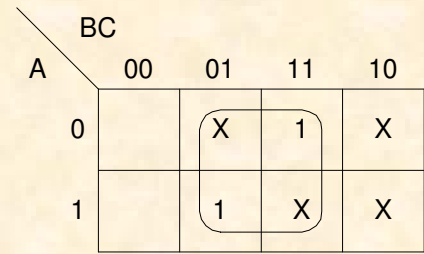
$$S_C = \bar{B}\bar{C}$$



$$R_A = C$$

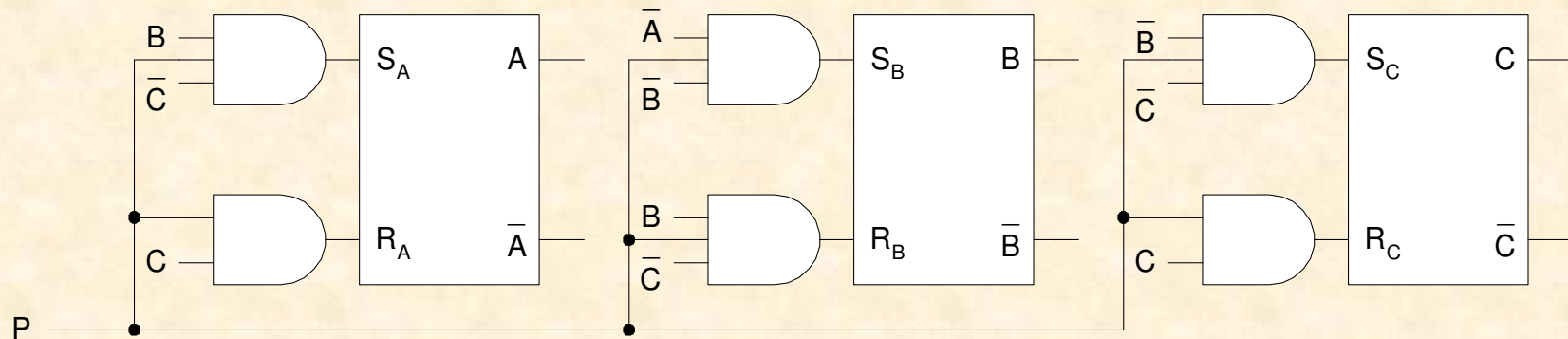


$$R_B = \bar{B}\bar{C}$$



$$R_C = C$$

Rangkaian Pencacah Tak Berurutan dengan Flip-flop RS



Pencacah Tak Berurutan dengan Flip-flop JK

Mencacah dengan urutan : 000, 011, 010, 100, 101, 000,

Q	Q ⁺	J	K	A	B	C	A ⁺	B ⁺	C ⁺	J _A	K _A	J _B	K _B	J _C	K _C
0	0	0	x	0	0	0	0	1	1	0	x	1	x	1	x
0	1	1	x	0	0	1	-	-	-	x	x	x	x	x	x
1	0	x	1	0	1	0	1	0	0	1	x	x	1	0	x
1	1	x	0	0	1	1	0	1	0	0	x	x	0	x	1
				1	0	0	1	0	1	x	0	0	x	1	x
				1	0	1	0	0	0	x	1	0	x	x	1
				1	1	0	-	-	-	x	x	x	x	x	x
				1	1	1	-	-	-	x	x	x	x	x	x

A	BC	0	1
00			X
01		X	
11			X
10		1	X

$$J_A = B \cdot \bar{C}$$

A	BC	0	1
00		X	
01		X	1
11		X	X
10		X	X

$$K_A = C$$

A	BC	0	1
00		1	
01		X	
11		X	X
10		X	X

$$J_B = \bar{A}$$

A	BC	0	1
00		X	X
01		X	X
11			X
10		1	X

$$K_B = \bar{C}$$

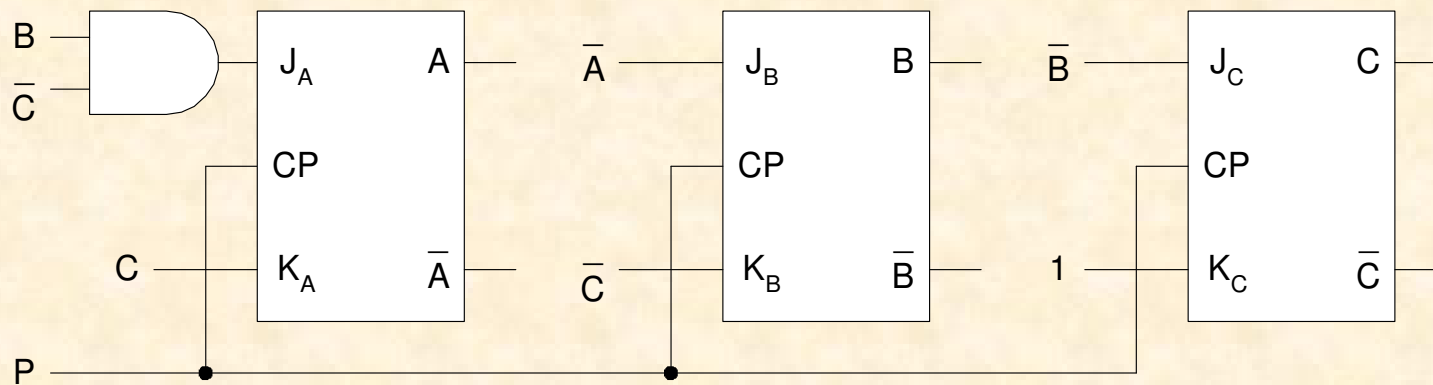
A	BC	0	1
00		1	1
01		X	X
11		X	X
10			X

$$J_C = \bar{B}$$

A	BC	0	1
00		X	X
01		X	1
11		1	X
10		X	X

$$K_C = 1$$

Rangkaian Pencacah tak berurutan dengan Flip-flop JK

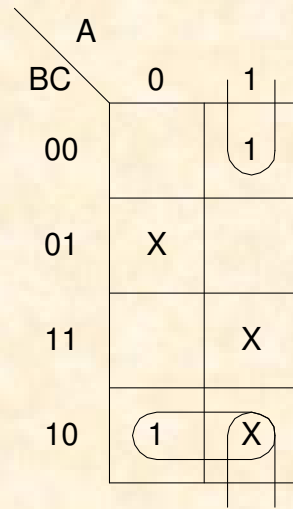


Pencacah Tak Berurutan dengan Flip-flop D

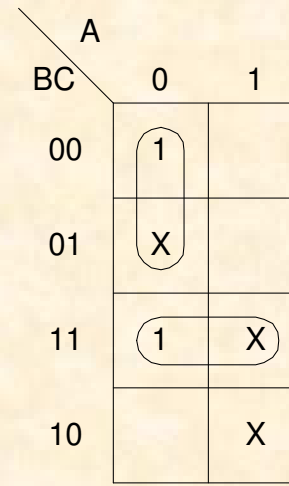
Q	Q ⁺	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

$Q^+ = D$

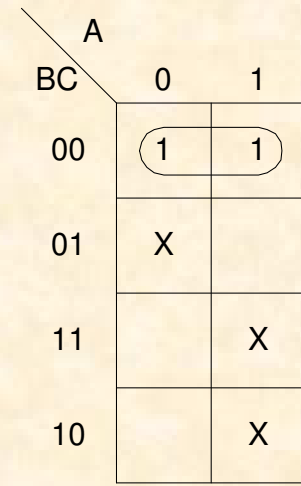
A	B	C	A ⁺	B ⁺	C ⁺	D _A	D _B	D _C
0	0	0	0	1	1	0	1	1
0	0	1	-	-	-	x	x	x
0	1	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	1	1	0	1
1	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	-	-	-	x	x	x
1	1	1	-	-	-	x	x	x



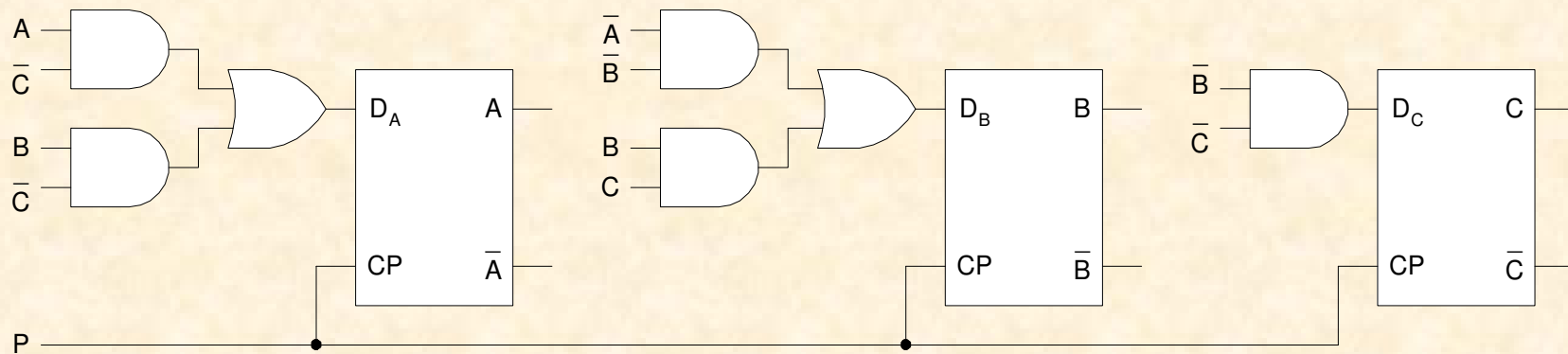
$D_A = A.\bar{C} + B.\bar{C}$



$D_B = \bar{A}.\bar{B} + B.C$



$D_C = \bar{B}.\bar{C}$



Pencacah Modulus Tak Serempak

Pencacah modulus adalah pencacah yang hanya mampu mencacah sampai nilai tertentu. Pencacah mod-n adalah pencacah yang mampu mencacah hingga n-1.

Contoh : Pencacah Mod-5 adalah pencacah yang mencacah dengan urutan : 000, 001, 010, 011, 100, 000, 001, 010, ...

MODULUS-3

CP	B	A
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	0	0

MODULUS-5

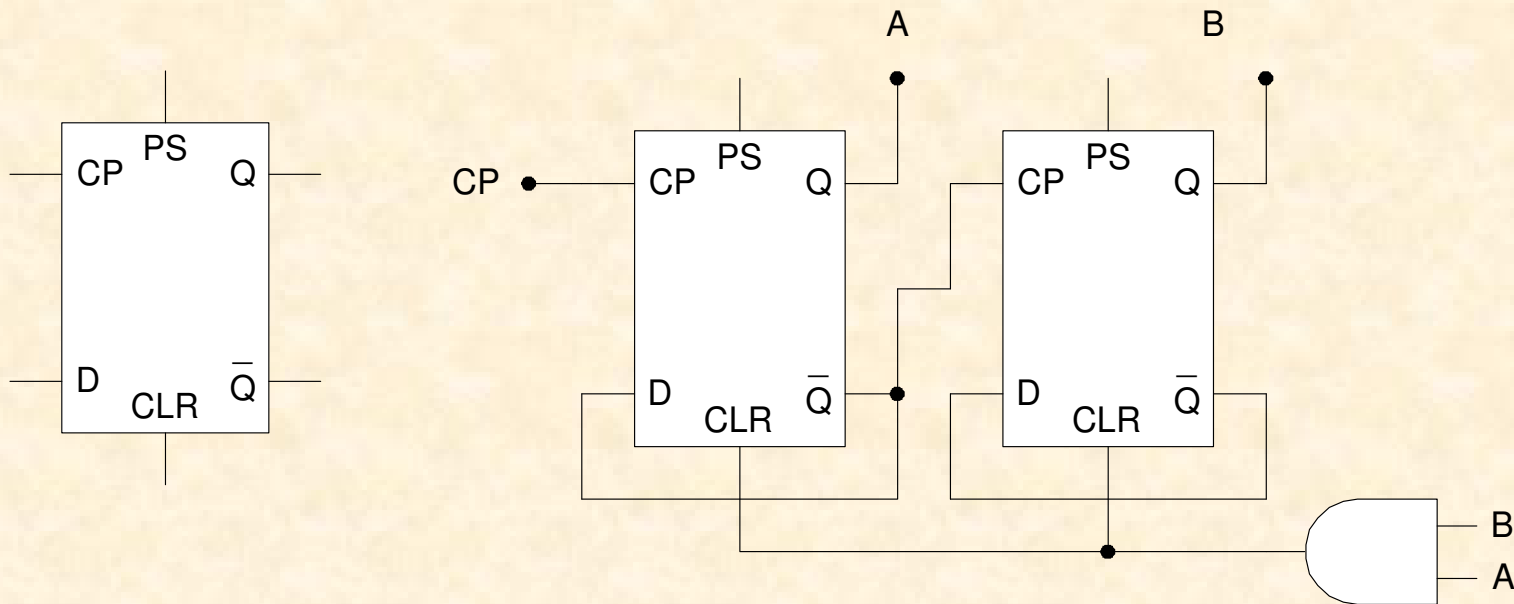
CP	C	B	A
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	0	0	0

MODULUS-6

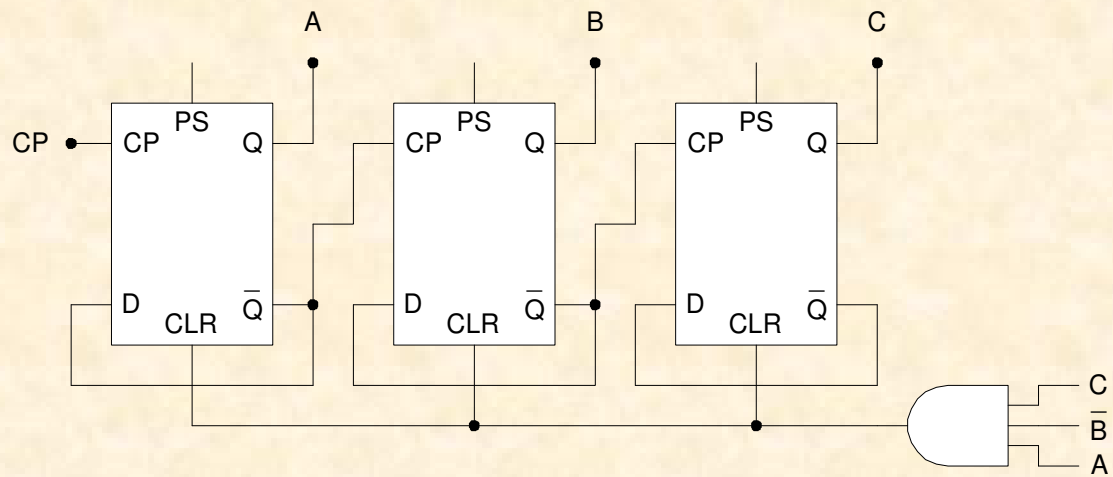
CP	C	B	A
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	0	0	0

Flip-flop umumnya dilengkapi dengan masukan PS (preset) untuk men-set dan CLR (clear) untuk me-resetnya.

Pencacah mod-n adalah pencacah yang reset pada cacahan ke-n. Untuk itu masukan CLR dari semua flip-flop harus mendapat logika-1 pada cacahan ke-n. Ini bisa dilakukan dengan meng-AND-kan keluaran-keluaran yang bersangkutan dari flip-flop dan menghubungkan keluaran gerbang AND ke masukan CLR dari semua flip-flop.



PENCACAH MODULUS-3



PENCACAH MODULUS-5

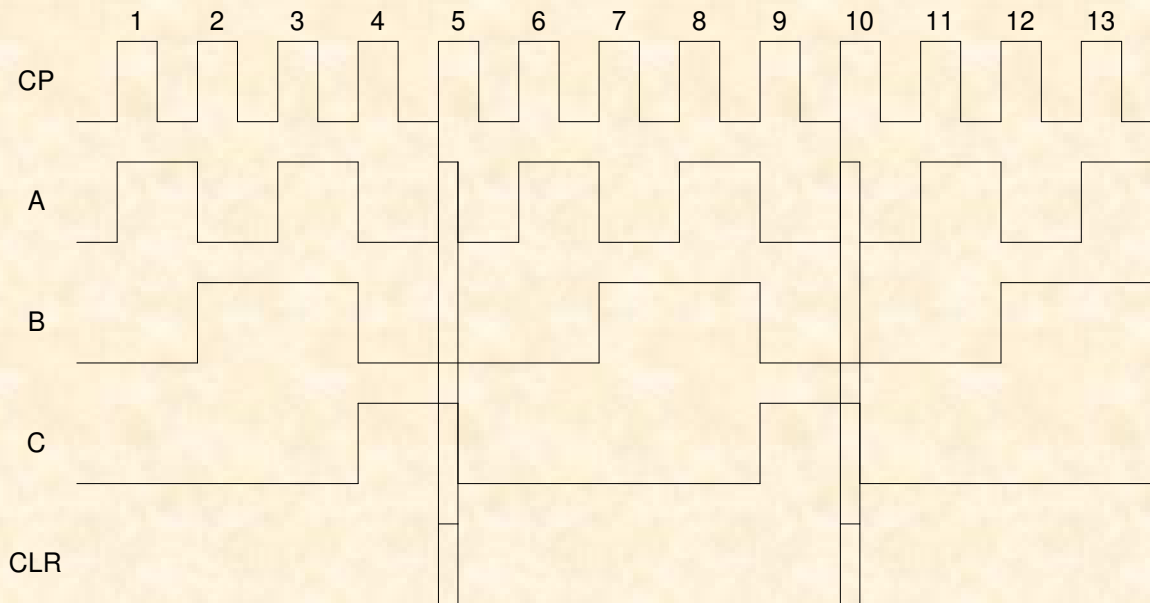
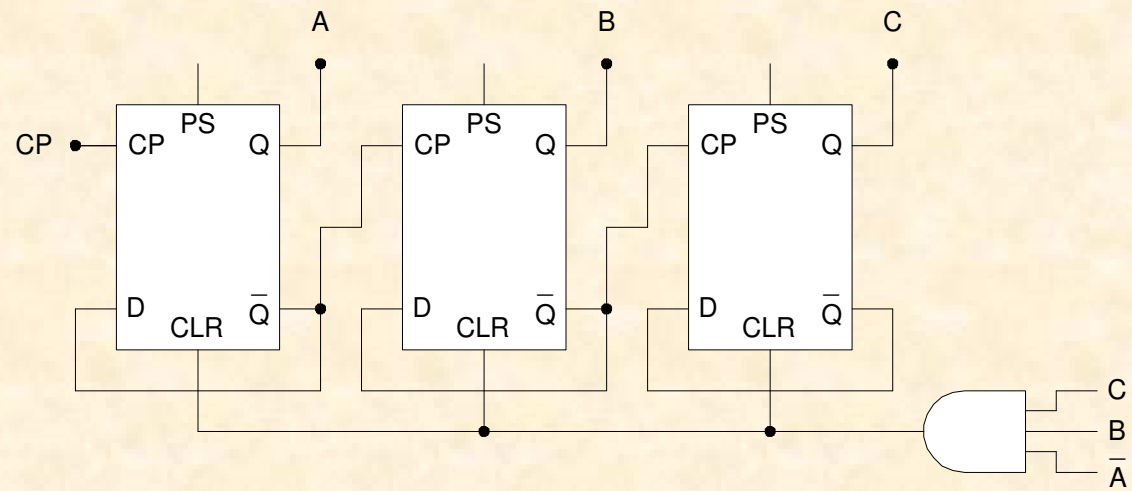


DIAGRAM WAKTU PENCACAH MODULUS-5



PENCACAH MODULUS-6

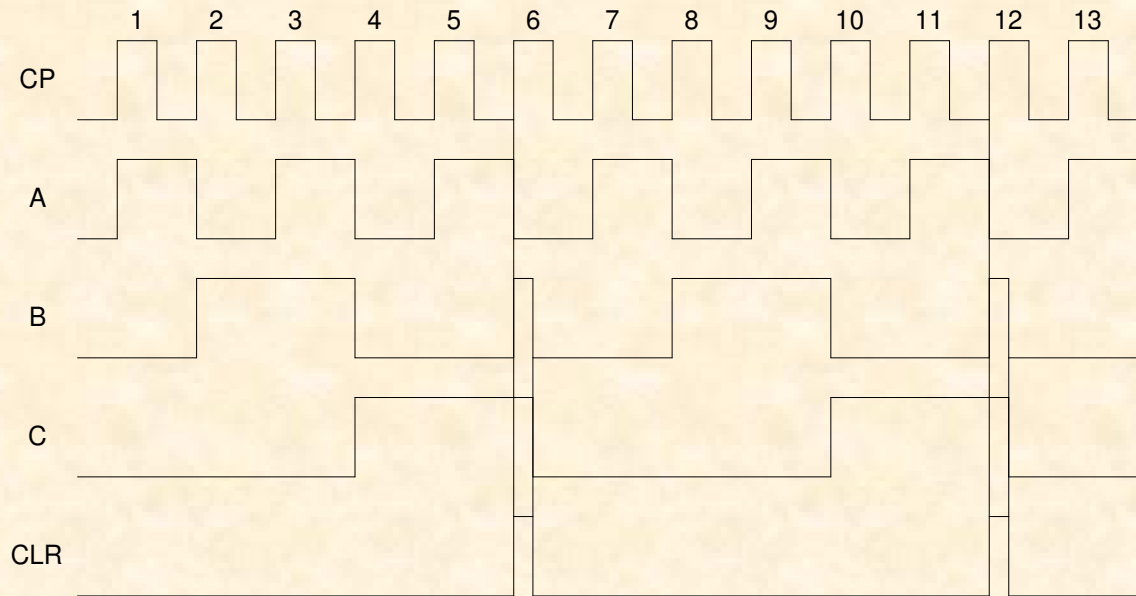


DIAGRAM WAKTU PENCACAH MODULUS-6

Pencacah Modulus Serempak

Pencacah modulus serempak dapat dirancang dengan menentukan nilai masukan flip-flop untuk mendapatkan nilai selanjutnya yang diinginkan, seperti halnya dengan pencacah tak berurutan. Bedanya ialah, dalam hal ini keluaran harus kembali ke nol pada cacahan ke-n.

MODULUS-3

B	A	B ⁺	A ⁺
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	1	x	x

MODULUS-5

C	B	A	C ⁺	B ⁺	A ⁺
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	x	x	x
1	1	0	x	x	x
1	1	1	x	x	x

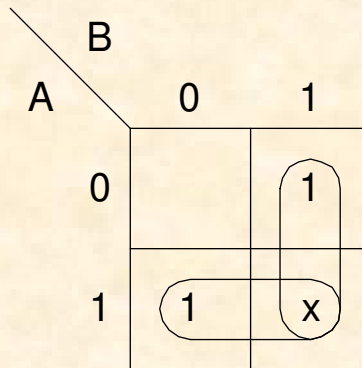
MODULUS-6

C	B	A	C ⁺	B ⁺	A ⁺
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	0
1	1	0	x	x	x
1	1	1	x	x	x

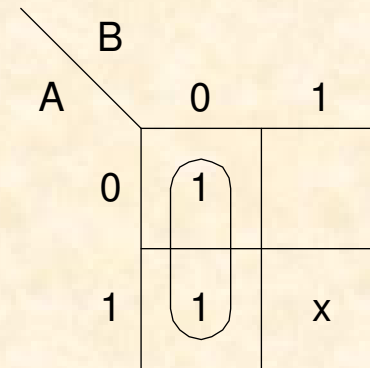
Pencacah Serempak Modulus-3

MODULUS-3

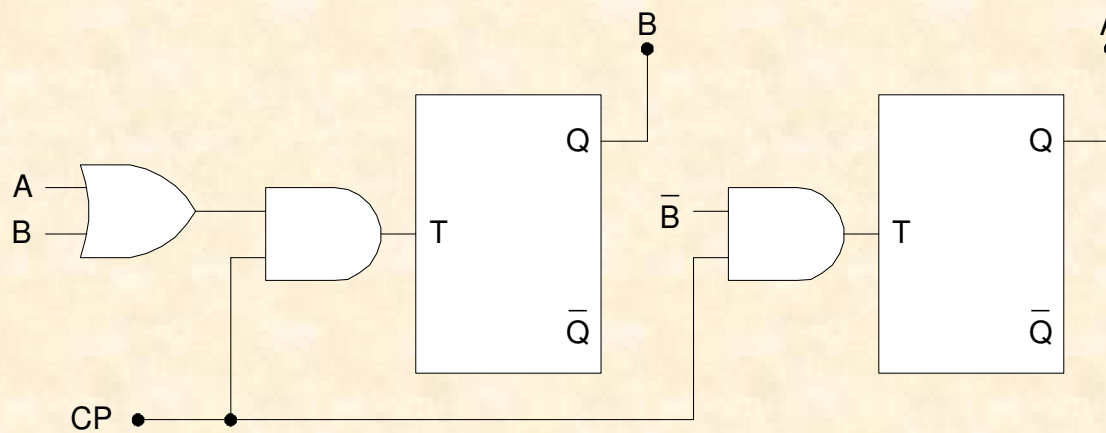
B	A	B ⁺	A ⁺	T _B	T _A
0	0	0	1	0	1
0	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0
1	1	x	x	x	x



$$T_B = A + B$$



$$T_A = \bar{B}$$

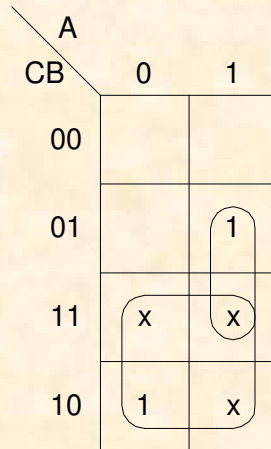


Agar serempak maka T_A dan T_B di-AND-kan dengan CP

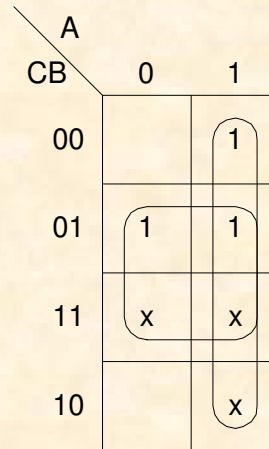
Pencacah Serempak Modulus-5

MODULUS-5

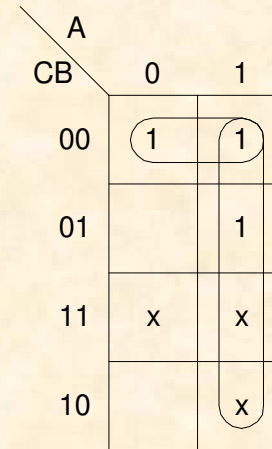
C	B	A	C ⁺	B ⁺	A ⁺	T _C	T _B	T _A
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	1	x	x	x	x	x	x
1	1	0	x	x	x	x	x	x
1	1	1	x	x	x	x	x	x



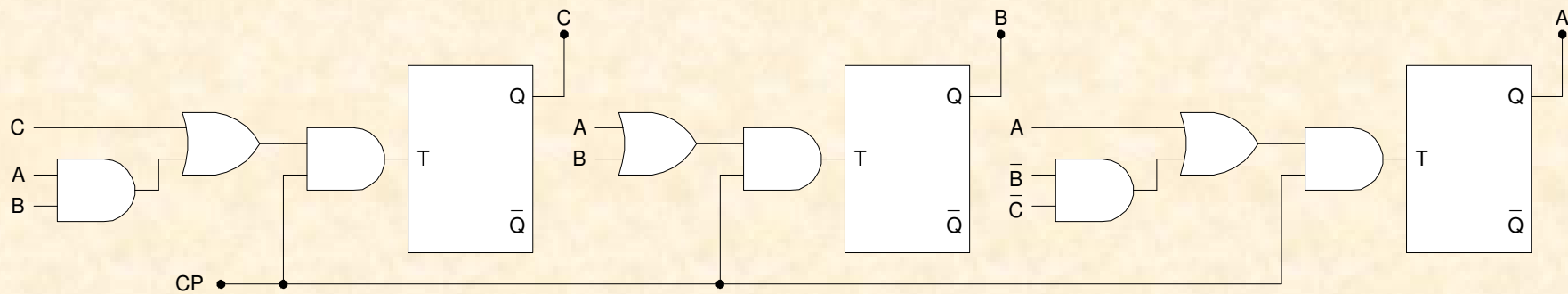
$$T_C = C + AB$$



$$T_B = A + B$$



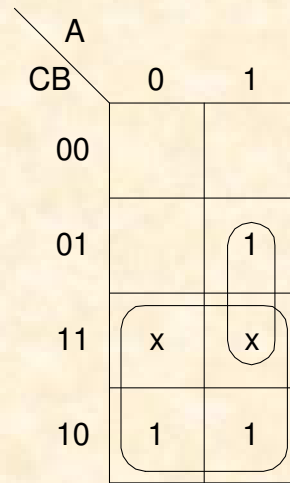
$$T_A = A + \overline{B}\overline{C}$$



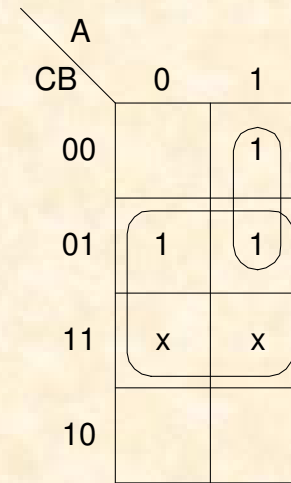
Pencacah Serempak Modulus-6

MODULUS-6

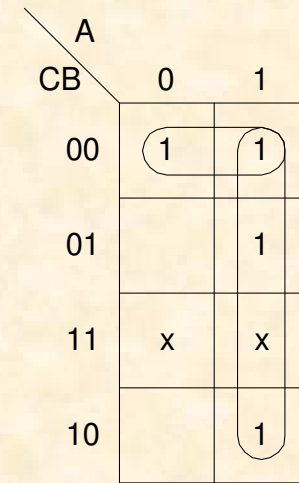
C	B	A	C ⁺	B ⁺	A ⁺	T _C	T _B	T _A
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	1	0	0
1	0	1	0	0	0	1	0	1
1	1	0	x	x	x	x	x	x
1	1	1	x	x	x	x	x	x



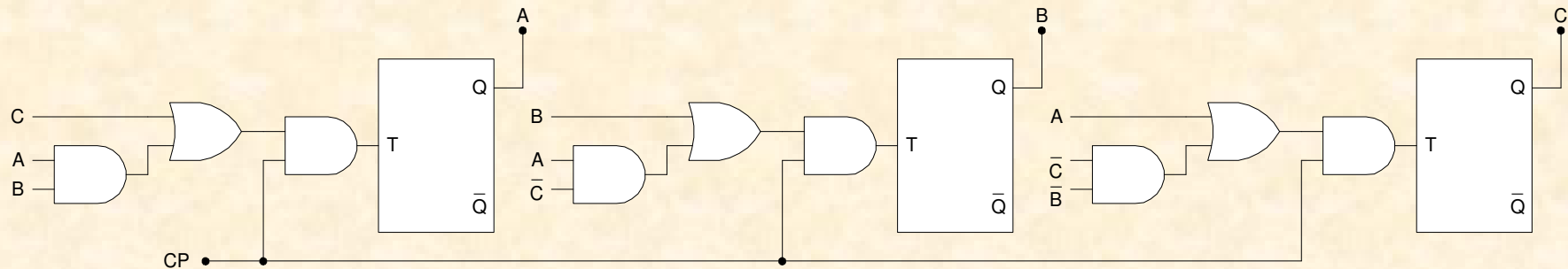
$$T_A = C + AB$$



$$T_B = B + AC$$



$$T_C = A + \bar{C}\bar{B}$$



Pencacah BCD

Salah satu format keluaran yang sering digunakan adalah format BCD (Binary Coded Decimal). Disini keluaran desimal dari pencacah ditampilkan dalam format biner. Tetapi karena merupakan bilangan desimal maka nilai keluaran berkisar dari 0000_2 hingga 1001_2 .

Pencacah ini sebenarnya adalah pencacah modulus-10.

PENCACAH BCD

D	C	B	A	D ⁺	C ⁺	B ⁺	A ⁺
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0

PENCACAH BCD

D	C	B	A	D ⁺	C ⁺	B ⁺	A ⁺	T _D	T _C	T _B	T _A
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x
1	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x
1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x
1	1	0	1	x	x	x	x	x	x	x	x
1	1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x
1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x

BA \ DC	00	01	11	10
00				
01			1	
11	x	x	x	x
10		1	x	x

$$T_D = AD + ABC$$

BA \ DC	00	01	11	10
00			1	
01			1	
11	x	x	x	x
10			x	x

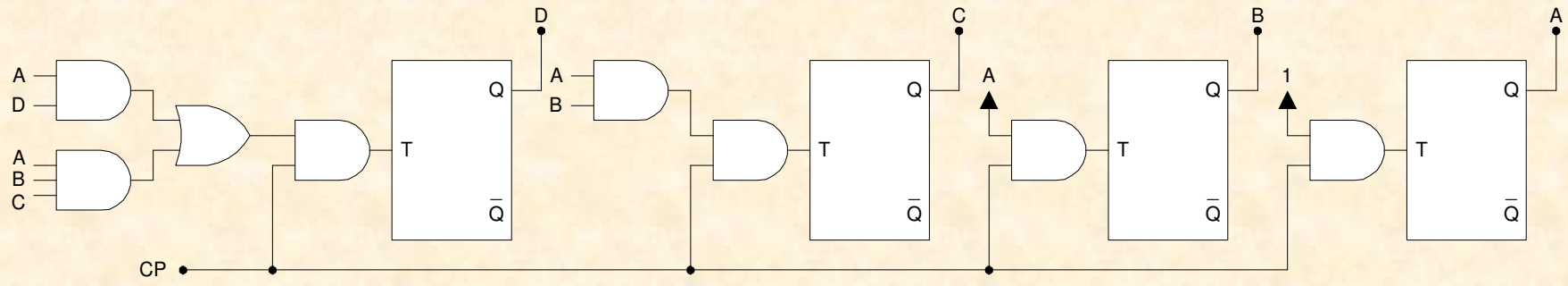
$$T_C = AB$$

BA \ DC	00	01	11	10
00		1	1	
01		1	1	
11	x	x	x	x
10		1	x	x

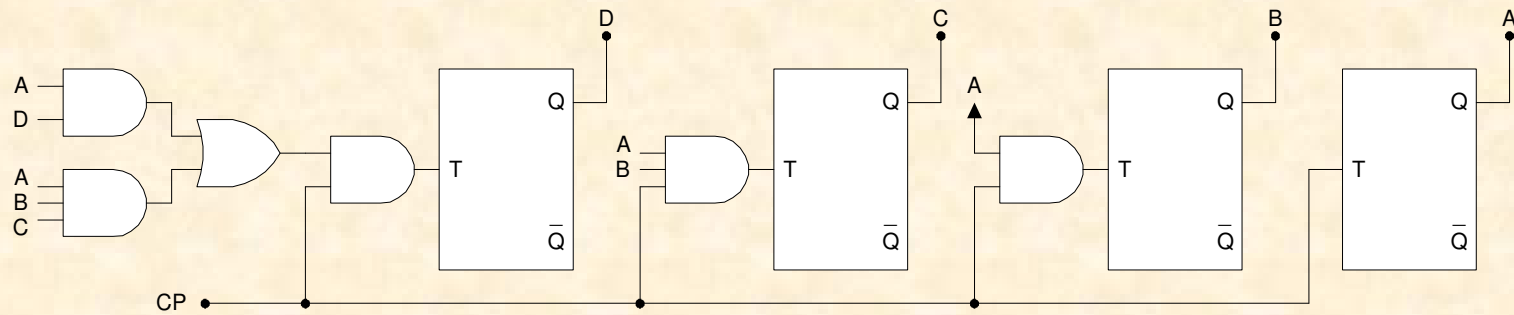
$$T_B = A$$

BA \ DC	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	1	1	1	1
11	x	x	x	x
10	1	1	x	x

$$T_A = 1$$



RANGKAIAN PENCACAH BCD SINKRON DENGAN FLIP-FLOP T



RANGKAIAN PENCACAH BCD YANG DISEDERHANAKAN

	BA			
DC	00	01	11	10
00				
01			1	
11	x	x	x	x
10	x	x	x	x

$$J_D = ABC$$

	BA			
DC	00	01	11	10
00			1	
01	x	x	x	x
11	x	x	x	x
10			x	x

$$J_C = AB$$

	BA			
DC	00	01	11	10
00		1	x	x
01		1	x	x
11	x	x	x	x
10			x	x

$$J_B = A\bar{D}$$

$$J_A = 1$$

	BA			
DC	00	01	11	10
00	x	x	x	x
01	x	x	x	x
11				
10		1		

$$K_D = A\bar{B}\bar{C}$$

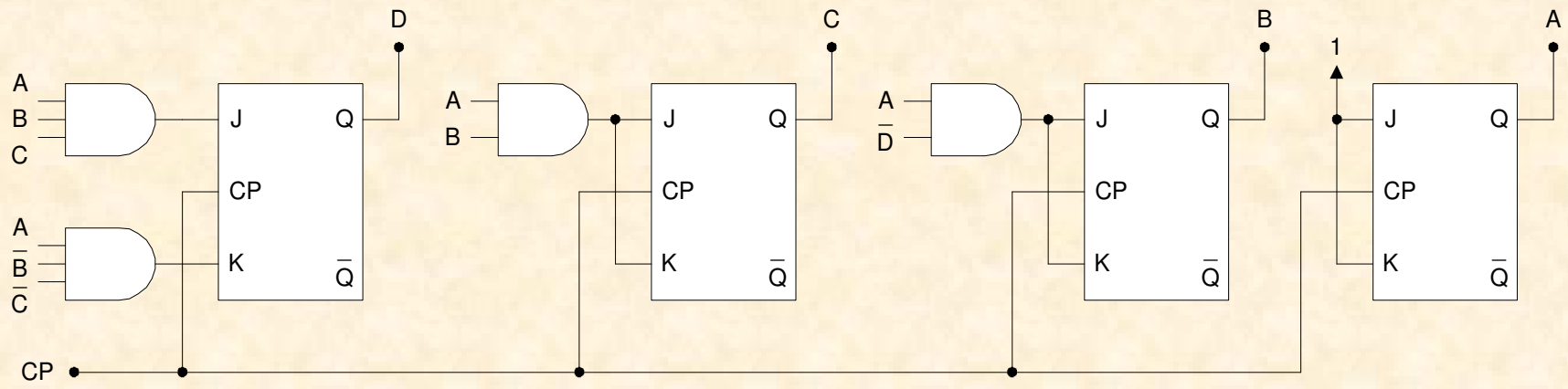
	BA			
DC	00	01	11	10
00	x	x	x	x
01			1	
11	x	x	x	x
10	x	x	x	x

$$K_C = AB$$

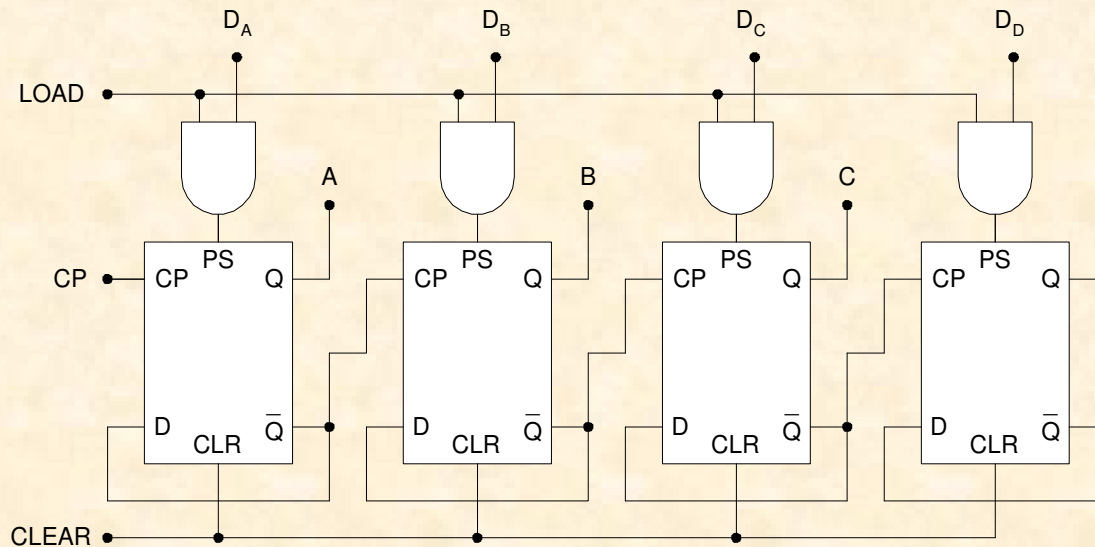
	BA			
DC	00	01	11	10
00	x	x	1	
01	x	x	1	
11	x	x	x	x
10	x	x	x	x

$$K_B = A\bar{D}$$

$$K_A = 1$$



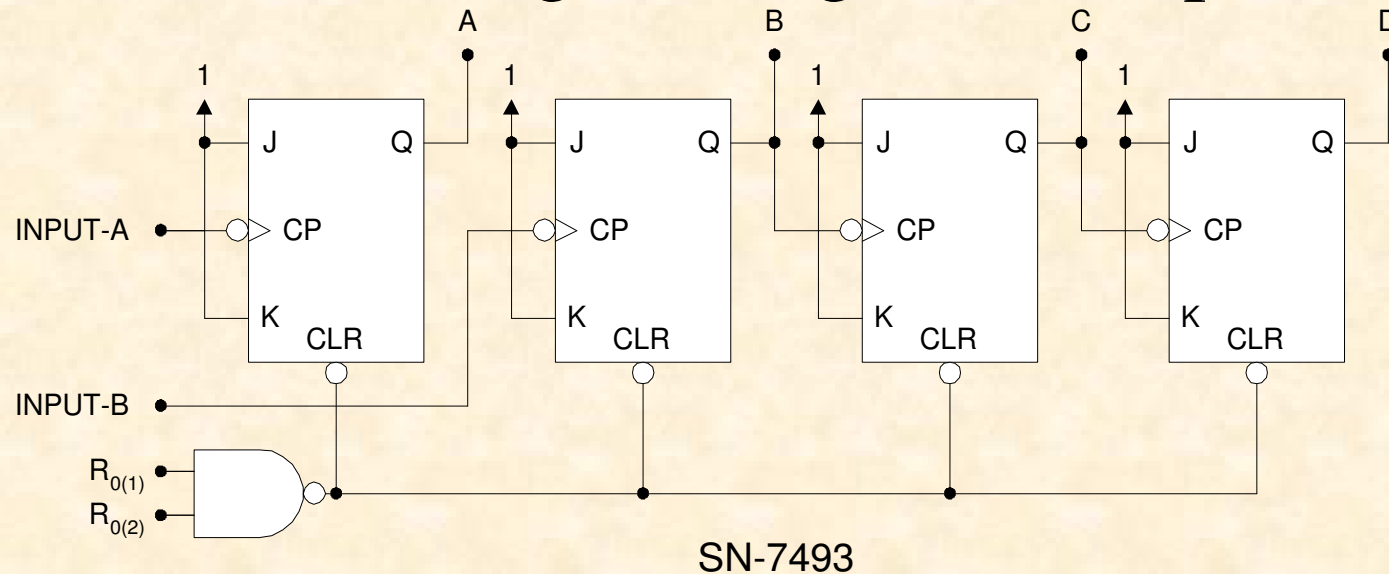
Programmable Counter



PROGRAMMABLE ASYNCHRONOUS COUNTER

Pencacah ini dapat diberi data awal (*preset data*) sebelum pencacahan dimulai. Jenis pencacah bisa serempak atau tak serempak. Arah cacahan bisa naik atau turun. Data awal diperoleh dari masukan PS yang akan bernilai tinggi jika data tinggi dan masukan LOAD tinggi.

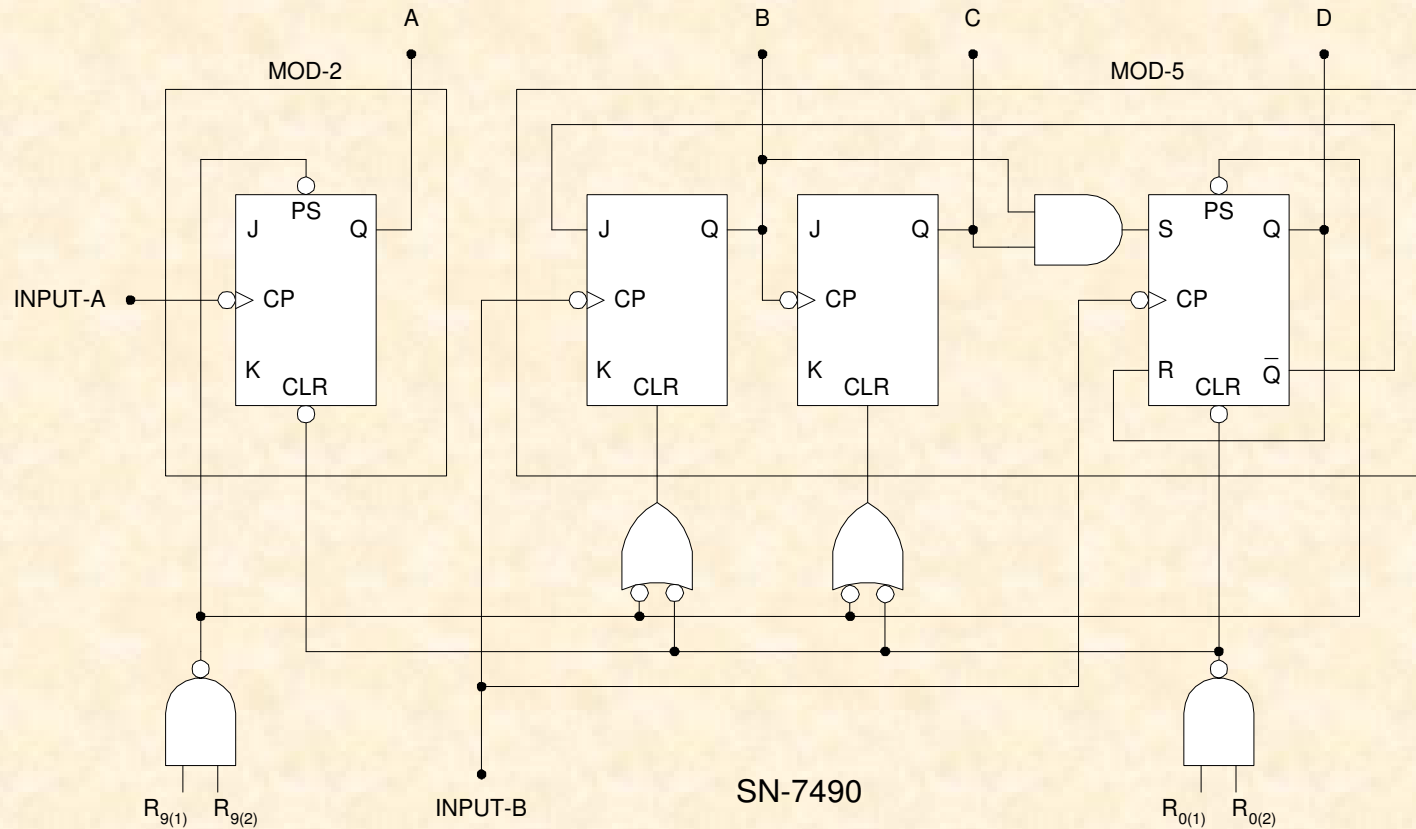
Pencacah dengan Rangkaian Terpadu



Pencacah ini terdiri dari dua bagian, yaitu flip-flop A dan flip-flop B, C dan D. Jika CLOCK-B dihubungkan ke keluaran flip-flop A maka diperoleh pencacah biner 4-bit.

Seluruh flip-flop (pencacah) akan di-reset jika masukan $R_{0(1)}$ dan $R_{0(2)}$ keduanya tinggi.

Perhatikan bahwa masukan CP dan CLR adalah aktif rendah (*active low*).



Pencacah ini terdiri dari dua bagian, yaitu Mod-2 dan Mod-5. Jika keluaran A dihubungkan dengan INPUT-B maka pencacah menjadi pencacah BCD. Jika $R_{0(1)}$ dan $R_{0(2)}$ tinggi maka pencacah akan reset. Tetapi jika $R_{9(1)}$ dan $R_{9(2)}$ tinggi maka pencacah akan di-preset dengan nilai 9.