

FLIP-FLOP I

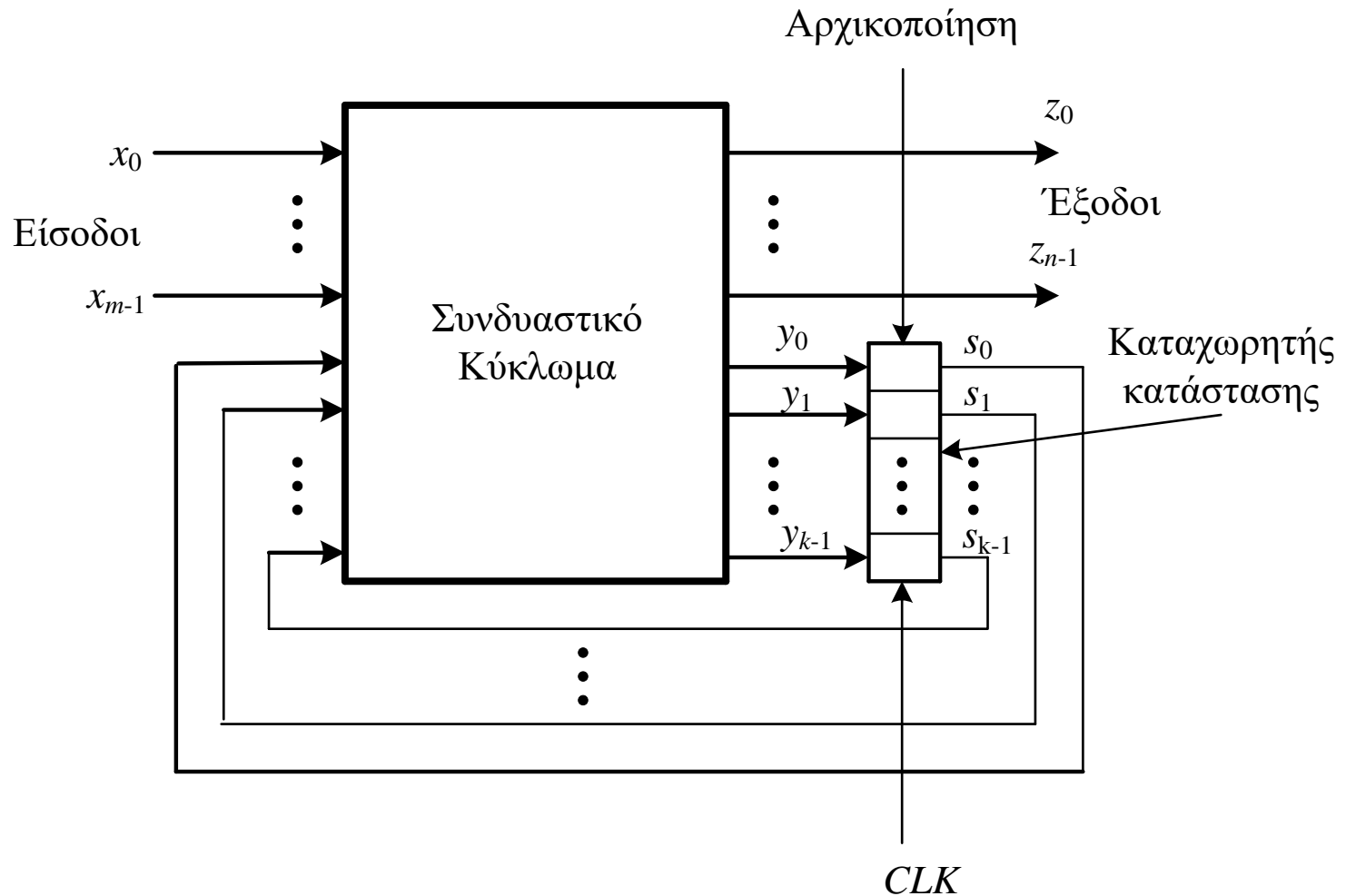
Ακολουθιακά κυκλώματα

Τα ψηφιακά κυκλώματα διακρίνονται σε συνδυαστικά και ακολουθιακά. Οι τιμές των εξόδων των συνδυαστικών (*combinational*) κυκλωμάτων εξαρτώνται μόνο από τις τιμές των εισόδων τους την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

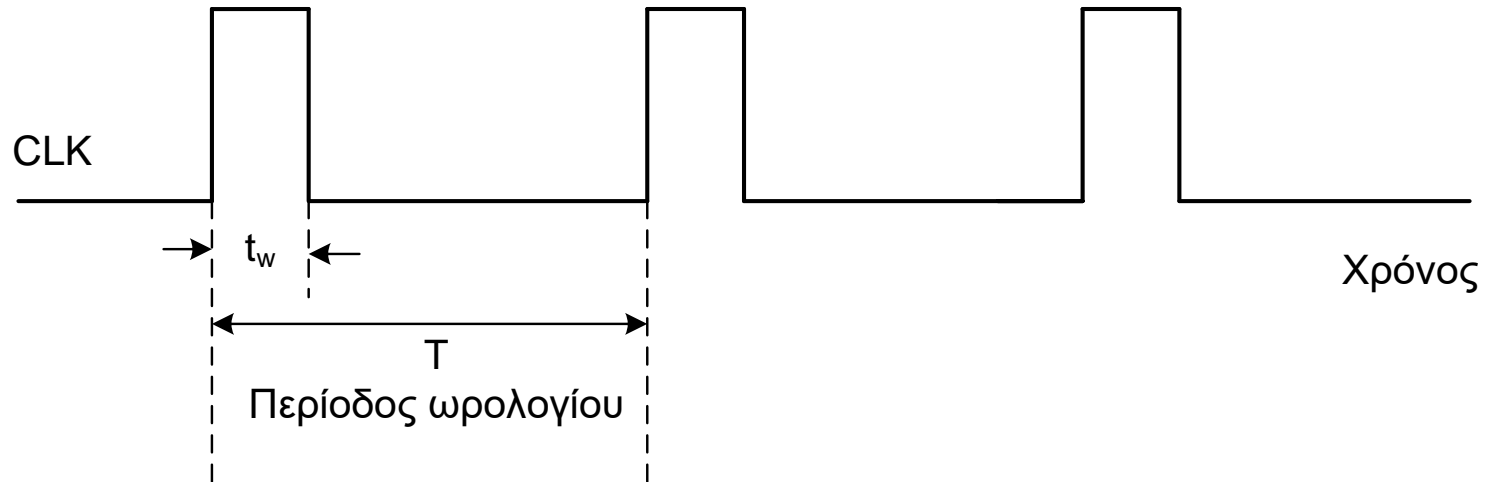
Οι τιμές των εξόδων των **ακολουθιακών** (*sequential*) κυκλωμάτων δεν εξαρτώνται μόνο από τις παρούσες τιμές των εισόδων, αλλά και από τις τιμές τους σε προηγούμενες χρονικές στιγμές.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες ακολουθιακών κυκλωμάτων, τα **σύγχρονα** και τα **ασύγχρονα**.

Δομή σύγχρονου ακολουθιακού κυκλώματος



Σήμα ωρολογίου



Τα βασικά χαρακτηριστικά του σήματος ωρολογίου σαν συνάρτηση του χρόνου, είναι η *περίοδος*, T και το *εύρος των παλμών*, t_w . Η περίοδος του σήματος ωρολογίου ονομάζεται και *κύκλος ωρολογίου*.

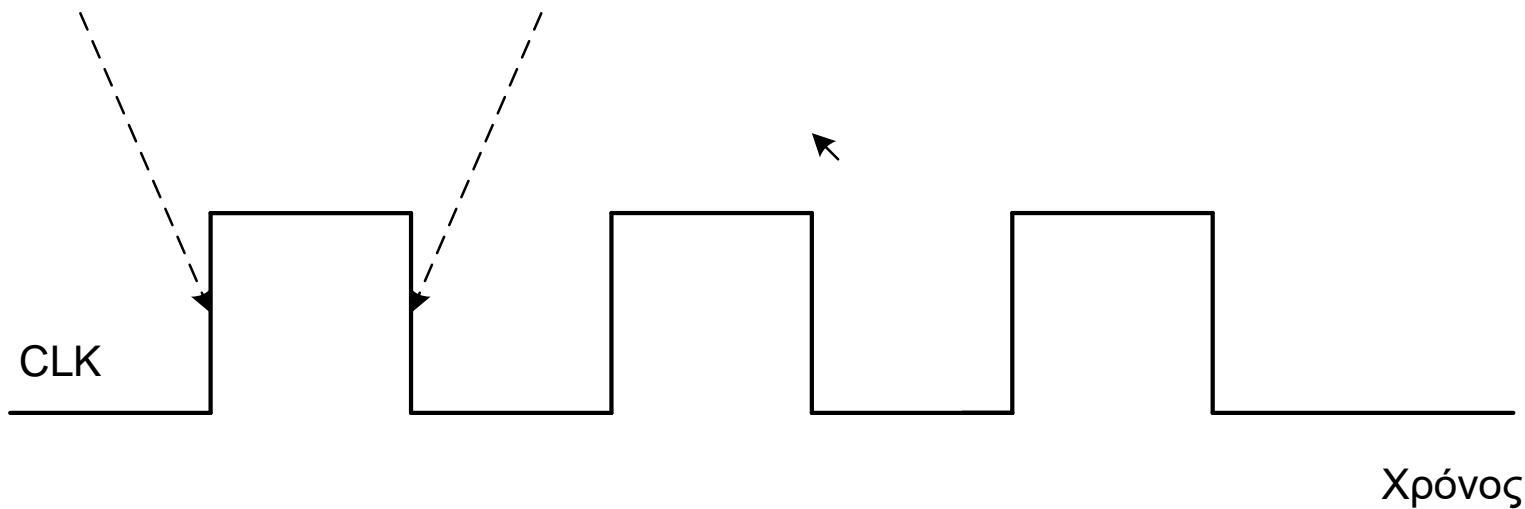
Η **συχνότητα** του σήματος ωρολογίου είναι $f=1/T$.

Το πηλίκο t_w/T ονομάζεται ***duty cycle***.

Σήμα ωρολογίου

Θετική ακμή του
σήματος ωρολογίου

Αρνητική ακμή του
σήματος ωρολογίου



Υποπολλαπλάσια του second (sec)

$$1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ sec}$$

$$1 \text{ } \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ sec (microsecond)}$$

$$1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ sec (nanosecond)}$$

$$1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ sec}$$

Πολλαπλάσια του Hz (Hertz)

$$1 \text{ KHz} = 10^3 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$$

Φλιπ-φλοπ

Τα φλιπ-φλοπ (*flip-flop*) είναι κυκλώματα που μπορούν να αποθηκεύσουν ένα bit (0 ή 1) και έχουν συνήθως δύο εξόδους, μια για την τιμή του bit που είναι αποθηκευμένο σε αυτά και μια για το συμπλήρωμά της. Οι δυαδικές πληροφορίες μπορούν να εγγραφούν στα φλιπ-φλοπ με διάφορους τρόπους και έτσι έχουμε διάφορους τύπους φλιπ-φλοπ.

APPLICATIONS OF FLIP FLOPS:

Flip flops have a wide variety of applications. They are:

- ✓ REGISTERS
- ✓ FREQUENCY DIVIDERS
- ✓ DIGITAL COUNTERS

Τύποι flip-flop

D flip-flop

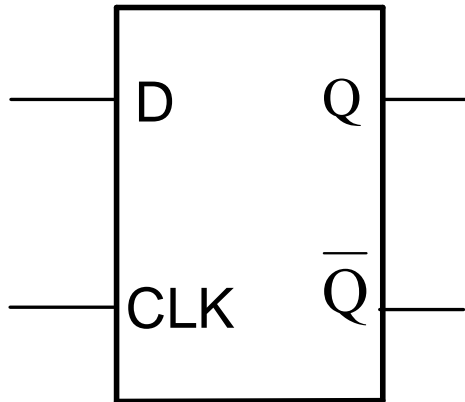
T flip-flop

JK flip-flop

(SR flip-flop)

D φλιπ-φλοπ

Λογικό σύμβολο και πίνακας λειτουργίας του D φλιπ-φλοπ



D	Q_t
0	0
1	1

Q_{t-1} : Η έξοδος Q του φλιπ-φλοπ πριν την εφαρμογή παλμού στην είσοδο ωρολογίου

Q_t : Η έξοδος Q του φλιπ-φλοπ μετά τον παλμό ωρολογίου

Χαρακτηριστικός πίνακας και χαρακτηριστική εξίσωση του D φλιπ-φλοπ.

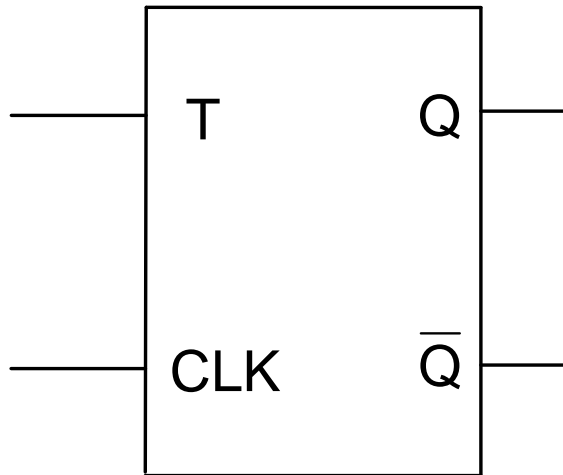
D	Q_{t-1}	Q_t
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

		D	
		0	1
Q_{t-1}	0	0	1
	1	0	1

$$Q_t = D$$

T φλιπ-φλοπ

Λογικό σύμβολο και πίνακας λειτουργίας του T φλιπ-φλοπ



T	Q_t
0	Q_{t-1}
1	\bar{Q}_{t-1}

Q_{t-1} : Η έξοδος του φλιπ-φλοπ πριν την εφαρμογή παλμού στην είσοδο ωρολογίου.

Q_t : Η έξοδος του φλιπ-φλοπ μετά τον παλμό ωρολογίου

Χαρακτηριστικός πίνακας και χαρακτηριστική εξίσωση του T φλιπ-φλοπ

T	Q_{t-1}	Q_t
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

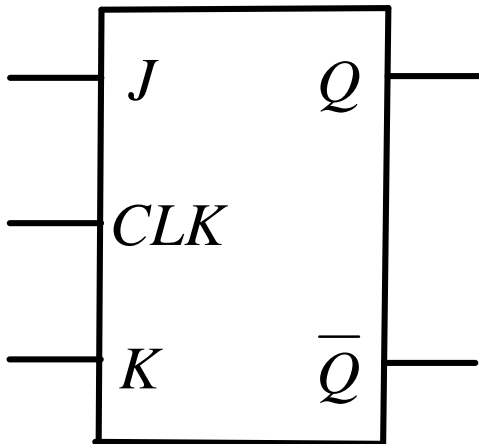
		T	
		0	1
Q_{t-1}	0	0	1
	1	1	0

$$Q_t = T\bar{Q}_{t-1} + \bar{T}Q_{t-1}$$

$$Q_t = T \oplus Q_{t-1}$$

JK φλιπ-φλοπ

Λογικό σύμβολο και πίνακας λειτουργίας του JK φλιπ-φλοπ



J	K	Q_t
0	0	Q_{t-1}
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_{t-1}}$

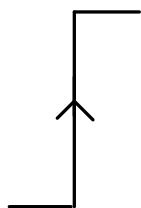
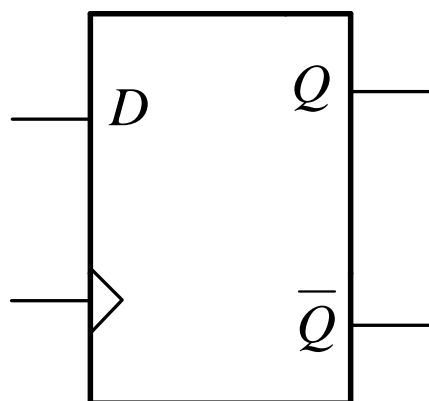
Χαρακτηριστικός πίνακας και χαρακτηριστική εξίσωση του JK φλιπ-φλοπ

J	K	Q_{t-1}	Q_t
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

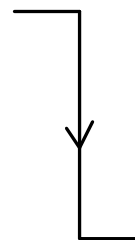
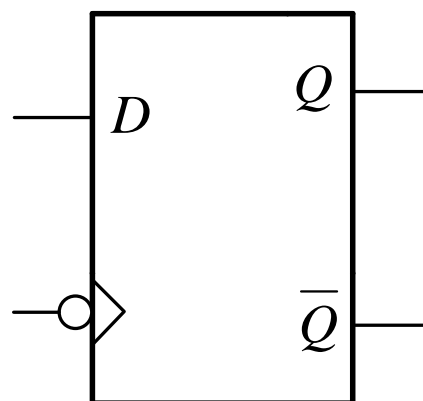
		JK			
		00	01	11	10
Q_{t-1}	0	0	0	1	1
	1	1	0	0	1

$$Q_t = J\overline{Q}_{t-1} + \overline{K}Q_{t-1}$$

Λογικά σύμβολα των θετικά (α) και αρνητικά (β) ακμο-
πυροδοτούμενων D φλιπ-φλοπ

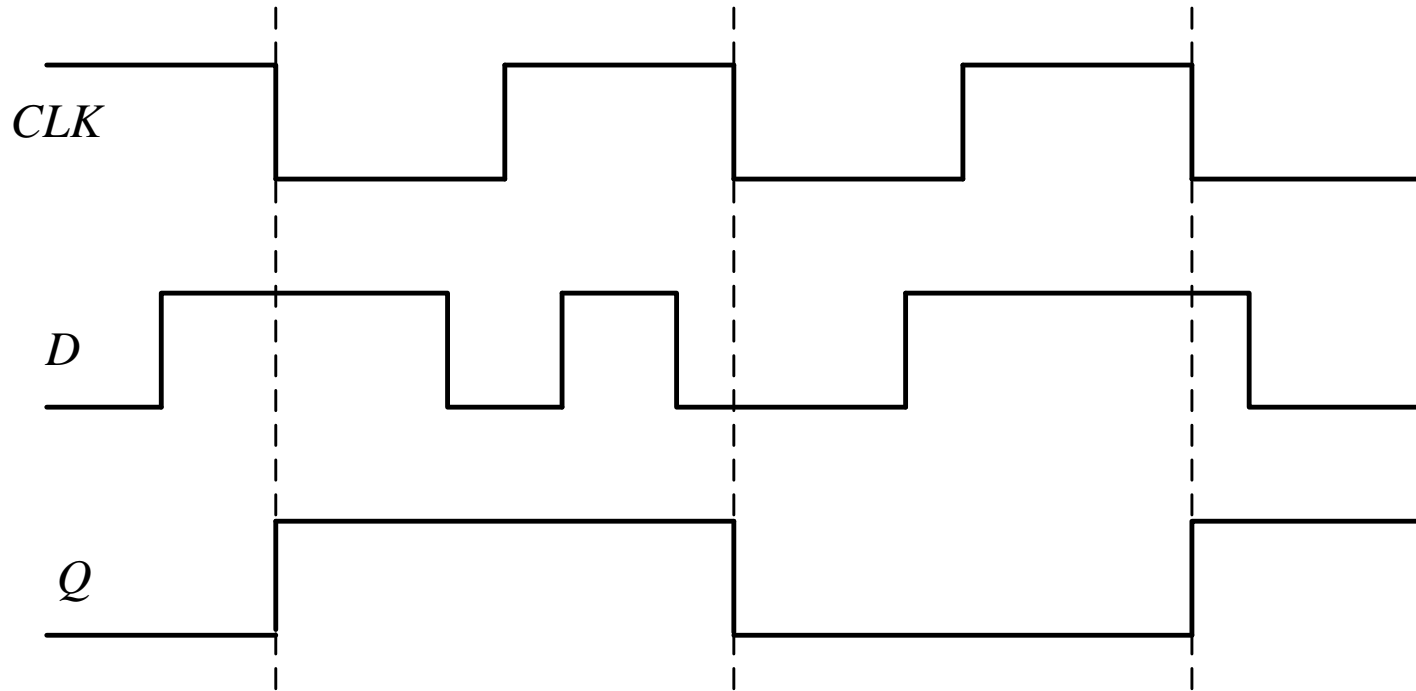


(α)

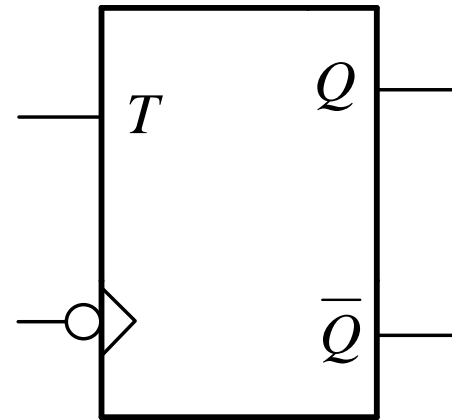
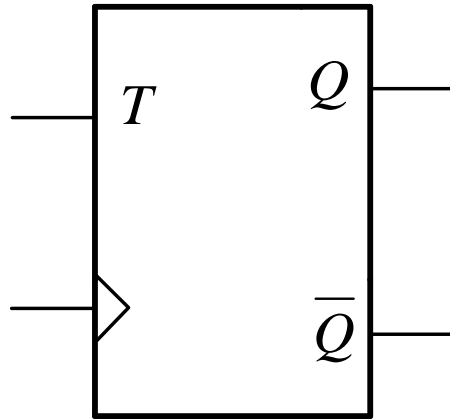


(β)

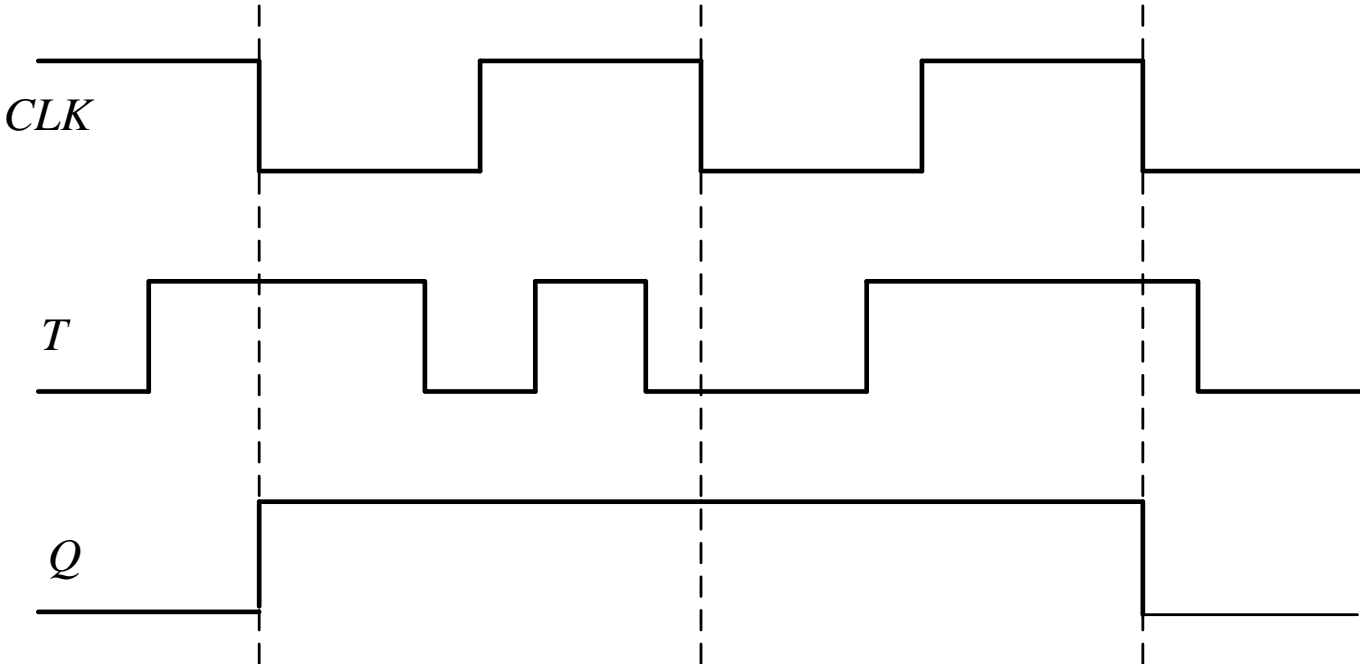
Κυματομορφή εξόδου Q ενός αρνητικά ακμωπυροδοτούμενου D φλιπ-φλοπ για δοσμένες εισόδους D και CLK



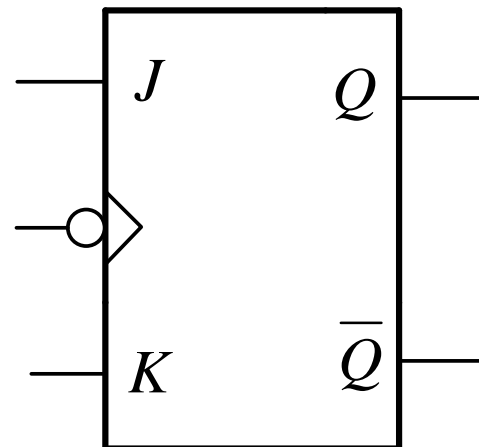
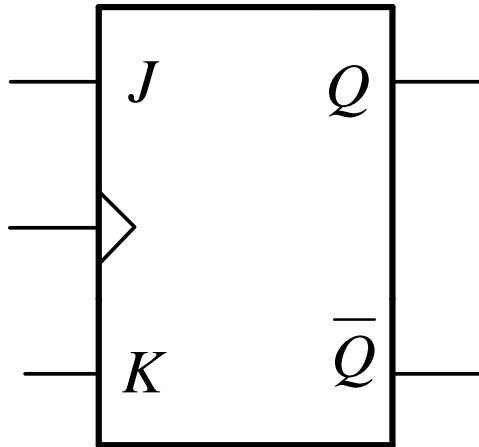
Λογικά σύμβολα των θετικά και αρνητικά ακμοπυροδοτούμενων
T φλιπ-φλοπ



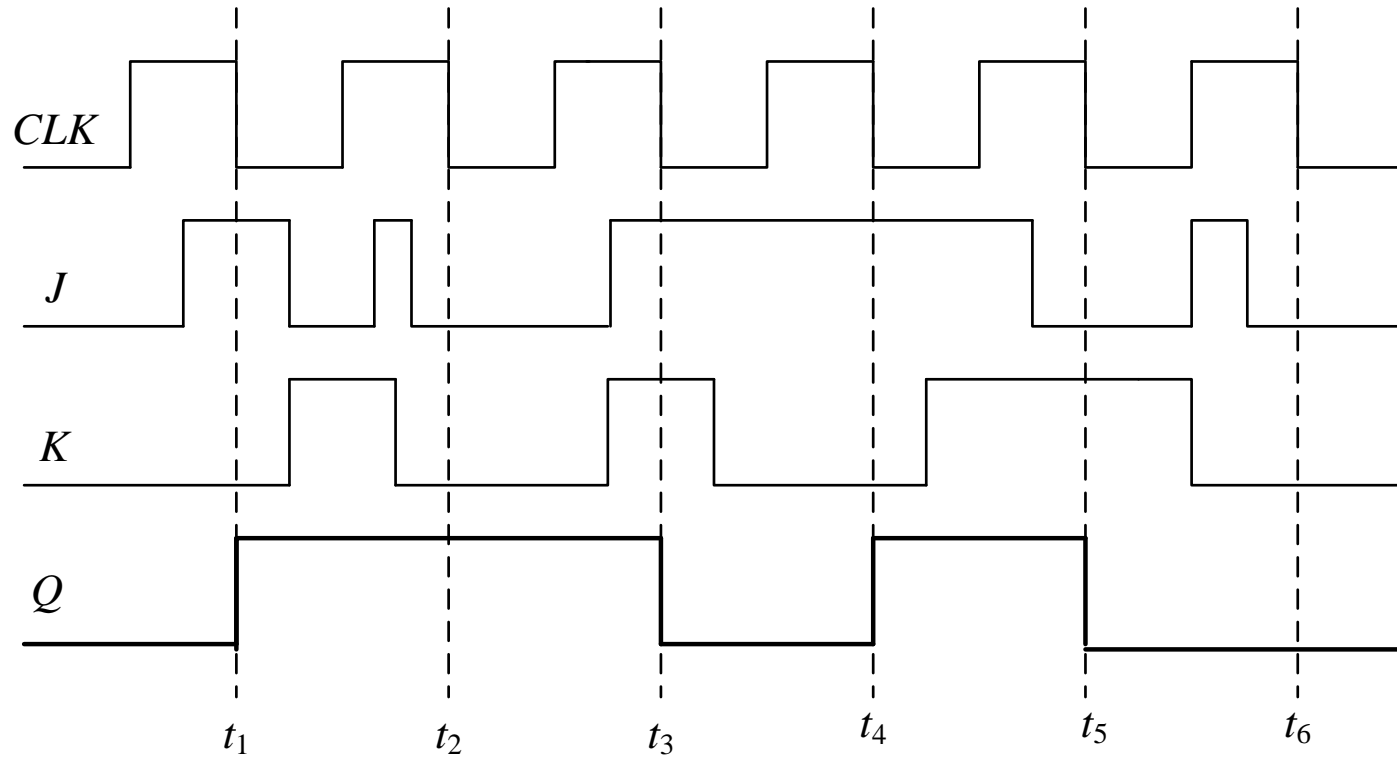
Κυματομορφή εξόδου Q ενός αρνητικά ακμοπυροδοτούμενου T φλιπ-φλοπ για δοσμένες εισόδους (αρχικά $Q=0$)



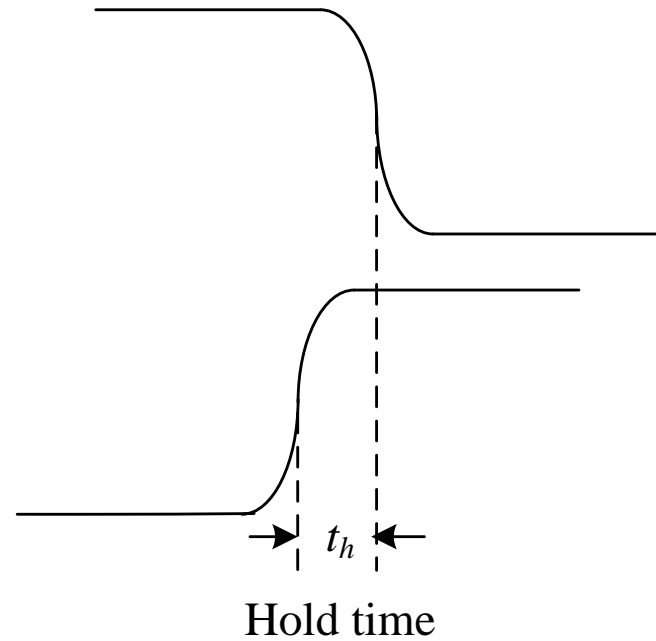
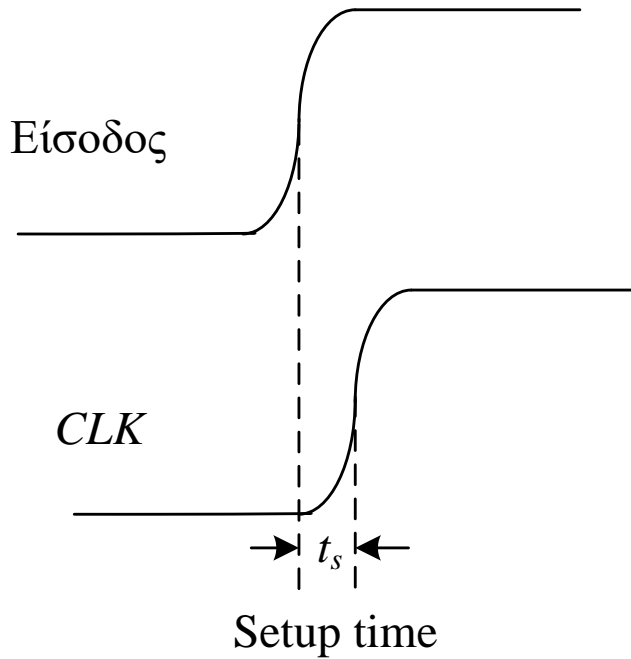
Λογικά σύμβολα των θετικά και αρνητικά ακμοπτυροδοτούμενων J-K φλιπ-φλοπ.



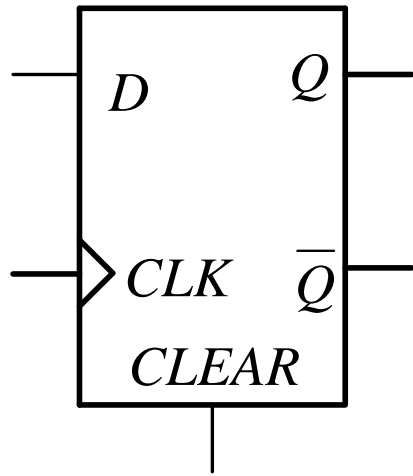
Κυματομορφή εξόδου Q ενός αρνητικά ακμωπυροδοτούμενου JK φλιπ-φλοπ για δοσμένες εισόδους



Χρόνοι προετοιμασίας (setup) και παραμονής (hold) για θετικά ακμολυροδοτούμενο φλιπ-φλοπ.

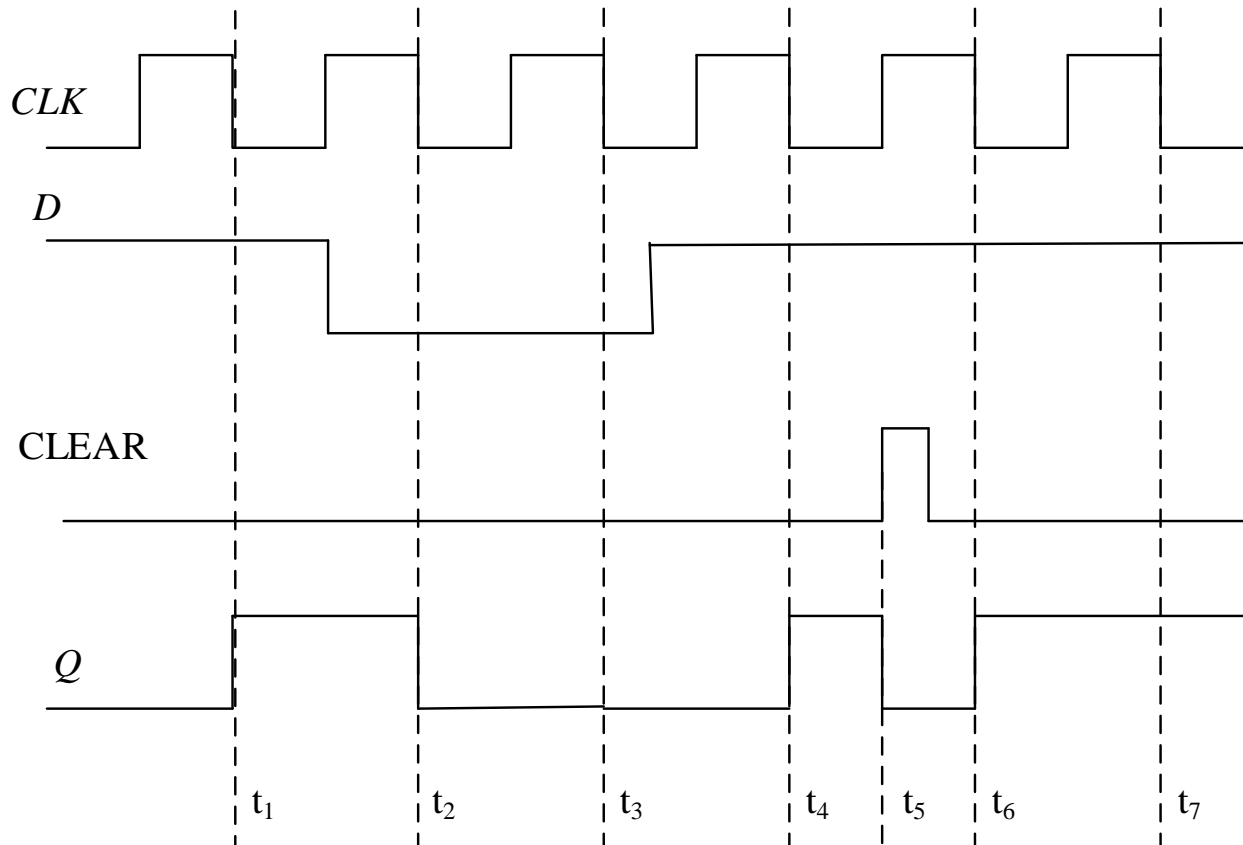


Θετικά ακροπυροδοτούμενο D flip-flop με ασύγχρονη είσοδο μηδενισμού (CLEAR)



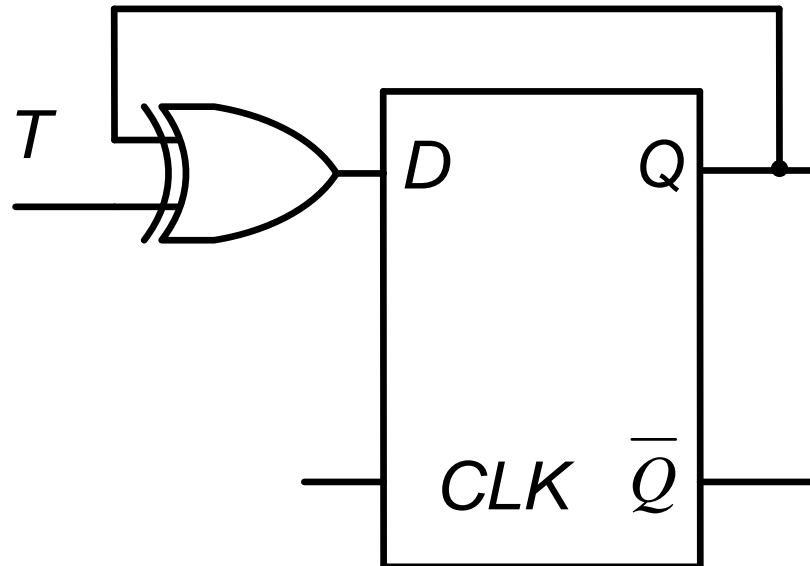
$CLEAR$	Λειτουργία φλιπ-φλοπ
1	$Q=0$
0	Κανονική Λειτουργία

Χρονισμός του D flip-flop με είσοδο μηδενισμού



Μετατροπή του D φλιπ-φλοπ σε T φλιπ-φλοπ

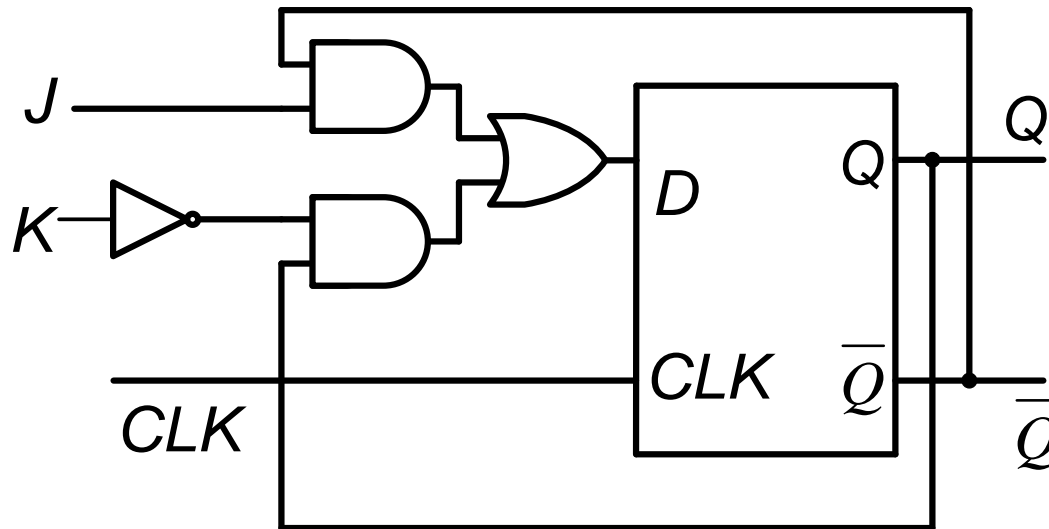
$$Q_t = T \oplus Q_{t-1}$$



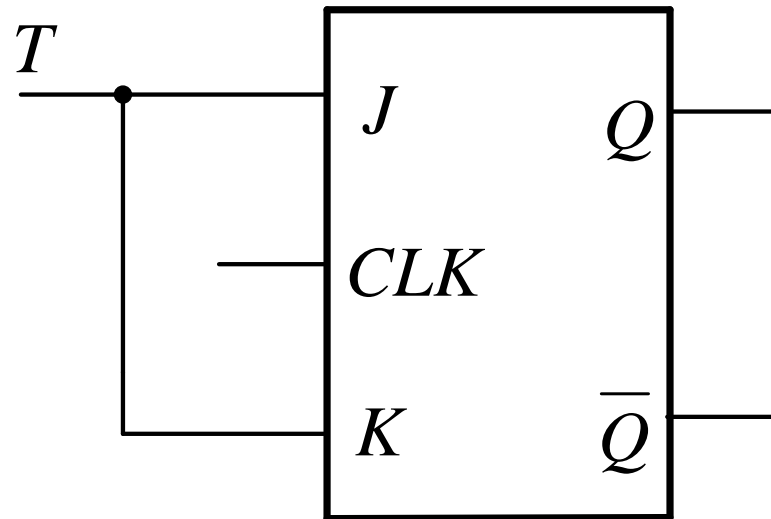
Μετατροπή του D φλιπ-φλοπ σε JK φλιπ-φλοπ

$$Q_t = D$$

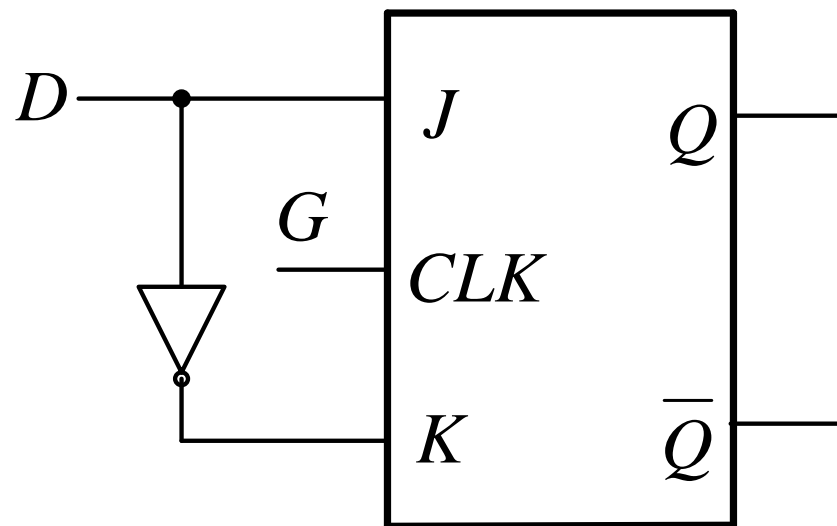
$$Q_t = J\bar{Q}_{t-1} + \bar{K}Q_{t-1}$$



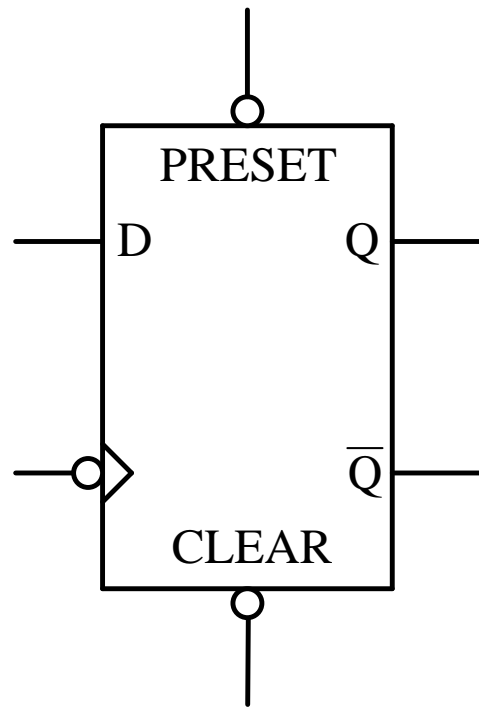
Μετατροπή του JK φλιπ-φλοπ σε T φλιπ-φλοπ



Μετατροπή του JK φλιπ-φλοπ σε D φλιπ-φλοπ

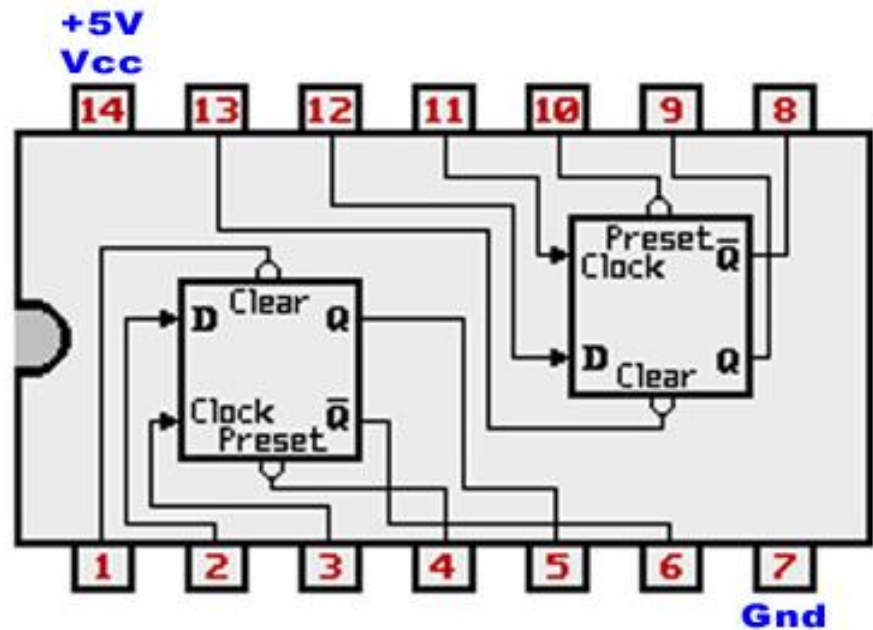
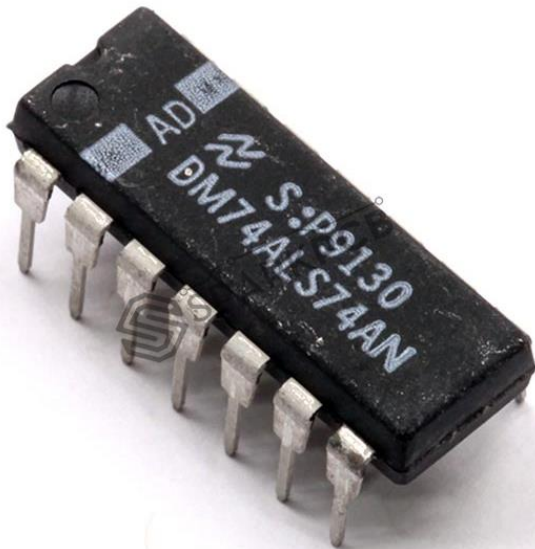


Αρνητικά ακμοπτυροδοτούμενο D flip-flop με ασύγχρονες εισόδους μηδενισμού (CLEAR) και θέσης (PRESET)



PRESET	CLEAR	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
0	0	Δεν χρησιμοποιείται
0	1	$Q=1$
1	0	$Q=0$
1	1	Κανονική λειτουργία

Ολοκληρωμένο κύκλωμα 74LS74



Πίνακας λειτουργίας του D flip-flop που περιλαμβάνεται στο ολοκληρωμένο 74LS74

Inputs				Outputs	
PR	CLR	CLK	D	Q	\overline{Q}
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H (Note 1)	H (Note 1)
H	H	\uparrow	H	H	L
H	H	\uparrow	L	L	H
H	H	L	X	Q_0	\overline{Q}_0

H = HIGH Logic Level

X = Either LOW or HIGH Logic Level

L = LOW Logic Level

\uparrow = Positive-going Transition

Q_0 = The output logic level of Q before the indicated input conditions were established.

Note 1: This configuration is nonstable; that is, it will not persist when either

Ασκήσεις

8.1. Ένα κύκλωμα ωρολογίου παράγει τετραγωνικούς παλμούς με συχνότητα $f=1$ KHz. Ποια είναι η περίοδός του (T).

Υπόδειξη

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1\text{KHz}} = \frac{1}{10^3 \text{Hz}} = 10^{-3} \text{sec} = 1\text{ms}$$

$$1 \text{ Hz} = 1/\text{sec}$$

8.2 Ένα κύκλωμα ωρολογίου παράγει τετραγωνικούς παλμούς με συχνότητα 5 KHz. Ποια είναι η περίοδός του.

Υπόδειξη

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{f} = \frac{1}{5\text{KHz}} = \frac{1}{5 \times 10^3 \text{Hz}} = \frac{1000}{5 \times 10^6 \text{Hz}} = \\ &= \frac{1000}{5} 10^{-6} \text{sec} = 200 \mu \text{sec} \end{aligned}$$

8.3 Ένα κύκλωμα ωρολογίου παράγει τετραγωνικούς παλμούς με περίοδο 10 μsec . Ποια είναι η συχνότητά του.

$$f = \frac{1}{10\mu\text{sec}} = \frac{1}{10 \times 10^{-6} \text{sec}} = \frac{1000}{10 \times 10^{-3} \text{sec}} = 100\text{KHz}$$

8.4 Ένα κύκλωμα ωρολογίου παράγει τετραγωνικούς παλμούς με περίοδο 10 μsec και εύρος παλμών 4 μsec . Ποιο είναι το duty cycle.

Υπόδειξη

$$\text{Duty cycle} = \frac{4}{10} \text{ ή } 40\%$$

8.5 Ένα κύκλωμα ωρολογίου παράγει τετραγωνικούς παλμούς με συχνότητα 100 KHz και εύρος παλμών 4 μsec . Ποιο είναι το duty cycle.

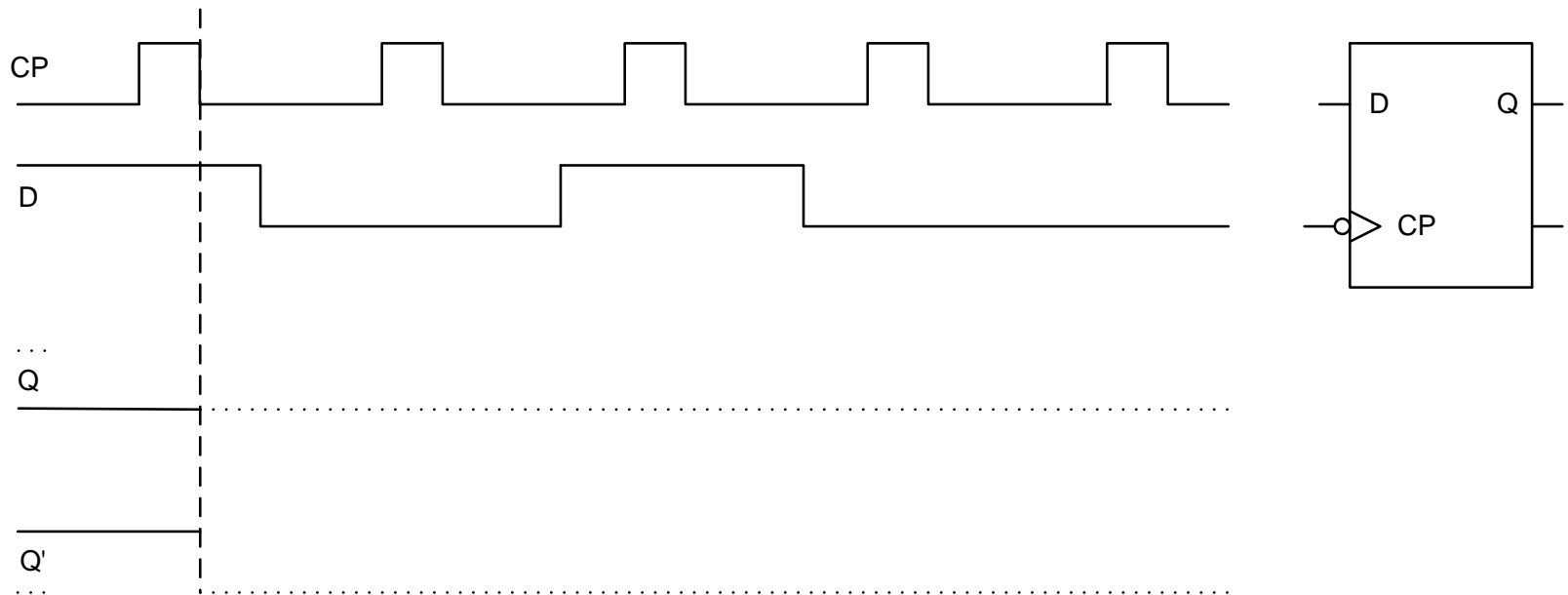
Υπόδειξη

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{100 \text{ KHz}} = \frac{1}{100 \times 10^3 \text{ Hz}} = \frac{1}{100} 10^{-3} \text{ sec}$$
$$= \frac{1000}{100} 10^{-6} \text{ sec} = 10 \mu\text{sec}$$

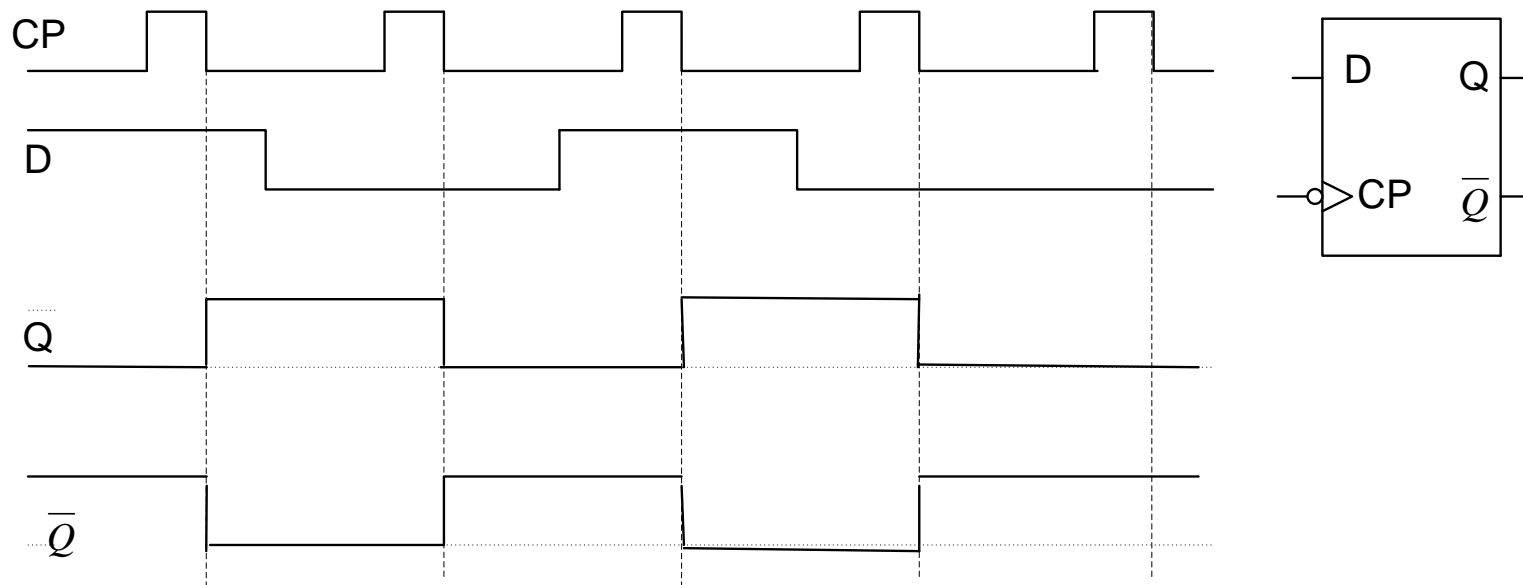
Επομένως

$$\text{Duty cycle} = \frac{4}{10} \text{ ή } 40\%$$

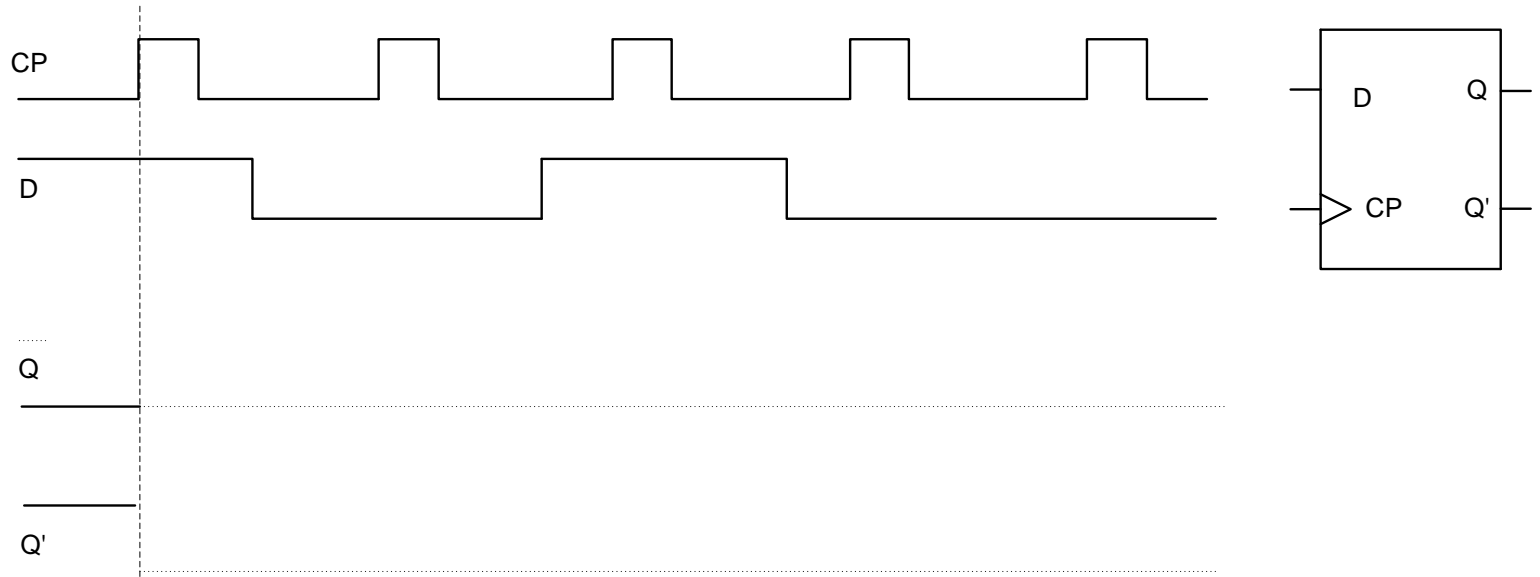
8.6. Να δοθούν οι έξοδοι του D φλιπ-φλοπ για τις δοσμένες εισόδους.
Υποθέστε ότι αρχικά $Q=0$.



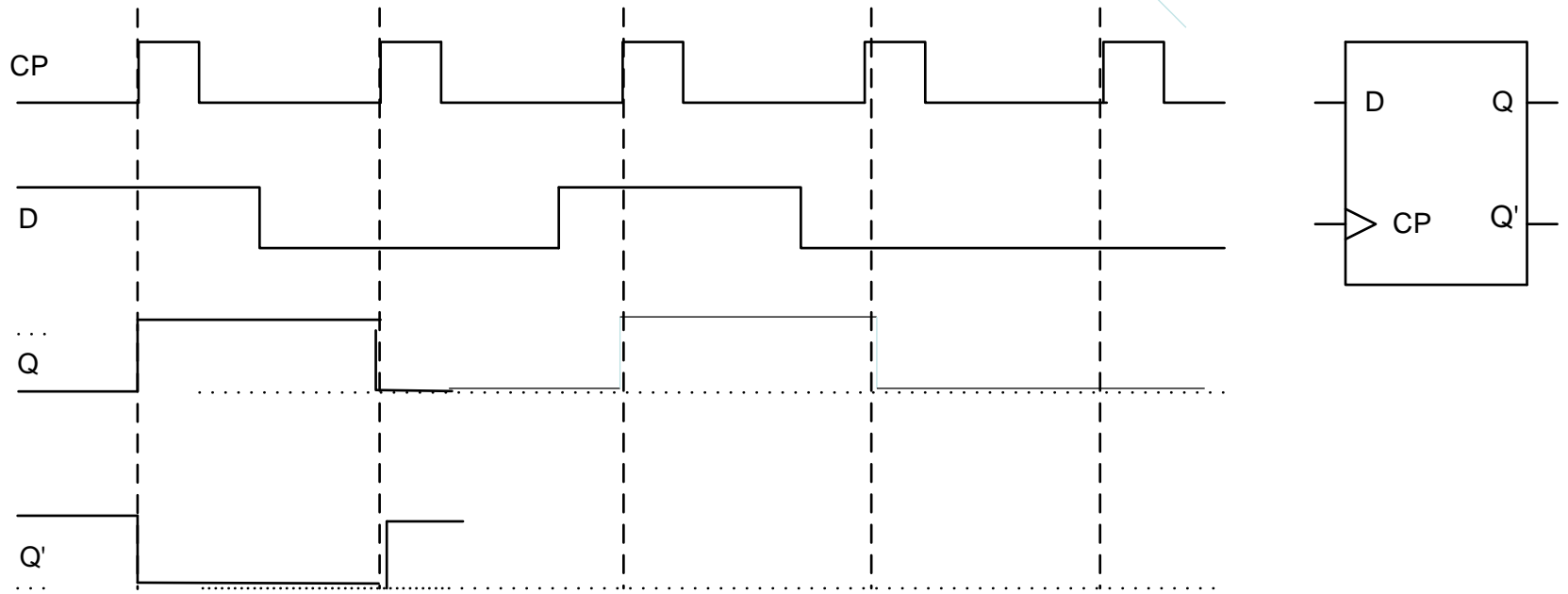
Υπόδειξη



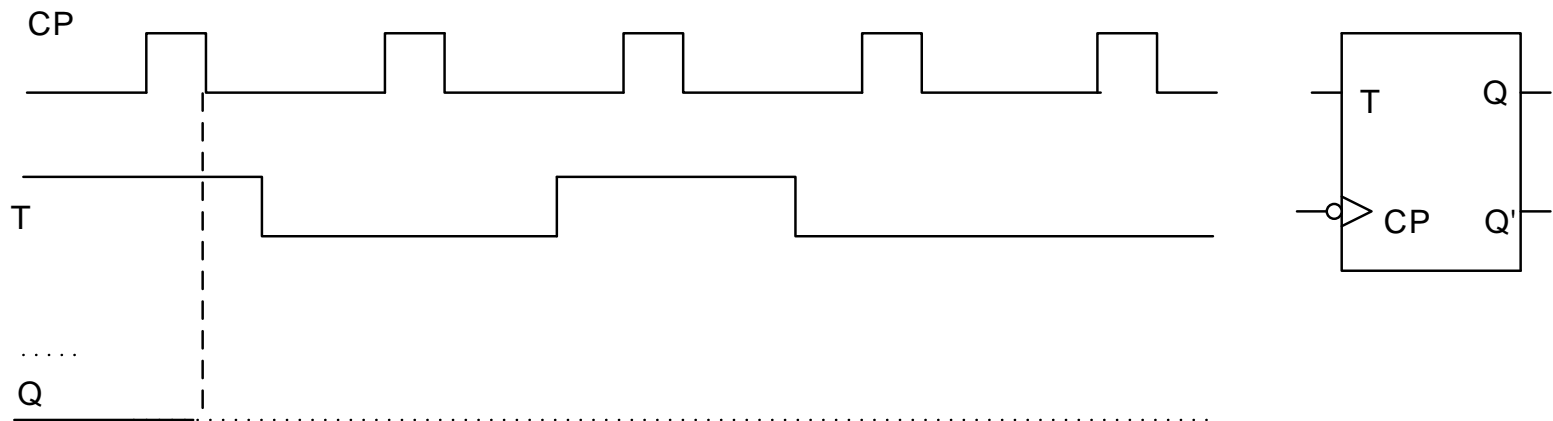
8.7 Να δοθούν οι έξοδοι του D φλιπ-φλοπ για τις δοσμένες εισόδους. Υποθέστε ότι αρχικά $Q=0$.



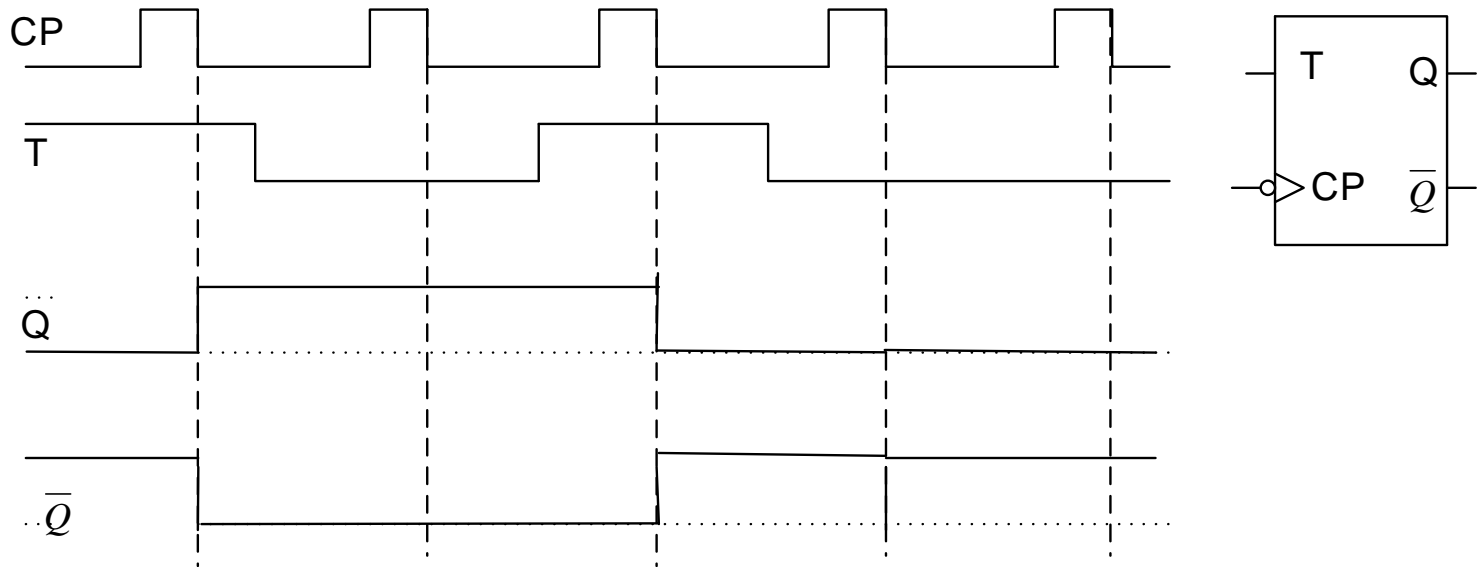
Υπόδειξη



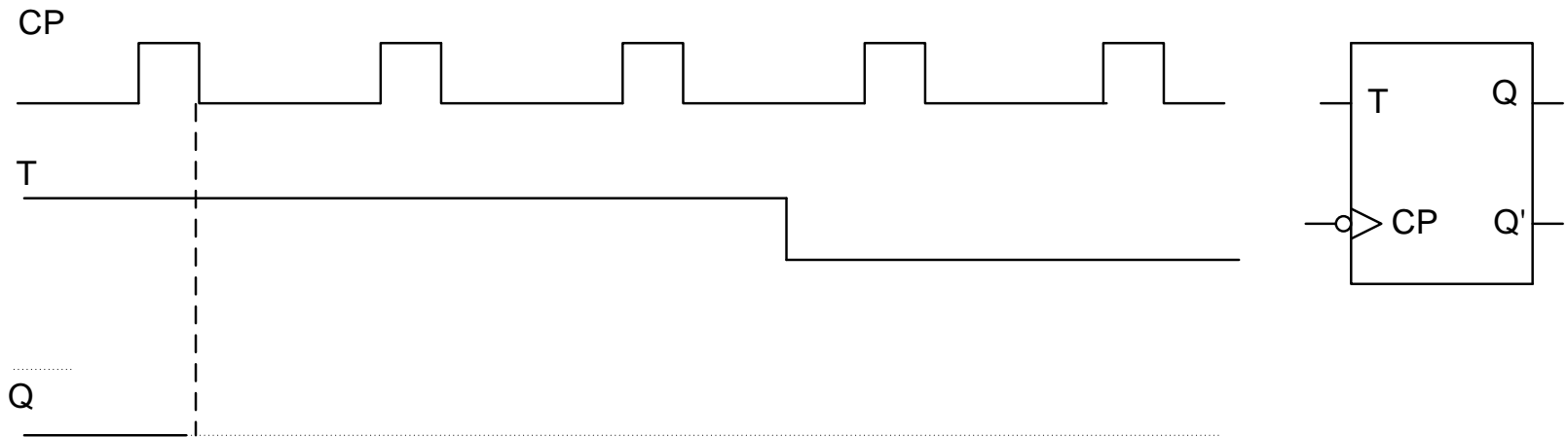
8.8 Να δοθεί η έξοδος Q του T flip-flop για τις δοσμένες εισόδους.
Υποθέσατε ότι αρχικά $Q=0$.

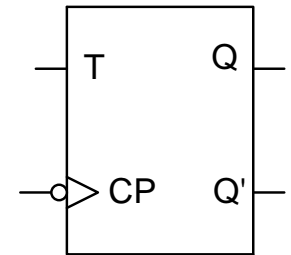
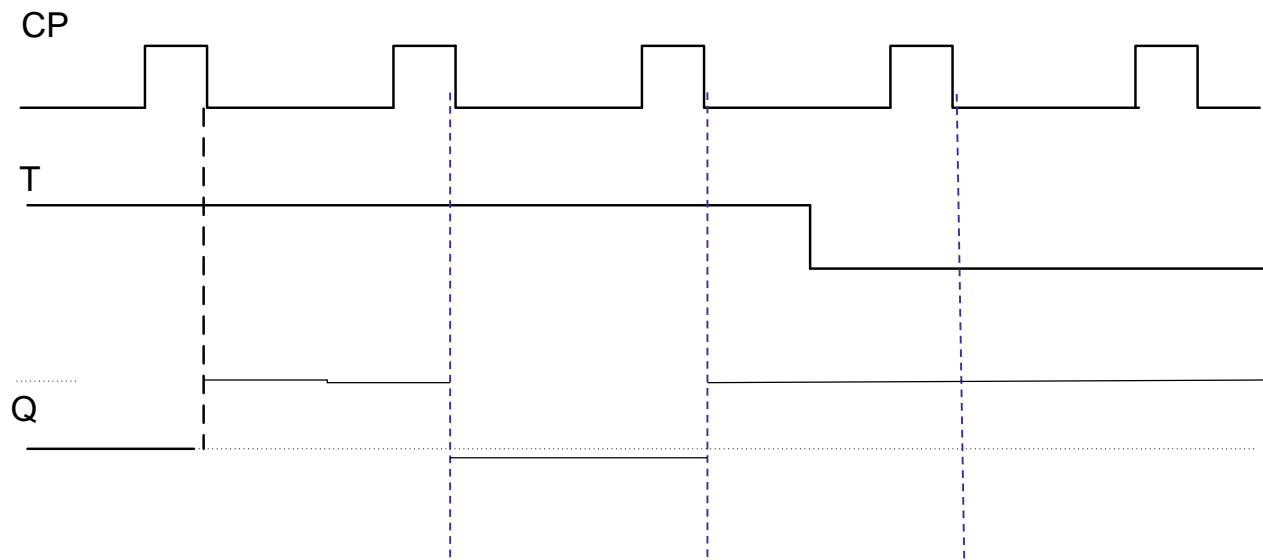


Υπόδειξη

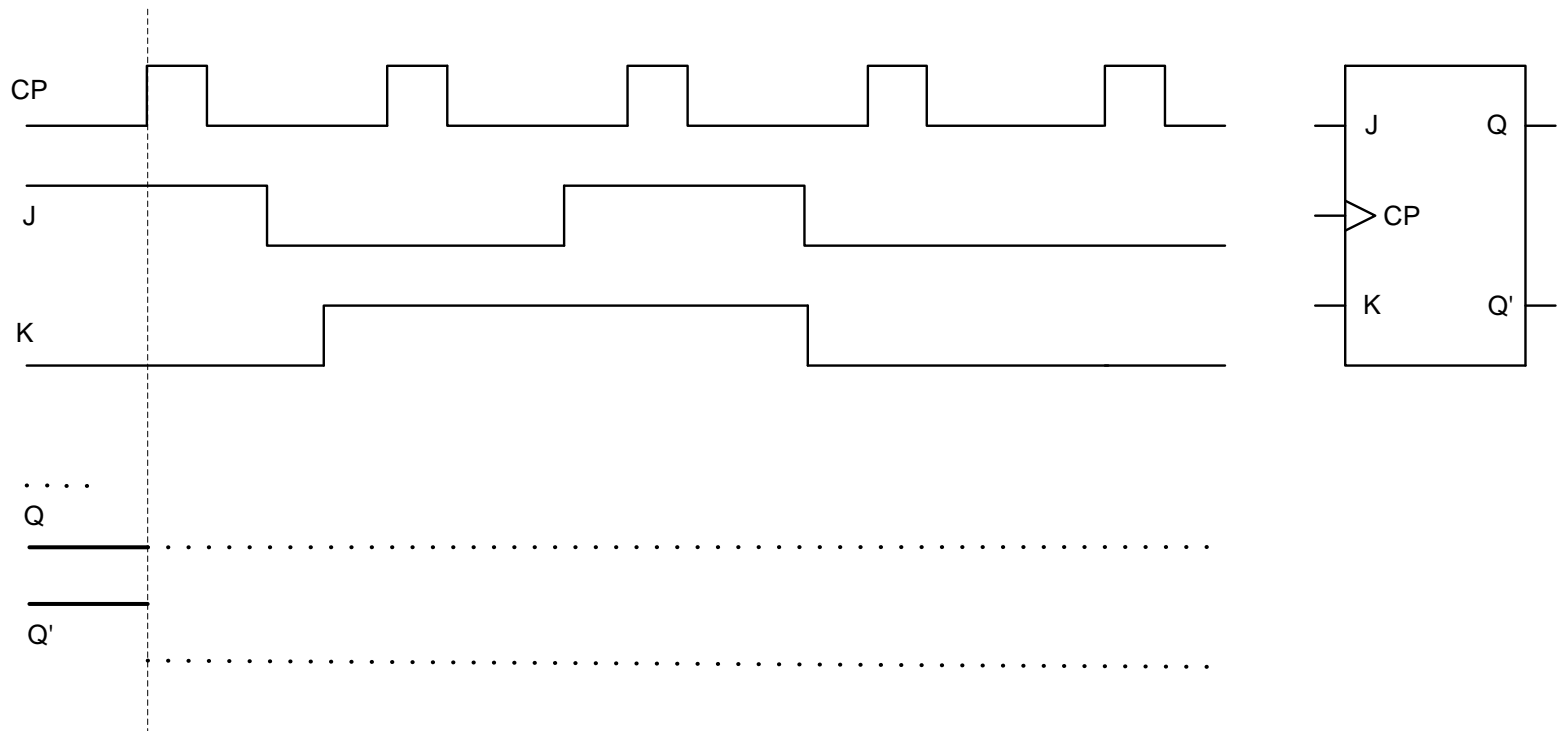


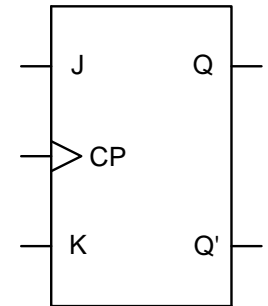
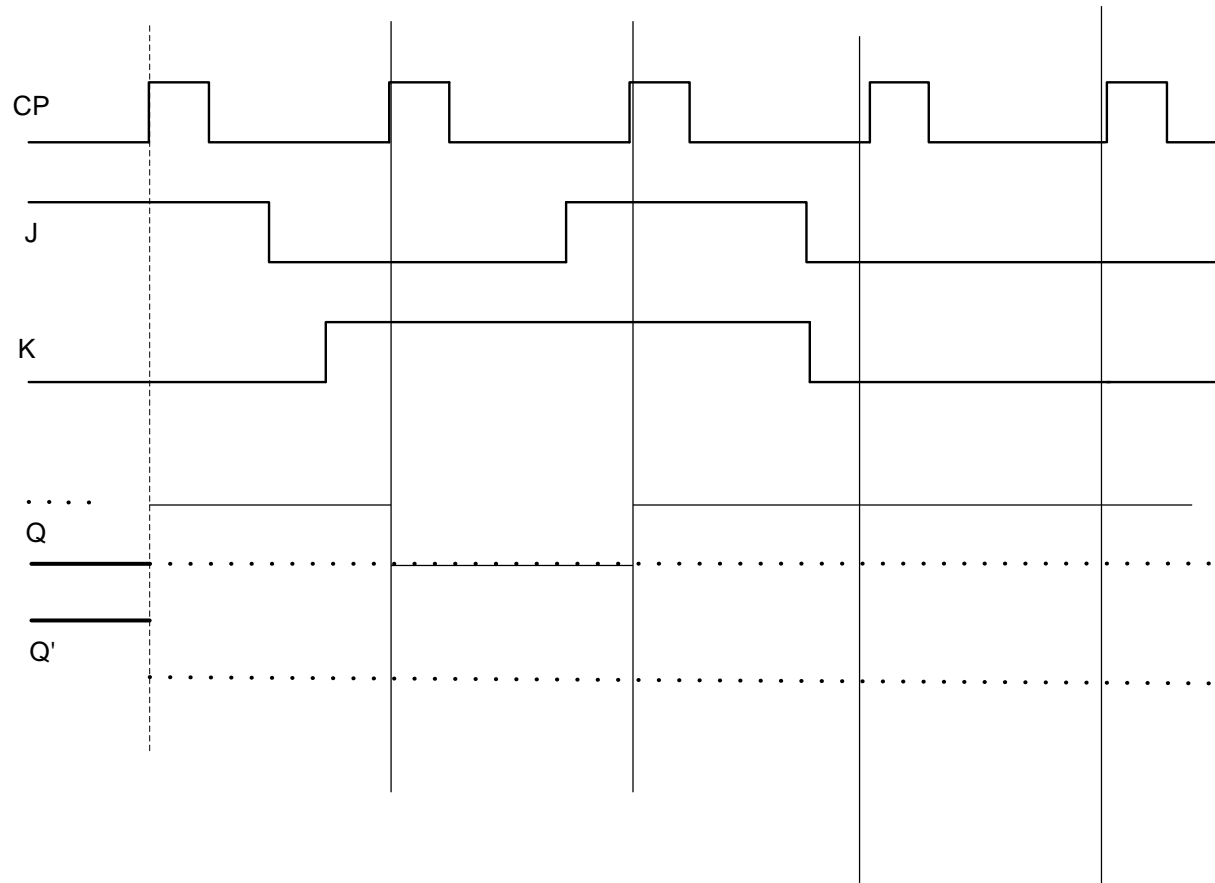
8.9 Να δοθεί η έξοδος Q του T flip-flop για τις δοσμένες εισόδους.
Υποθέσατε ότι αρχικά $Q=0$.



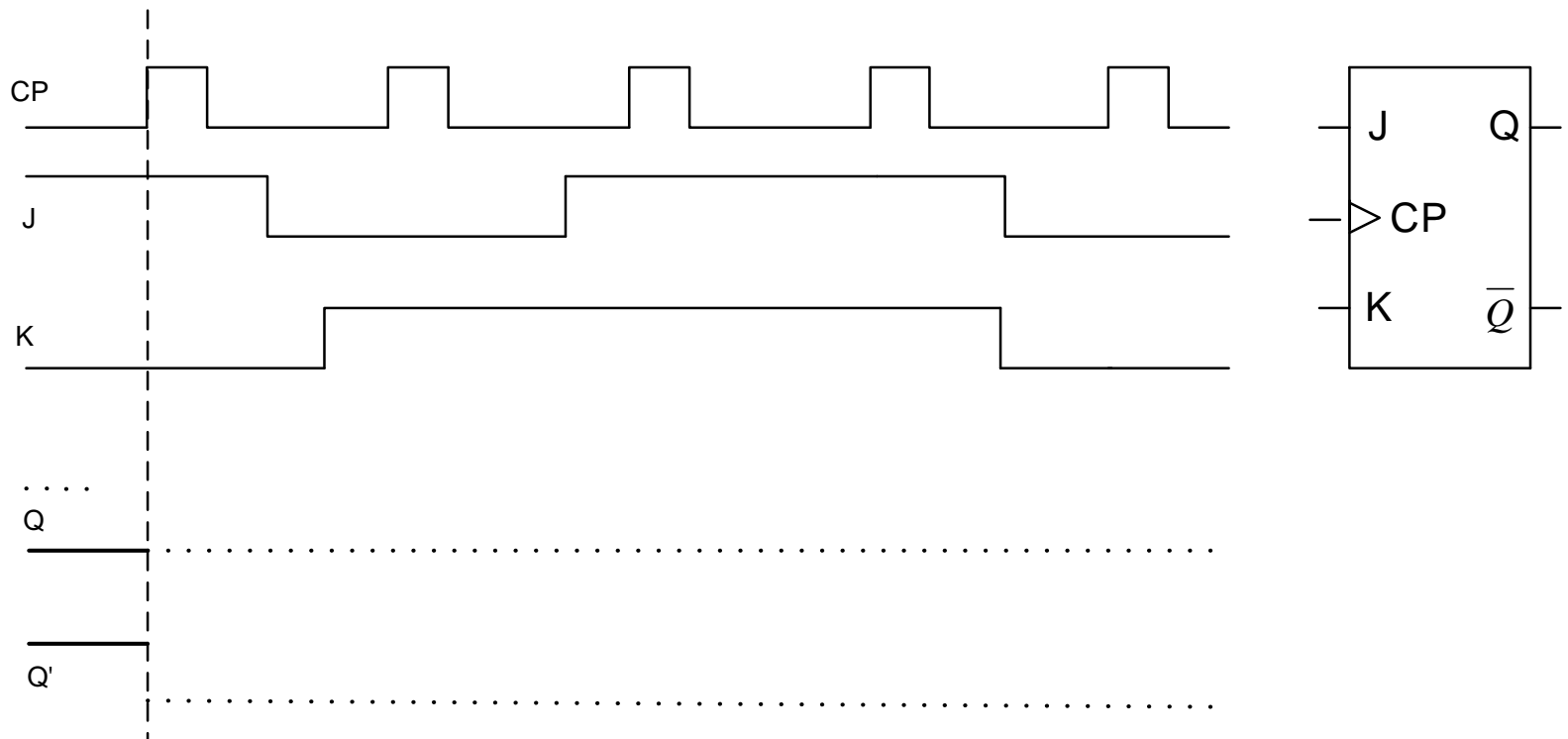


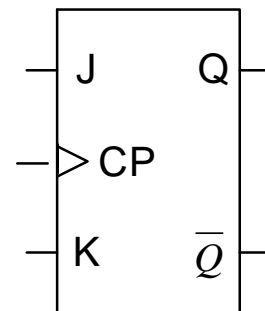
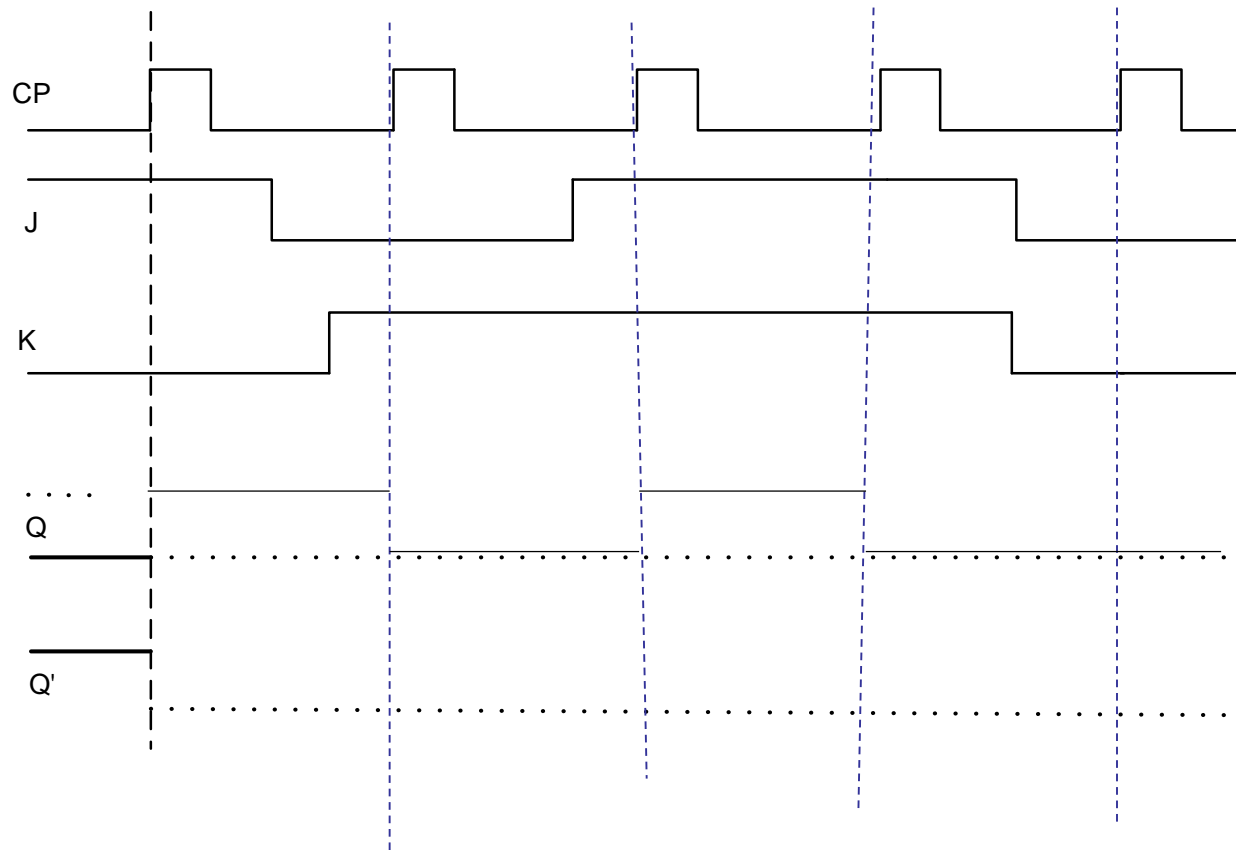
8.10. Να δοθούν οι έξοδοι του JK φλιπ-φλοπ για τις δοσμένες εισόδους. Υποθέσατε ότι αρχικά $Q=0$.

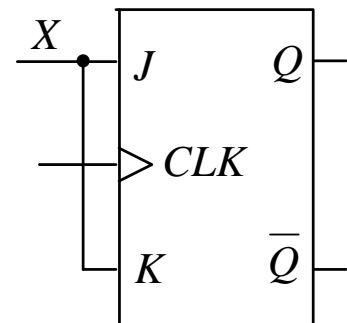
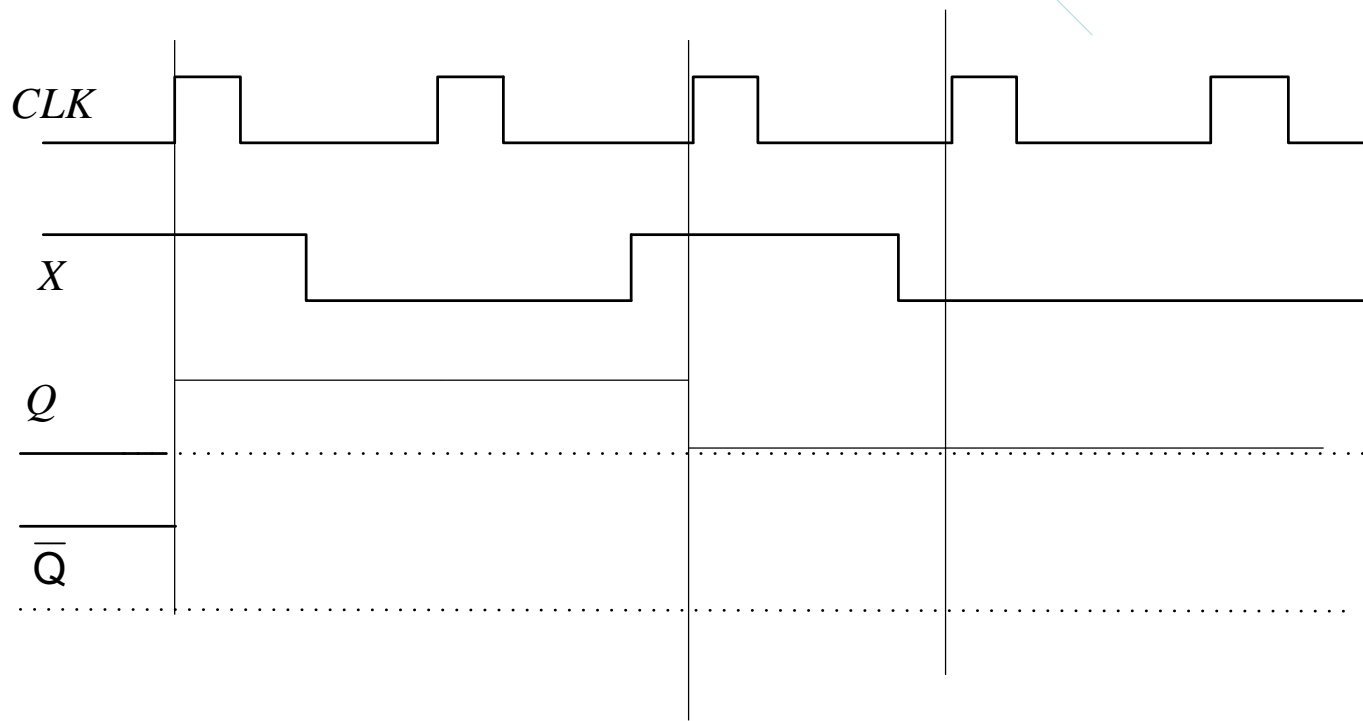
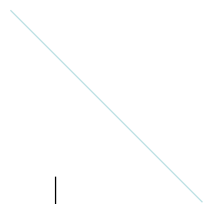




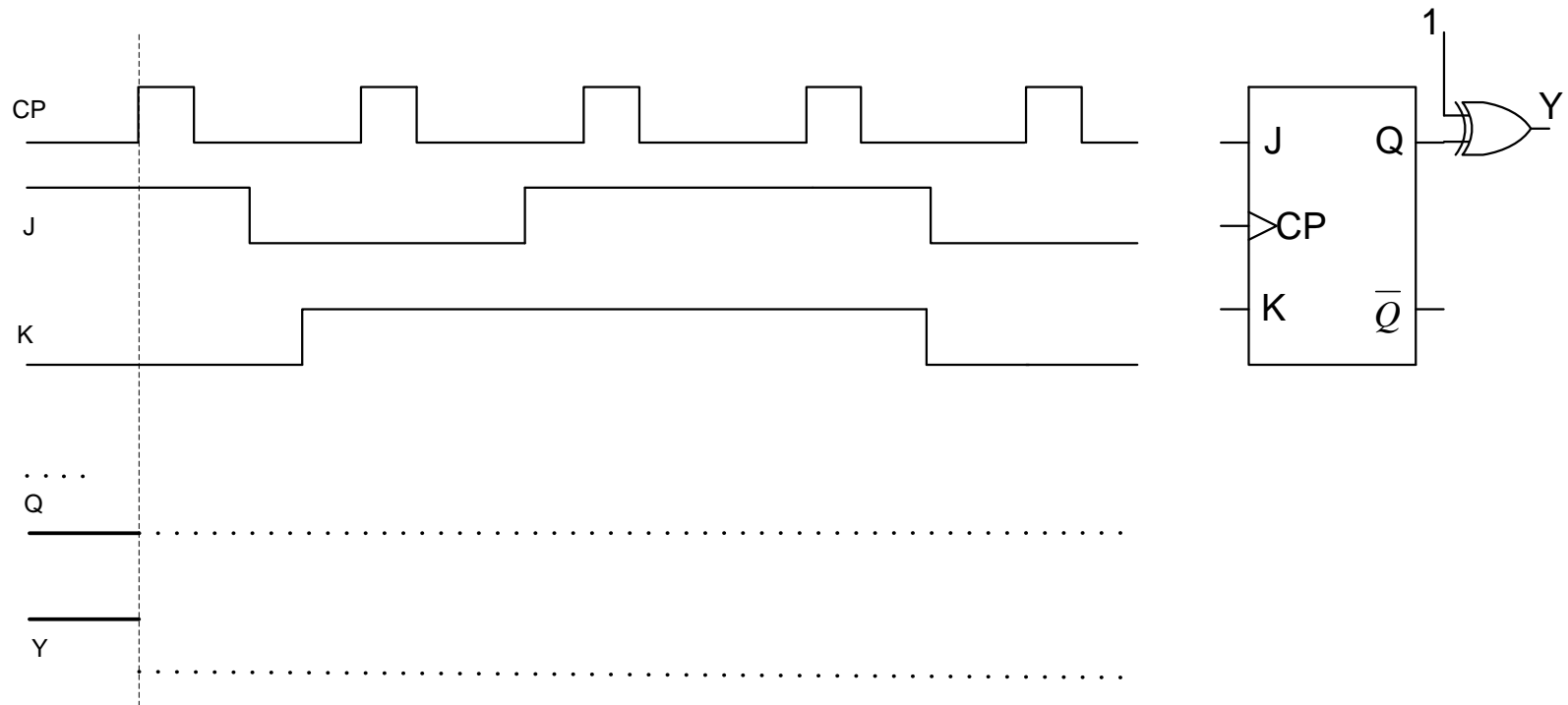
8.11. Να δοθούν οι έξοδοι του JK φλιπ-φλοπ για τις δοσμένες εισόδους. Υποθέσατε ότι αρχικά $Q=0$.



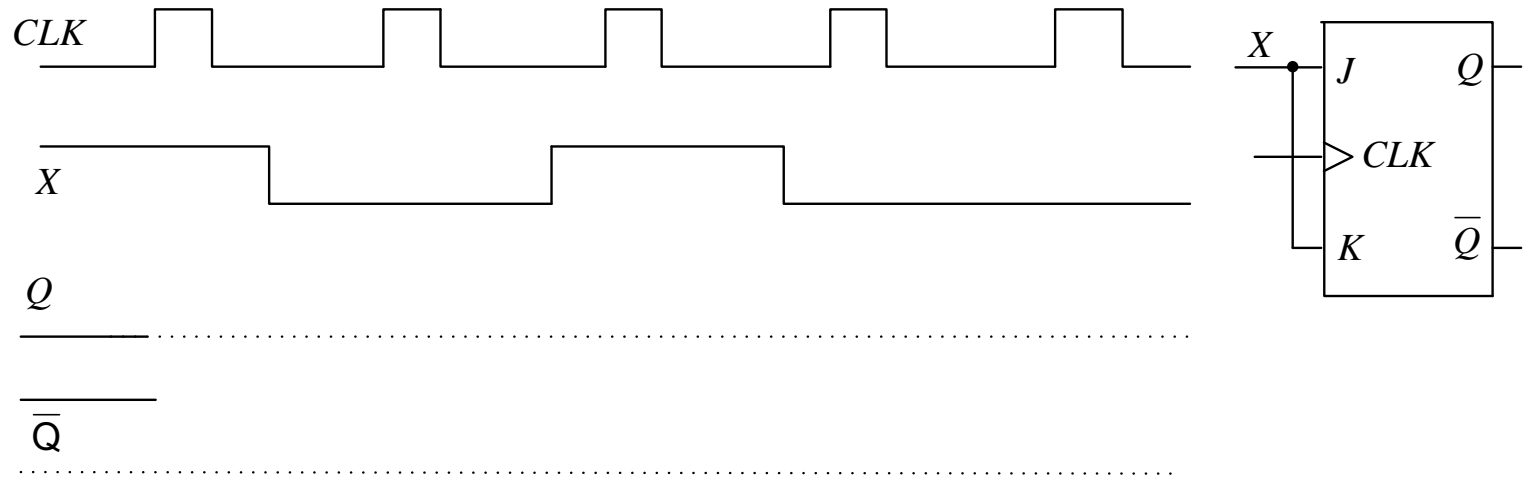


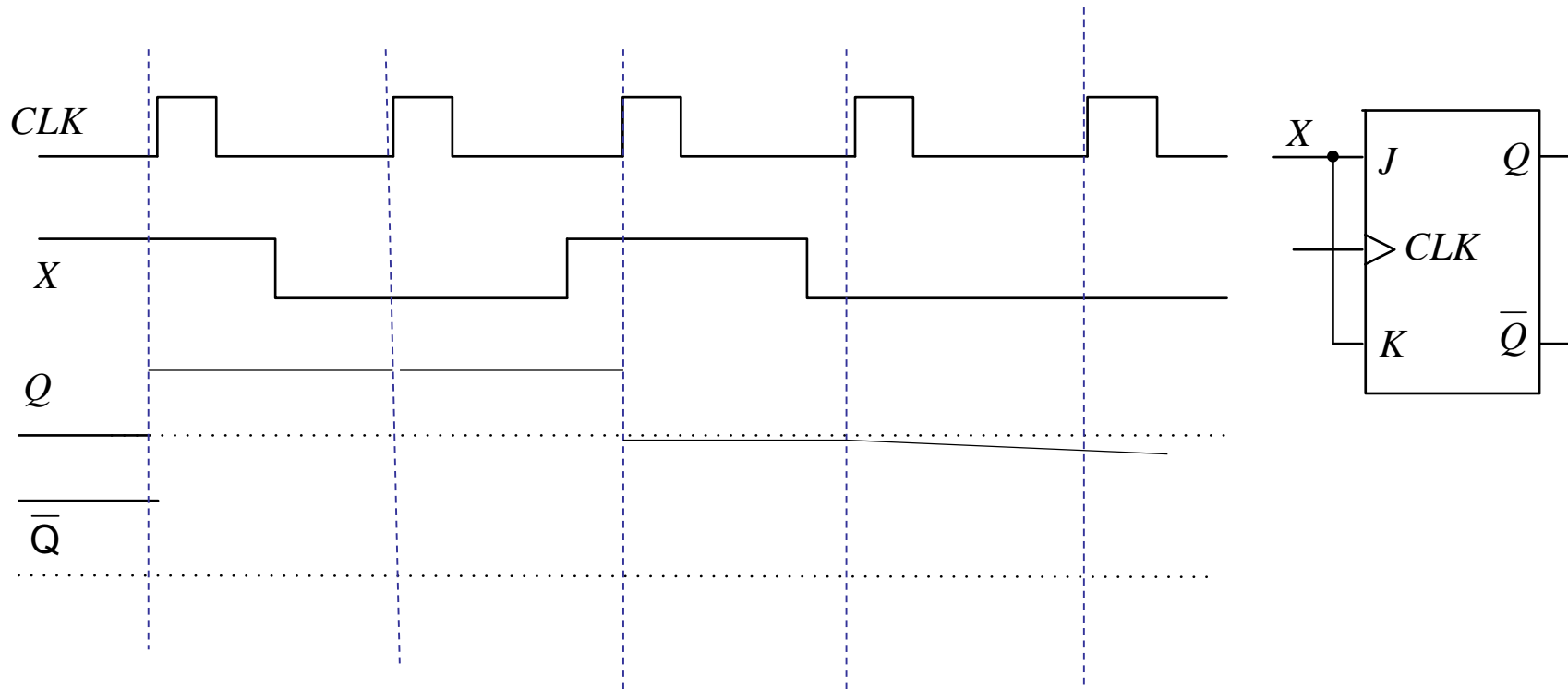


8.12 Να δοθεί η έξοδος Q του JK φλιπ-φλοπ καθώς και η έξοδος Y για τις δοσμένες εισόδους. Υποθέσατε ότι αρχικά Q=0.



8.13 Να δοθούν οι έξοδοι του JK φλιπ-φλοπ για την δοσμένη είσοδο. Υποθέσατε ότι αρχικά $Q=0$.





8.14. Να δοθεί ή έξοδος Q του D φλιπ-φλοπ για τις δοσμένες εισόδους. Υποθέσατε ότι αρχικά Q=0.

