

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ו, 2016

סמל השאלון: 733003

נספחים: א. נספח לשאלה 8

ב. נוסחאון במערכות חשמל

לכיתה י"ד

ג. נוסחאון באלקטרוניקה ב'

לכיתה י"ד

ד. מילון מונחים

חשמל ואלקטרוניקה ה'

מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגיה

(כיתה י"ד)

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני פרקים, ובהם שמונה שאלות. יש להשיב על ארבע שאלות בלבד, שאלה אחת לפחות מכל פרק.

לכל שאלה – 25 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון.

ד. הוראות מיוחדות:

1. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר השאלות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.

2. התחל כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.

3. רשום את כל תשובותיך אך ורק בעט.

4. הקפד לנסח את תשובותיך כהלכה ולסרטט את תרשימיך בבהירות.

5. כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה של תשובותיך.

6. אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.

7. בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם רשומים:

* רישום הנוסחה המתאימה.

* הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.

* חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).

* רישום התוצאה המתקבלת, יחד עם יחידות המידה המתאימות.

* ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.

8. לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

בשאלון זה 9 עמודים ו-28 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,

אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

השאלות

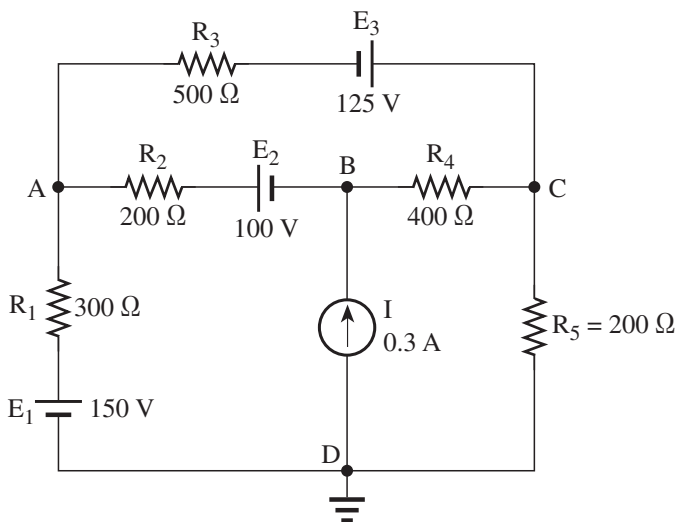
בשאלון זה שני פרקים, ובהם שמונה שאלות. יש להשיב על ארבע שאלות בלבד,
שאלה אחת לפחות מכל פרק.
לכל שאלה – 25 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.

פרק ראשון: מערכות חשמל

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 1–4 (לכל שאלה – 25 נקודות)

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי לזרם ישר. נקודה D חוברה לפוטנציאל אפס (אדמה).



איור לשאלה 1

- א. חשב את המתח ביחס לאדמה בכל אחת מהנקודות A, B, C. בחישובך השתמש בשיטת מתחי צמתים.
- ב. חשב את הזרם בנגד R_3 וציין את כיוונו (מ-A ל-C או מ-C ל-A).
- ג. חשב את ההספק הנמסר על-ידי מקורות המתח ומקור הזרם.

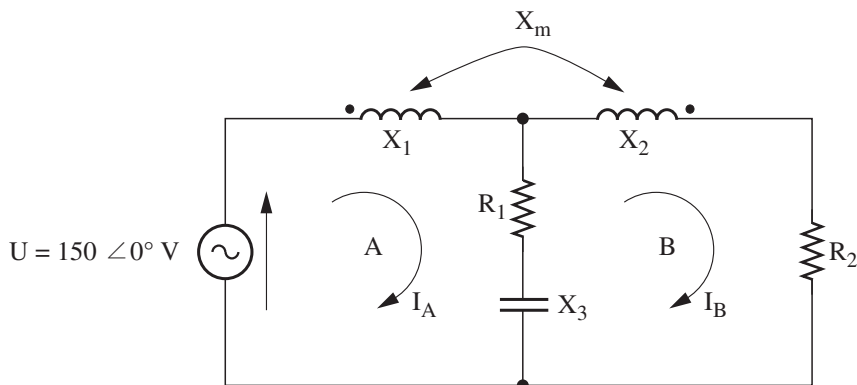
שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון תרשים של מעגל חשמלי הכולל צימוד השראות.

נתונים:

$$R_1 = 10 \, \Omega \quad R_2 = 5 \, \Omega \quad X_1 = j10 \, \Omega$$

$$X_2 = j15 \, \Omega \quad X_3 = -j5 \, \Omega \quad X_m = j4 \, \Omega$$

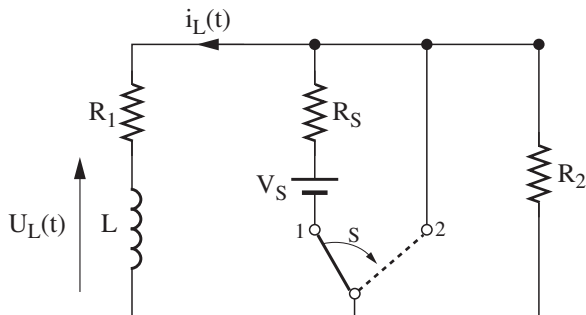


איור לשאלה 2

- א. רשום את מערכת המשוואות של החוגים A ו- B.
- ב. חשב את הזרמים I_A ו- I_B . הצג תשובתך בצורה מרוכבת.
- ג. חשב את ההספק הנמסר לנגד R_1 .

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי מסוג RL.



איור לשאלה 3

נתונים:

$$\begin{aligned} R_1 &= 6 \, \Omega & L &= 1.2 \, \text{H} \\ R_2 &= 12 \, \Omega & V_S &= 9.6 \, \text{V} \\ R_S &= 4 \, \Omega \end{aligned}$$

המפסק S נמצא במצב 1 זמן ממושך. בזמן $t = 0$ מעבירים את המפסק S למצב 2.

- א. רשום ביטוי המתאר את הזרם $i(t)$ דרך הסליל L במעגל הנתון כפונקציה של הזמן.
- ב. רשום ביטוי המתאר את המתח $U_L(t)$ על הסליל L במעגל הנתון כפונקציה של הזמן.
- ג. סרטט במחברתך זה מתחת לזה, בהתאמה, את הזרם $i_L(t)$ ואת המתח $U_L(t)$ על הסליל L כפונקציה של הזמן.
- ד. חשב את הערך של הזרם $i_L(t)$ עבור $t = 200 \, \text{msec}$.

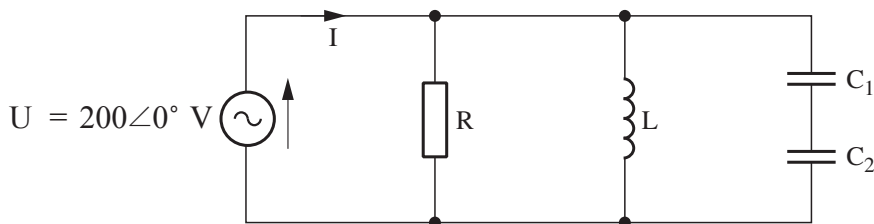
שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון מעגל RLC הנמצא בתהודה מקבילית.

נתונים:

$$L = 25 \text{ mH}$$

$$C_1 = 50 \mu\text{F}$$



איור לשאלה 4

- א. חשב את הקיבוליות של הקבל C_2 אם ידוע שתדר התהודה של המעגל שווה ל- 200 Hz .
- ב. חשב את ערך הנגד R אם ידוע שרוחב הפס של המעגל הוא 100 Hz .
- ג. חשב את העכבה השקולה של המעגל כאשר הוא במצב תהודה.
- ד. חשב את הזרם I כאשר המעגל נמצא במצב תהודה.

פרק שני: אלקטרוניקה ב'

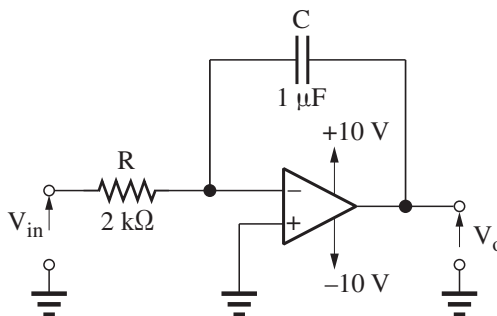
ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 5-8 (לכל שאלה – 25 נקודות)

שאלה 5

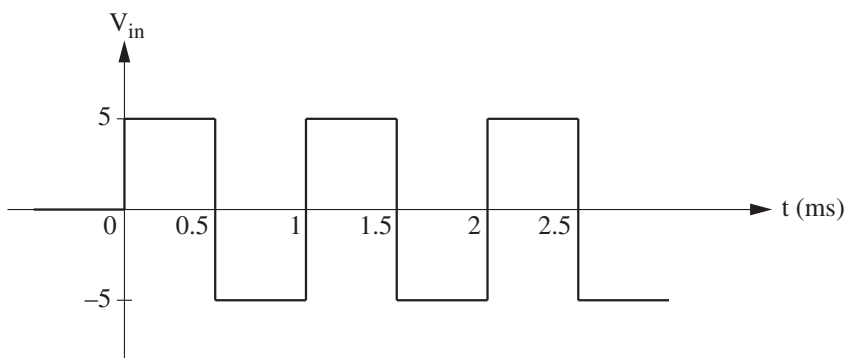
באיור א' לשאלה 5 נתון מעגל חשמלי הכולל מגבר-שרת אידיאלי.

נתונים:

- מתחי ההזנה $\pm 10V$
- המתח ההתחלתי בקבל הוא 0
- במבוא מספקים דפקים כמתואר באיור ב' לשאלה.



איור א' לשאלה 5



איור ב' לשאלה 5

א. באיור ב' לשאלה נתונה צורת המתח V_{in} ; העתק אותה למחברתך וסרטט מתחתיה את צורת המתח V_o כפונקציה של הזמן.

ב. חשב את ערכי V_o בזמנים: $t = 0.5 \text{ ms}$, $t = 1 \text{ ms}$.

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון מעגל חשמלי של מגבר מכשור ותרמיסטור שהתנגדותו, R_T , תלויה בטמפרטורה לפי הנוסחה הזאת: $R_T = R_0 + K \cdot T$.

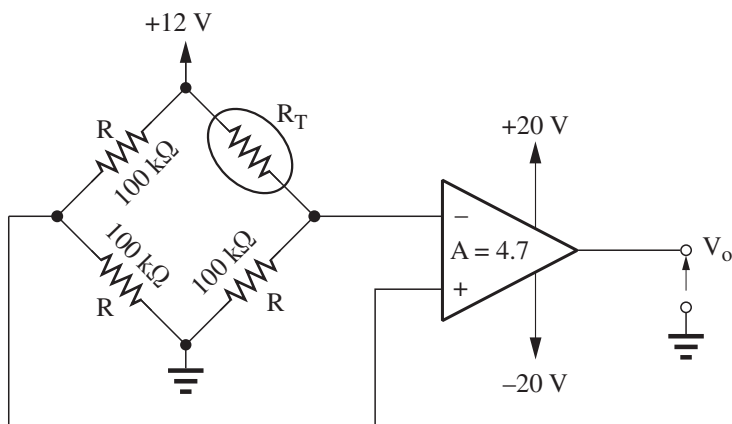
נתונים:

$R_0 = 100 \text{ k}\Omega$ - התנגדות התרמיסטור בטמפרטורה של 0°C

$K = -1 \frac{\text{k}\Omega}{^\circ\text{C}}$ - מקדם ההתנגדות כתלות בטמפרטורה

T - הטמפרטורה במעלות צלזיוס

$A = 4.7$ - הגבר של מגבר המכשור

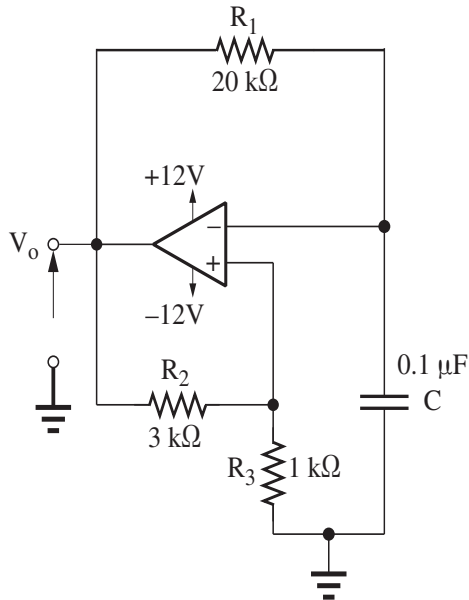


איור לשאלה 6

- א. חשב את ערכו של מתח המוצא V_o כאשר הטמפרטורה של התרמיסטור היא 0°C .
- ב. חשב את ערכו של מתח המוצא V_o כאשר הטמפרטורה של התרמיסטור היא 60°C .

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון מעגל חשמלי הכולל מגבר-שרת אידיאלי.

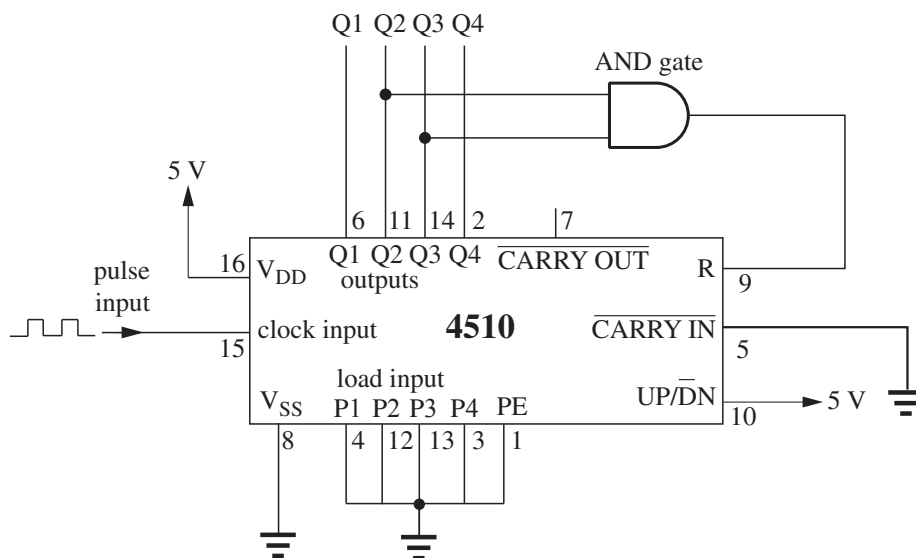


איור לשאלה 7

- א. חשב את הערך המרבי ואת הערך המזערי של מתח הקבל V_c ושל מתח המוצא V_o במעגל.
- ב. סרטט במחברתך בהתאמה, זו מתחת לזו, את צורת מתח הקבל V_c ואת צורת מתח המוצא V_o כפונקציה של הזמן.
- ג. חשב את תדר התנודות ואת מחזור הפעולה (Duty Cycle).

שאלה 8

באיור לשאלה 8 מתואר מונה עשרוני 4510. הנח שבזמן $t = 0$ המונה מאופס.



איור לשאלה 8

א. בנספח לשאלה 8 נתונים דפי המפרט של המונה. הסבר בצורה קצרה ותמציתית את פעולתם של ההדקים הבאים:

1. $\overline{\text{CARRY IN}}$

2. R

3. $\text{UP}/\overline{\text{DN}}$

4. PE

5. (Q1, Q2, Q3, Q4) outputs

ב. התייחס לצורת החיבור כפי שמופיע באיור לשאלה וקבע את המחזוריות של המונה (מודולו) נמק קביעתך.

בהצלחה!

BCD Up/Down Counter

The MC14510B synchronous up/down BCD counter is constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a monolithic structure. The counter consists of type D flip-flop stages with a gating structure to provide type T flip-flop capability.

This counter can be preset by applying the desired value in BCD to the Preset inputs (P1, P2, P3, P4) and then bringing the Preset Enable (PE) high. The direction of counting is controlled by applying a high (for up counting) or a low (for down counting) to the UP/DOWN input. The state of the counter changes on the positive transition of the clock input.

Cascading can be accomplished by connecting the Carry Out to the Carry In of the next stage while clocking each counter in parallel. The outputs (Q1, Q2, Q3, Q4) can be reset to a low state by applying a high to the Reset (R) pin.

This CMOS counter finds primary use in up/down and difference counting. Other applications include: (1) Frequency synthesizer applications where low power dissipation and/or high noise immunity is desired, (2) Analog-to-digital and digital-to-analog conversions, and (3) Magnitude and sign generation.

- Diode Protection on All Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Internally Synchronous for High Speed
- Logic Edge-Clocked Design — Count Occurs on Positive Going Edge of Clock
- Asynchronous Preset Enable Operation
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range.

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	DC Supply Voltage	- 0.5 to + 18.0	V
V _{in} , V _{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	- 0.5 to V _{DD} + 0.5	V
I _{in} , I _{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	± 10	mA
P _D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T _{stg}	Storage Temperature	- 65 to + 150	°C
T _L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the may occur.

† Temperature Derating:

Plastic "P and D/DW" Packages: - 7.0 mW/°C From 85°C To 125°C

Ceramic "L" Packages: - 12 mW/°C From 100°C To 125°C

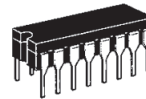
TRUTH TABLE

Carry In	Up/Down	Preset Enable	Reset	Clock	Action
1	X	0	0	X	No Count
0	1	0	0	⌋	Count Up
0	0	0	0	⌋	Count Down
X	X	1	0	X	Preset
X	X	X	1	X	Reset

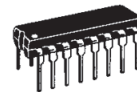
X = Don't Care

NOTE: When counting up, the Carry Out signal is normally high, and is low only when Q1 and Q4 are high and Carry In is low. When counting down, Carry Out is low only when Q1 through Q4 and Carry In are low.

MC14510B



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648



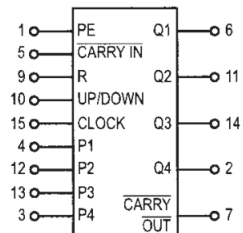
D SUFFIX
SOIC
CASE 751B

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP	Plastic
MC14XXXBCL	Ceramic
MC14XXXBD	SOIC

T_A = - 55° to 125°C for all packages.

BLOCK DIAGRAM



V_{DD} = PIN 16
V_{SS} = PIN 8

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V_{DD} Vdc	- 55°C		25°C			125°C		Unit
			Min	Max	Min	Typ #	Max	Min	Max	
Output Voltage "0" Level $V_{in} = V_{DD}$ or 0	V_{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
		15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
"1" Level $V_{in} = 0$ or V_{DD}	V_{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc
		10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—	
		15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—	
Input Voltage "0" Level ($V_O = 4.5$ or 0.5 Vdc) ($V_O = 9.0$ or 1.0 Vdc) ($V_O = 13.5$ or 1.5 Vdc)	V_{IL}	5.0	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	Vdc
		10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0	
		15	—	4.0	—	6.75	4.0	—	4.0	
	V_{IH}	5.0	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	Vdc
		10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0	—	
		15	11	—	11	8.25	—	11	—	
Output Drive Current Source ($V_{OH} = 2.5$ Vdc) ($V_{OH} = 4.6$ Vdc) ($V_{OH} = 9.5$ Vdc) ($V_{OH} = 13.5$ Vdc) Sink ($V_{OL} = 0.4$ Vdc) ($V_{OL} = 0.5$ Vdc) ($V_{OL} = 1.5$ Vdc)	I_{OH}	5.0	-3.0	—	-2.4	-4.2	—	-1.7	—	mAdc
		5.0	-0.64	—	-0.51	-0.88	—	-0.36	—	
		10	-1.6	—	-1.3	-2.25	—	-0.9	—	
		15	-4.2	—	-3.4	-8.8	—	-2.4	—	
	I_{OL}	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	mAdc
		10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—	
		15	4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—	
Input Current	I_{in}	15	—	± 0.1	—	± 0.00001	± 0.1	—	± 1.0	μ Adc
Input Capacitance ($V_{in} = 0$)	C_{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF
Quiescent Current (Per Package)	I_{DD}	5.0	—	5.0	—	0.005	5.0	—	150	μ Adc
		10	—	10	—	0.010	10	—	300	
		15	—	20	—	0.015	20	—	600	
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) ($C_L = 50$ pF on all outputs, all buffers switching)	I_T	5.0 10 15	$I_T = (0.58 \mu A/kHz) f + I_{DD}$ $I_T = (1.20 \mu A/kHz) f + I_{DD}$ $I_T = (1.70 \mu A/kHz) f + I_{DD}$							μ Adc

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

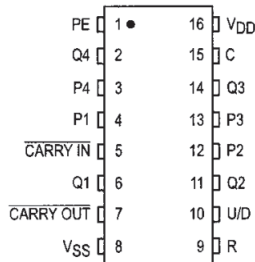
** The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + (C_L - 50) V f k$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, $V = (V_{DD} - V_{SS})$ in volts, f in kHz is input frequency, and $k = 0.001$.

PIN ASSIGNMENT



PIN DESCRIPTIONS

INPUTS

P1, P2, P3, P4, Preset Inputs (Pins 4, 12, 13, 3) — Data on these inputs is loaded into the counter when PE is taken high.

Carry In, (Pin 5) — Active-low input used when cascading stages. Usually connected to Carry Out of the previous stage. While high, clock is inhibited.

Clock, (Pin 15) — BCD data is incremented or decremented, depending on the direction of count, on the positive transition of this signal.

OUTPUTS

Q1, Q2, Q3, Q4, BCD outputs (Pins 6, 11, 14, 2) — BCD data is present on these outputs with Q1 corresponding to the least significant bit.

Carry Out, (Pin 7) — Used when cascading stages, this pin is usually connected to Carry In of the next stage. This

synchronous output is active low and may also be used to indicate terminal count.

CONTROLS

PE, Preset Enable (Pin 1) — Asynchronously loads data on the Preset Inputs. This pin is active high and will inhibit the clock when high.

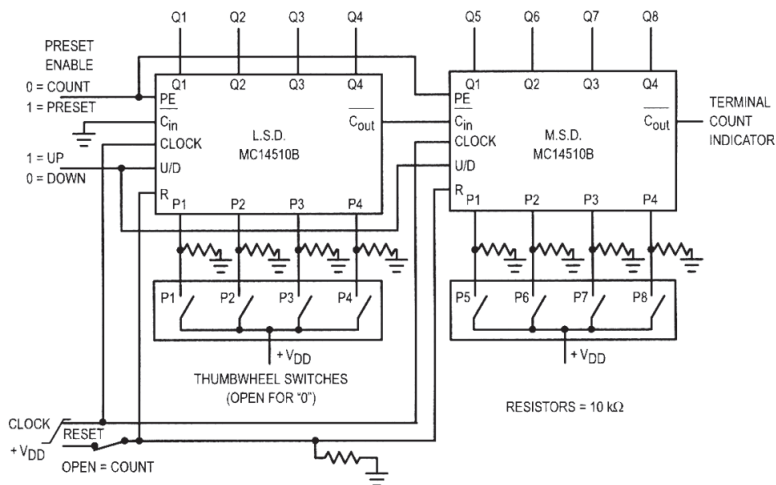
R, Reset, (Pin 9) — Asynchronously resets the Q outputs to a low state. This pin is active high and will inhibit the clock when high.

Up/Down, (Pin 10) — Controls the direction of count: high for up count, low for down count.

SUPPLY PINS

VSS, Negative Supply Voltage, (Pin 8) — This pin is usually connected to ground.

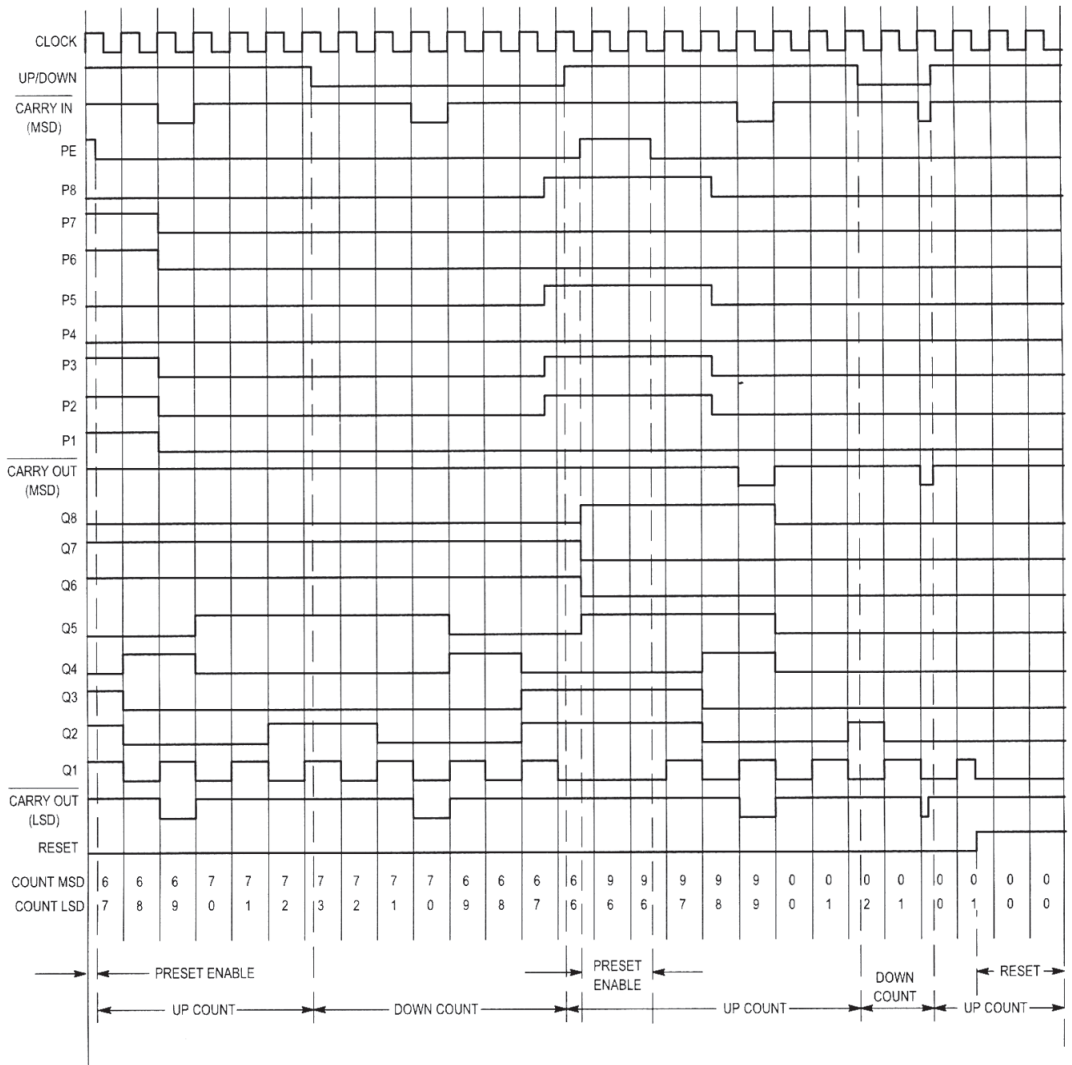
VDD, Positive Supply Voltage, (Pin 16) — This pin is connected to a positive supply voltage ranging from 3.0 Vdc to 18.0 Vdc.



Note: The Least Significant Digit (L.S.D.) counts from a preset value once Preset Enable (PE) goes low. The Most Significant Digit (M.S.D.) does not change while $\overline{C_{in}}$ is high. When the count of the L.S.D. reaches 0 (count down mode) or reaches 9 (count up mode), $\overline{C_{out}}$ goes low for one complete clock cycle, thus allowing the next counter to decrement/increment one count. The L.S.D. now counts through another cycle (10 clock pulses) and the above cycle is repeated.

Figure 3. Presettable Cascaded 8-Bit Up/Down Counter

**TIMING DIAGRAM FOR THE PRESETTABLE
CASCADED 8-BIT UP/DOWN COUNTER**



מקום מדינת ישראל

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון במערכות חשמל לכיתה י"ד

(17 עמודים)

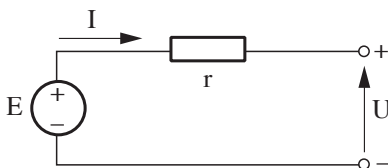
(הגדלים בנוסחאון מופיעים ביחידות SI)

1. מקור מתח ומקור זרם

כא"מ של מקור מתח

הכא"מ	-	E	[V]
מתח ההדקים	-	U	[V]
התנגדות פנימית	-	r	[Ω]
זרם	-	I	[A]

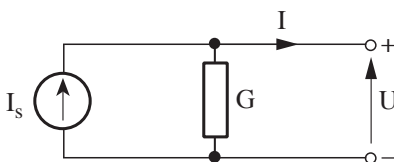
$$E = U + I \cdot r$$



זרם של מקור זרם

זרם המקור	-	I_s	[A]
מוליכות פנימית של מקור זרם	-	G	[S]

$$I_s = I + G \cdot U$$



2. אלקטרוסטטיקה

שדה חשמלי ופוטנציאל חשמלי

פוטנציאל חשמלי	-	U	[V]	$U = \frac{k \cdot q}{r} = \frac{W}{q}$
אנרגיה פוטנציאלית חשמלית	-	W	[W · sec או J]	
עוצמת השדה החשמלי	-	E	[V / m]	$E = \frac{k \cdot q}{r^2} = \frac{U}{r}$
קבוע	-	k	$\left[\frac{V \cdot m}{C} \right]$	$k = 9 \cdot 10^9$
מטען	-	q	[C]	$1 C = 6.24 \cdot 10^{18} e$
מרחק מהמטען	-	r	[m]	
מטען האלקטרון	-	e	[C]	

קבל לוחות

קבוע דיאלקטרי של החומר	-	ϵ	[F / m]	$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} = 8.85 \cdot 10^{-12}$
קבוע דיאלקטרי של הריק	-	ϵ_0	[F / m]	
קבוע דיאלקטרי יחסי	-	ϵ_r		$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$
קיבול הקבל	-	C	[F]	$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad C = \frac{Q}{U}$
המתח על הקבל	-	U	[V]	
מטען הקבל	-	Q	[C]	$W = \frac{1}{2} \cdot C U^2$
המרחק בין לוחות הקבל	-	d	[m]	
שטח החתך של לוחות הקבל	-	A	[m ²]	
האנרגיה החשמלית האגורה בקבל	-	W	[W · sec או J]	

3. מגנטיות ואלקטרומגנטיות

השראה מגנטית (שדה מגנטי)	- B	$\left[\frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} \right]$	$B = \frac{\Phi}{A}$
שטח חתך	- A	$[\text{m}^2]$	
שטף מגנטי	- Φ	[Wb או $\text{V} \cdot \text{sec}$]	$E = -N \frac{d\Phi}{dt}$
כא"מ מושרה	- E	[V]	
מספר כריכות הסליל	- N		$L = N \frac{d\Phi}{dI}$
השראות עצמית של הסליל	- L	[H]	
השראות הדדית	- M^*	[H]	$E = -L \frac{dI}{dt}$
מקדם הצימוד	- k		
האנרגיה המגנטית האגורה בסליל	- W	[J או $\text{W} \cdot \text{sec}$]	$L = \frac{N^2}{R_m}$
			$M^* = k \sqrt{L_1 L_2}$
			$W = \frac{1}{2} LI^2$

4. רכיבים פסיביים ליניאריים

סליל

$u_L(t)$	[V]	- מתח רגעי על הסליל	$u_L(t) = L \cdot \frac{di_L(t)}{dt}$
$\frac{di_L(t)}{dt}$		- שינוי זרם בסליל	$i_L(t) = \frac{1}{L} \int_{t_0}^t u_L(t) dt + I_{L0}$
L	[H]	- השראות הסליל	
$i_L(t)$	[A]	- זרם רגעי בסליל	$p_L(t) = L \cdot i_L(t) \cdot \frac{di_L(t)}{dt}$
I_{L0}	[A]	- זרם התחלתי בסליל	
$p_L(t)$	[W]	- הספק רגעי בסליל	$p_L(t) = u_L(t) \left(\frac{1}{L} \int_{t_0}^t u_L(t) dt + I_{L0} \right)$

קבל

$i_C(t)$	[A]	- זרם רגעי בקבל	$i_C(t) = C \cdot \frac{du_C(t)}{dt}$
$\frac{du_C(t)}{dt}$		- שינוי מתח בקבל	$u_C(t) = \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i_C(t) dt + U_{C0}$
C	[F]	- קיבול הקבל	
$u_C(t)$	[V]	- מתח רגעי על הקבל	$p_C(t) = C \cdot u_C(t) \cdot \frac{du_C(t)}{dt}$
U_{C0}	[V]	- מתח התחלתי על הקבל	
$p_C(t)$	[W]	- הספק רגעי בקבל	$p_C(t) = i_C(t) \left(\frac{1}{C} \int_{t_0}^t i_C(t) dt + U_{C0} \right)$

5. תופעות מעבר

מעגל RC

$u_C(t)$ [V]	- מתח על הקבל	$u_C(t) = U_{C\infty} - (U_{C\infty} - U_{C0})e^{-\frac{t}{\tau}}$
$U_{C\infty}$ [V]	- מתח סופי (עבור $t \rightarrow \infty$) על הקבל	
U_{C0} [V]	- מתח התחלתי על הקבל	$\tau = RC$
t [sec]	- זמן	$i_C(t) = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$
τ [sec]	- קבוע הזמן	
$i_C(t)$ [A]	- זרם בקבל	
E [V]	- מתח המקור	

מעגל RL

$i_L(t)$ [A]	- זרם בסליל	$i_L(t) = I_{L\infty} - (I_{L\infty} - I_{L0})e^{-\frac{t}{\tau}}$
$I_{L\infty}$ [A]	- זרם סופי (עבור $t \rightarrow \infty$) בסליל	
I_{L0} [A]	- זרם התחלתי בסליל	$\tau = \frac{L}{R}$
$u_L(t)$ [V]	- מתח על הסליל	$u_L(t) = U_{L0} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$
U_{L0} [V]	- מתח התחלתי על הסליל	

6. מעגל תהודה RLC טורי/מקבילי

f_o [Hz]	- תדר התהודה	$f_o = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$	$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
ω_o $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}}\right]$	- תדר התהודה הזוויתי		$BW = \frac{f_o}{Q_o}$
BW [Hz]	- רוחב הפס		
Q_o	- גורם הטיב		

במעגל תהודה טורי:

$$Q_o = \frac{X_L}{R}$$

במעגל תהודה מקבילי:

$$Q_o = \frac{R}{X_L}$$

7. המרה כוכב-משולש

$$Z_1 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}$$

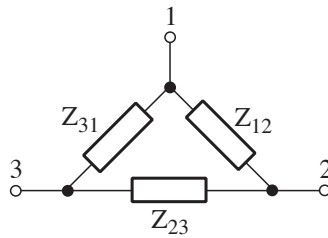
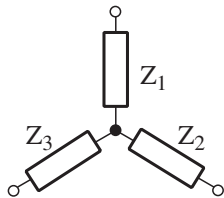
$$Z_{12} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_3}$$

$$Z_2 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{23}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}$$

$$Z_{23} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_1}$$

$$Z_3 = \frac{Z_{23} \cdot Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}$$

$$Z_{31} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_2}$$



8. זרם חילופין סינוסואידלי

ערך רגעי של הזרם	-	$i(t)$	[A]
ערך מרבי של הזרם - תנופת הזרם	-	$I_{\max}$	[A]
זווית מופע	-	α	[rad]
זמן	-	t	[sec]
ערך רגעי של המתח	-	$u(t)$	[V]
ערך מרבי של המתח - תנופת המתח	-	$U_{\max}$	[V]
ערך יעיל של הזרם	-	I_{eff}	[A]
ערך יעיל של המתח	-	U_{eff}	[V]
זמן המחזור	-	T	[sec]
תדירות זוויתית	-	ω	[rad / sec]
תדירות	-	f	[Hz , cycles / sec]
היגב השראותי	-	X_L	[Ω]
היגב קיבולי	-	X_C	[Ω]

$$i(t) = I_{\max} \sin(\omega t + \alpha)$$

$$u(t) = U_{\max} \sin(\omega t + \alpha)$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{\max}$$

$$U_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{\max}$$

$$\omega = 2\pi f \quad T = \frac{1}{f}$$

$$X_L = \omega L \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

9. הספקים

הספק פעיל	-	P	[W]
הספק מדומה	-	S	[VA]
הספק היגבי	-	Q	[VAr]
זווית מופע	-	φ	[°, rad]

$$\text{tg } \varphi = \frac{Q}{P} \quad P = S \cos \varphi$$

$$S = P \pm jQ \quad Q = S \sin \varphi$$

10. רשתות תלת-מופעיות

בוכב סימטרי

$$I_L = I_{ph}$$

זרם קווי - I_L [A]

זרם מופעי - I_{ph} [A]

מתח שלוב (קווי) - U_L [V]

מתח מופעי - U_{ph} [V]

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_{ph}$$

משולש סימטרי

$$U_L = U_{ph}$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{ph}$$

הספק תלת מופעי

הספק מדומה תלת-מופעי - S [VA]

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$

הספק פעיל תלת-מופעי - P [W]

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cos \varphi$$

הספק היגבי תלת-מופעי - Q [VAr]

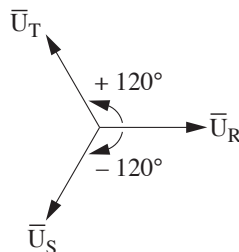
$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \sin \varphi$$

ייצוג מתחים מופעיים במישור המרוכב של רשת תלת-מופעית סימטרית

$$\bar{U}_R = U \angle 0^\circ$$

$$\bar{U}_S = U \angle -120^\circ$$

$$\bar{U}_T = U \angle +120^\circ$$



רשת תלת-מופעית עם מוליך אפס

זרם במוליך האפס - $\vec{I}_N$ [A]

זרם קווי - $\vec{I}_L$ [A]

הספק בתחילת קו ההזנה - P_1 [W]

הספק בסוף קו ההזנה - P_2 [W]

נצילות המערכת - η

הפסדי הספק בקו ההזנה - ΔP [W]

$$\vec{I}_N = \vec{I}_{L_1} + \vec{I}_{L_2} + \vec{I}_{L_3}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_1 = P_2 + \Delta P$$

11. מקדמים של רשת זוגיים

ABCD מקדמי

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_2 \\ I_2 \end{pmatrix} \quad \begin{aligned} V_1 &= A \cdot V_2 + B \cdot I_2 \\ I_1 &= C \cdot V_2 + D \cdot I_2 \end{aligned}$$

Z מקדמי

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} \quad \begin{aligned} V_1 &= Z_{11} \cdot I_1 + Z_{12} \cdot I_2 \\ V_2 &= Z_{21} \cdot I_1 + Z_{22} \cdot I_2 \end{aligned}$$

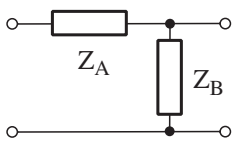
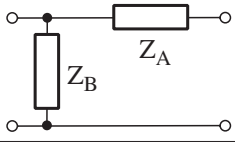
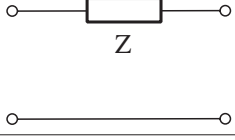
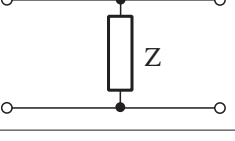
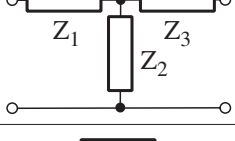
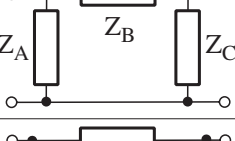
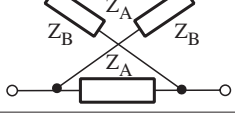
Y מקדמי

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} \quad \begin{aligned} I_1 &= Y_{11} \cdot V_1 + Y_{12} \cdot V_2 \\ I_2 &= Y_{21} \cdot V_1 + Y_{22} \cdot V_2 \end{aligned}$$

h מקדמי

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ V_2 \end{pmatrix} \quad \begin{aligned} V_1 &= h_{11} \cdot I_1 + h_{12} \cdot V_2 \\ I_2 &= h_{21} \cdot I_1 + h_{22} \cdot V_2 \end{aligned}$$

מקדמי ABCD של זוגיים

	A	B	C	D
	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_B}$	Z_A	$\frac{1}{Z_B}$	1
	1	Z_A	$\frac{1}{Z_B}$	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_B}$
	1	Z	0	1
	1	0	$\frac{1}{Z}$	1
	$1 + \frac{Z_1}{Z_2}$	$\frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2} + Z_1 + Z_3$	$\frac{1}{Z_2}$	$1 + \frac{Z_3}{Z_2}$
	$1 + \frac{Z_B}{Z_C}$	Z_B	$\frac{Z_A + Z_B + Z_C}{Z_A \cdot Z_C}$	$1 + \frac{Z_B}{Z_A}$
	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_B - Z_A}$	$\frac{2Z_A \cdot Z_B}{Z_B - Z_A}$	$\frac{2}{Z_B - Z_A}$	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_B - Z_A}$

מקדמי Z ו-Y של זוגיים

	Z			Y		
	Z_{11}	$Z_{12} = Z_{21}$	Z_{22}	Y_{11}	$Y_{12} = Y_{21}$	Y_{22}
	$Z_A + Z_B$	Z_B	Z_B	$\frac{1}{Z_A}$	$-\frac{1}{Z_A}$	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_A \cdot Z_B}$
	Z_B	Z_B	$Z_A + Z_B$	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_A \cdot Z_B}$	$-\frac{1}{Z_A}$	$\frac{1}{Z_A}$
	∞	∞	∞	$\frac{1}{Z}$	$-\frac{1}{Z}$	$\frac{1}{Z}$
	Z	Z	Z	∞	∞	∞
	$Z_1 + Z_2$	Z_2	$Z_2 + Z_3$	$\frac{Z_2 + Z_3}{Z_1 Z_3 + Z_2(Z_1 + Z_3)}$	$\frac{-Z_2}{Z_1 Z_3 + Z_2(Z_1 + Z_3)}$	$\frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 Z_3 + Z_2(Z_1 + Z_3)}$
	$\frac{Z_A (Z_B + Z_C)}{Z_A + Z_B + Z_C}$	$\frac{Z_A \cdot Z_C}{Z_A + Z_B + Z_C}$	$\frac{Z_C (Z_A + Z_B)}{Z_A + Z_B + Z_C}$	$\frac{Z_A + Z_B}{Z_A \cdot Z_B}$	$-\frac{1}{Z_B}$	$\frac{Z_B + Z_C}{Z_B \cdot Z_C}$
	$\frac{Z_A + Z_B}{2}$	$\frac{Z_A - Z_B}{2}$	$\frac{Z_A + Z_B}{2}$	$\frac{Z_A + Z_B}{2 Z_A \cdot Z_B}$	$\frac{Z_A - Z_B}{2 Z_A \cdot Z_B}$	$\frac{Z_A + Z_B}{2 Z_A \cdot Z_B}$

הערה: זרם הכניסה I_1 וזרם היציאה I_2 נכנסים לרשת.

טבלה השוואתית של מקדמי זוגיים

	[Z]		[Y]		A B C D		[h]	
[Z]	Z_{11}	Z_{12}	$\frac{Y_{22}}{ Y }$	$\frac{-Y_{12}}{ Y }$	$\frac{A}{C}$	$\frac{AD-BC}{C}$	$\frac{ h }{h_{22}}$	$\frac{h_{12}}{h_{22}}$
	Z_{21}	Z_{22}	$\frac{-Y_{21}}{ Y }$	$\frac{Y_{11}}{ Y }$	$\frac{1}{C}$	$\frac{D}{C}$	$\frac{h_{21}}{h_{22}}$	$\frac{1}{h_{22}}$
[Y]	$\frac{Z_{22}}{ Z }$	$\frac{-Z_{12}}{ Z }$	Y_{11}	Y_{12}	$\frac{D}{B}$	$\frac{-(AD-BC)}{B}$	$\frac{1}{h_{11}}$	$\frac{-h_{12}}{h_{11}}$
	$\frac{-Z_{21}}{ Z }$	$\frac{Z_{11}}{ Z }$	Y_{21}	Y_{22}	$\frac{-1}{B}$	$\frac{A}{B}$	$\frac{h_{21}}{h_{11}}$	$\frac{ h }{h_{11}}$
A B C D	$\frac{Z_{11}}{Z_{21}}$	$\frac{ Z }{Z_{21}}$	$\frac{-Y_{22}}{Y_{21}}$	$\frac{-1}{Y_{21}}$	A	B	$\frac{- h }{h_{21}}$	$\frac{-h_{11}}{h_{21}}$
	$\frac{1}{Z_{21}}$	$\frac{Z_{22}}{Z_{21}}$	$\frac{- Y }{Y_{21}}$	$\frac{-Y_{11}}{Y_{21}}$	C	D	$\frac{-h_{22}}{h_{21}}$	$\frac{-1}{h_{21}}$
	$\frac{ Z }{Z_{22}}$	$\frac{Z_{12}}{Z_{22}}$	$\frac{1}{Y_{11}}$	$\frac{-Y_{12}}{Y_{11}}$	$\frac{B}{D}$	$\frac{AD-BC}{D}$	h_{11}	h_{12}
	$\frac{-Z_{21}}{Z_{22}}$	$\frac{1}{Z_{22}}$	$\frac{Y_{21}}{Y_{11}}$	$\frac{ Y }{Y_{11}}$	$\frac{-1}{D}$	$\frac{C}{D}$	h_{21}	h_{22}
[g]	$\frac{1}{Z_{11}}$	$\frac{-Z_{12}}{Z_{11}}$	$\frac{ Y }{Y_{22}}$	$\frac{Y_{12}}{Y_{22}}$	$\frac{C}{A}$	$\frac{-(AD-BC)}{A}$	$\frac{h_{22}}{ h }$	$\frac{-h_{12}}{ h }$
	$\frac{Z_{21}}{Z_{11}}$	$\frac{ Z }{Z_{11}}$	$\frac{-Y_{21}}{Y_{22}}$	$\frac{1}{Y_{22}}$	$\frac{1}{A}$	$\frac{B}{A}$	$\frac{-h_{21}}{ h }$	$\frac{h_{11}}{ h }$

הערות

א. עבור מקדמי ABCD – זרם המוצא I_2 יוצא מהרשת.

עבור מקדמי Y ו-Z – זרם המוצא I_2 נכנס לרשת.

ב. $|Z|$, $|Y|$, ו- $|h|$ הם דטרמיננטים של המטריצות [Z] , [Y] , ו- [h] , בהתאמה.

רשתות זוגיים

Z_O [Ω]	- עכבה אופיינית	$Z_O = \sqrt{Z_{SC} Z_{OC}}$
Z_{SC} [Ω]	- עכבת המבוא כאשר המוצא בקצר	
Z_{OC} [Ω]	- עכבת המבוא כאשר המוצא בנתק	(עבור רשת סימטרית בלבד) $Z_O = \sqrt{\frac{B}{C}}$
B	- מקדם זוגיים	
C	- מקדם זוגיים	

$\left\{ \begin{array}{l} \text{מהצד} \\ \text{האחד} \end{array} \right.$	Z_{O1} [Ω]	- עכבת הבבואה	$\left\{ \begin{array}{l} Z_{O1} = \sqrt{Z_{SC1} Z_{OC1}} \\ Z_{O2} = \sqrt{Z_{SC2} Z_{OC2}} \end{array} \right.$
	Z_{SC1} [Ω]	- עכבת המבוא כאשר המוצא בקצר	
	Z_{OC1} [Ω]	- עכבת המבוא כאשר המוצא בנתק	
$\left\{ \begin{array}{l} \text{מהצד} \\ \text{האחר} \end{array} \right.$	Z_{O2} [Ω]	- עכבת הבבואה	
	Z_{SC2} [Ω]	- עכבת המבוא כאשר המוצא בקצר	
	Z_{OC2} [Ω]	- עכבת המבוא כאשר המוצא בנתק	

γ	- קבוע ההתפשטות	$e^\gamma = e^{\alpha + j\beta} = e^\alpha \angle \beta$
α [neper]	- קבוע הניחות	$N = e^\alpha = \left \frac{I_1}{I_2} \right $
(1 neper = 8.69 dB)		
β [rad]	- קבוע המופע, זווית המופע בין הזרמים I_2 ו- I_1	$N[\text{dB}] = 20 \log N$
N	- ניחות	

12. מסננים

התנגדות אופיינית $- R_o$ [Ω]

$$R_o = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

הגבר מתח $- A_V$

מתח מוצא $- V_o$ [V]

מתח מבוא $- V_i$ [V]

$$A_V = \frac{V_o}{V_i}$$

הגבר מתח בדציבלים $- A_V$ [dB]

$$A_V = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$$

הגבר הספק $- A_P$

הספק מוצא $- P_o$ [W]

הספק מבוא $- P_i$ [W]

$$A_P = \frac{P_o}{P_i}$$

הגבר הספק בדציבלים $- A_P$ [dB]

$$A_P = 10 \log \frac{P_o}{P_i}$$

LPF – קבוע K

תדר פוגה – f_c [Hz]

$$f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{\pi R_o C}$$

כאשר $\omega < \omega_c$

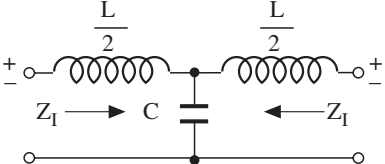
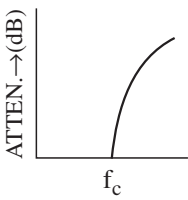
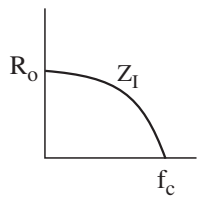
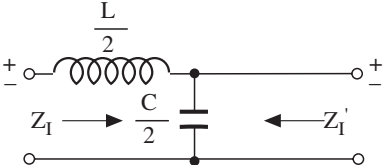
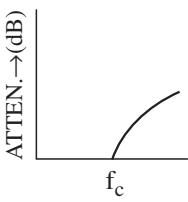
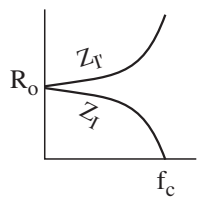
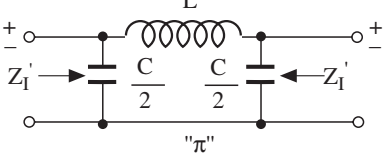
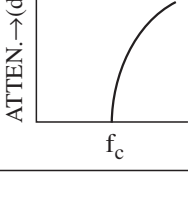
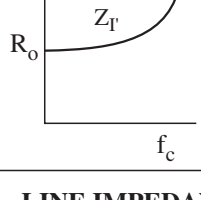
$$\beta = 2 \sin^{-1} \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)$$

כאשר $\omega > \omega_c$

$$\alpha = 2 \cosh^{-1} \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} \angle \theta = \frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_c)^2}} \angle -\tan^{-1} (f/f_c)$$

$$A_V [\text{dB}] = -20 \log (f/f_c)$$

constant-K LOW PASS FILTER		
CONFIGURATION	ATTENUATION	IMPEDANCE
 "T" (FULL SECTION)		
 "L" (HALF SECTION)		
 "pi"		
$L = \frac{R_o}{\pi f_c} ; \quad C = \frac{1}{\pi f_c R_o}$		$R_o = \text{LINE IMPEDANCE}$

HPF – קבוע K

f_c [Hz] – תדר פוגה

$$f_c = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{4\pi R_o C}$$

כאשר $\omega > \omega_c$:

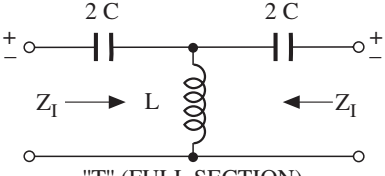
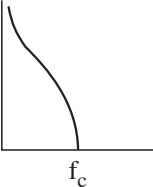
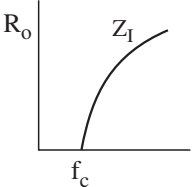
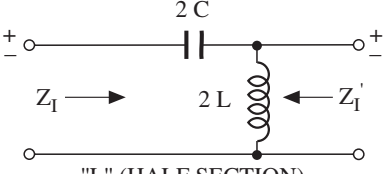
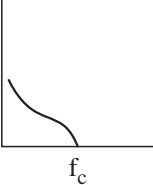
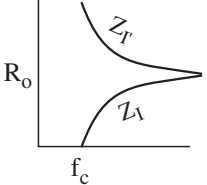
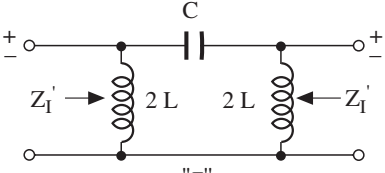
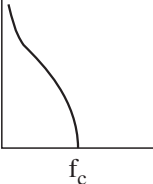
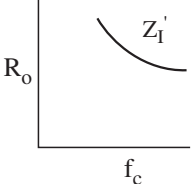
$$\beta = -2 \sin^{-1} \left(\frac{\omega_c}{\omega} \right)$$

כאשר $\omega < \omega_c$:

$$\alpha = 2 \cosh^{-1} \left(\frac{\omega_c}{\omega} \right)$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} \angle \theta = \frac{-1}{\sqrt{1 + (f_c/f)^2}} \angle \tan^{-1} (f_c/f)$$

$$A_V [\text{dB}] = 20 \log (f_c/f)$$

constant-K HIGH PASS FILTER		
CONFIGURATION	ATTENUATION	IMPEDANCE
 "T" (FULL SECTION)		
 "L" (HALF SECTION)		
 "pi"		
$L = \frac{R_o}{4\pi f_c} \quad ; \quad C = \frac{1}{4\pi f_c R_o}$		
$R_o = \text{LINE IMPEDANCE}$		

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקור נוסף בקת נבחן

נוסחאון באלקטרוניקה ב'

לכיתה י"ד

(5 עמודים)

משוב שלילי

הגבר בחוג סגור - A_f

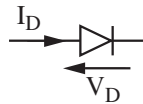
הגבר בחוג פתוח - A

מקדם המשוב - β

$$A_f = \frac{A}{1 + A\beta}$$

דיודת צומת

סימול:



א. דיודת אידיאלית:

ממתח קדמי - $V_D = 0$ (קֶצֶר)

ממתח אחורני - $I_D = 0$ (נֶתֶק)

ב. קירוב באמצעות V_γ :

ממתח קדמי - $V_D = V_\gamma$

ממתח אחורני - $I_D = 0$ ($V_D < V_\gamma$)

ג. קירוב באמצעות V_γ ו- R_f :

ממתח קדמי - $V_D = I_D \cdot R_f + V_\gamma$ ($V_D > V_\gamma$)

ממתח אחורני - $I_D = 0$ ($V_D < V_\gamma$)

טרנזיסטור FET (אזור הרוויה)

- זרם האפיק I_D [A] -
- זרם האפיק עבור I_{DSS} [A] -
- $V_{gs} = 0$
- המתח בין השער למקור V_{gs} [V] -
- מתח צביטה V_p [V] -

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{gs}}{V_p} \right)^2$$

$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_p|} \left(1 - \frac{V_{gs}}{V_p} \right)$$

$$g_m \left[\frac{1}{\Omega} \right] - \text{מוליכות הדדית}$$

$$g_{m0} \left[\frac{1}{\Omega} \right] - \text{מוליכות הדדית עבור } V_{gs} = 0$$

$$g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{|V_p|}$$

טרנזיסטור MOSFET (אזור הרוויה)

עבור טרנזיסטור מסוג N - CHANNEL :

$$V_T \text{ [V]} - \text{מתח צביטה}$$

$$k \left[\frac{mA}{V^2} \right] - \text{מקדם}$$

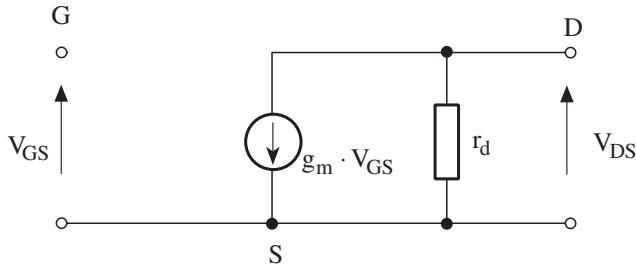
$$I_D = k(V_{GS} - V_T)^2$$

תנאי הרוויה

$$V_{GS} > V_T$$

$$V_{DS} > V_{GS} - V_T$$

תרשים תמורה מקורב של MOSFET



משוואת הדפקים היסודית

מתח המוצא	-	$V(t)$ [V]
מתח סופי (עבור $t \rightarrow \infty$)	-	V_∞ [V]
מתח התחלתי	-	V_{0+} [V]
זמן	-	t [sec]
קבוע הזמן	-	τ [sec]

$$V(t) = V_\infty - (V_\infty - V_{0+}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

טעינה לינארית

טעינת קבל בזרם קבוע:

מתח הקבל	-	$v_C(t)$ [V]
זרם הקבל	-	I_C [A]
קיבול	-	C [F]
זמן	-	t [sec]

$$v_C(t) = \frac{I_C}{C} \cdot t + V_C(0)$$

$$\Delta V_C = \frac{I_C}{C} \cdot \Delta t$$

טעינת סליל במתח קבוע:

זרם הסליל	-	$i_L(t)$ [A]
מתח הסליל	-	V_L [V]
השראות	-	L [H]

$$i_L(t) = \frac{V_L}{L} \cdot t + I_L(0)$$

$$\Delta I_L = \frac{V_L}{L} \cdot \Delta t$$

טבלת מצבים של JKFF

CLK	J	K	Q
1, 0	$\emptyset$	$\emptyset$	N.C
$\downarrow$	0	0	N.C
$\downarrow$	0	1	0
$\downarrow$	1	0	1
$\downarrow$	1	1	$\bar{Q}_{n-1}$ (שינוי מצב)

טבלת מצבים של SRFF (סינכרוני)

CLK	S	R	Q
0, 1	$\emptyset$	$\emptyset$	N.C
$\downarrow$	0	0	N.C
$\downarrow$	0	1	0
$\downarrow$	1	0	1
$\downarrow$	1	1	מצב אסור

טבלת מצבים של DFF

CLK	D	Q
1, 0	$\emptyset$	N.C
	0	0
	1	1

בהצלחה!

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
output signal	Выходной сигнал	إشارة إخراج	אות מוצא
clock signal	Тактовый сигнал	إشارة ساعة	אות שעון
determinants	Детерминанты	مُحدّد ج. مُحدّدات	דטרמיננטים
flip-flop	Триггер	نَطَاط / قَلَاب	דלגלג
pins	Ножка	رَبَاط	הדקים
false power	Мнимая мощность	القدرة الوهميّة	הספק מדומה
reactive power	Реактивная мощность	القدرة الارتكاسيّة	הספק עיוור
active power	Активная мощность	القدرة الفعّالة	הספק פעיל
inductive	Индуктивность	حتّي	השראותי
alternative current	Переменный ток	التيّار المُتردّد	זרם חילופין
star connection	Соединение звездой	اتّصال نجميّ	חיבור כוכב
direct inputs	Установочные входы	مدخل مباشر	מבואות ישירים
instrumentation amplifier	Измерительный усилитель	مُضخّم فارقيّ (جهازيّ)	מגבר מכשור
operational amplifier	Операционный усилитель	مُضخّم تشغيليّ	מגבר שרת
counter	Счётчик	عداد	מונה
three-phase generator	Трёх фазовый генератор	مُولد ثلاثيّ الأطوار	מחולל תלת-מופע
resonance state	Состояние резонанса	حالة رنين	מצב תהודה
quality factor	Коэффициент добротности	معامل النوعيّة	מקדם טיב
three-phase load	Трёхфазная нагрузка	حِمْل ثلاثيّ الأطوار	עומס תלת-מופע

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
characteristic impedance	Характерное реактивное сопротивление	الممانعة المميّزة	עכבה אופיינית
inductive coupling	Индуктивная пара	تقارن حثّي	צימוד השראותי
capacitor	Конденсатор	مُكثّف	קבל
feed line	Линия питания	خطّ التغذية	קו הזנה
free running oscillator	Мультивибратор	مُذبذب حرّ الأداء	רב־רטט חופשי
current loop method	Способ контурных токов	طريقة حلقة التيار	שיטת זרמי החוגים
half power frequencies	Частоты полумощности	تردد نصف القدرة	תדרי מחצית ההספק