

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשפ"ב, 2022

סמל השאלון: 711001

נספחים: א. נספח לשאלה 9

ב. נספח לשאלה 10

ג. מילון מונחים

ד. נוסחאון באלקטרוניקה

תקבילית א' לכיתה י"ג

ה. נוסחאון במבוא להנדסת

חשמל לכיתה י"ג

תורת האלקטרוניקה והחשמל ט'

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים (כיתה י"ג)

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: ארבע שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה עשר שאלות.
יש להשיב על חמש שאלות בלבד.
לכל שאלה – 20 נקודות.
סך-הכול – 100 נקודות.
- שימו לב: אם בחרתם לענות על הפרק השלישי, יש לענות על שאלה אחת בלבד.
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: מחשבון, וכן כל חומר הכתוב (בכתב יד או בהדפסה) על שלושה דפי A4 הכתובים משני הצדדים.
- ד. הוראות מיוחדות:
 1. ענו על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 2. התחילו כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
 3. כתבו את כל התשובות אך ורק בעט.
 4. הקפידו לנסח את התשובות כהלכה ולסרטט את התרשימים בבהירות.
 5. כתבו את התשובות בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה שלהן.
 6. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתכם חסר נתון, הוסיפו אותו על-פי שיקול דעתכם ופתרו בעזרתו את השאלה. כתבו בתשובה את הנתון שהוספתם.
 7. בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם כתובים:
 - * כתיבת הנוסחה המתאימה.
 - * הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
 - * חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
 - * כתיבת התוצאה המתקבלת, יחד עם יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.
 8. בנספח ג' לשאלון מובא מילון מונחים בשפות עברית, אנגלית, רוסית וערבית. תוכלו להיעזר בו בעת הצורך.
 9. צרף את שלושת דפי ה-A4 למחברת הבחינה.

בשאלון זה 10 עמודים ו-20 עמודי נספחים.

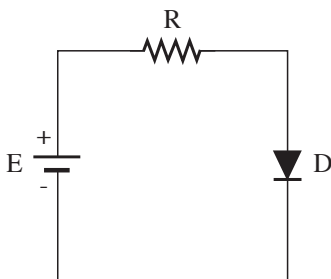
השאלות

ענו על חמש מבין השאלות 1–10 (לכל שאלה – 20 נקודות).

פרק ראשון: אלקטרוניקה תקבילית א'

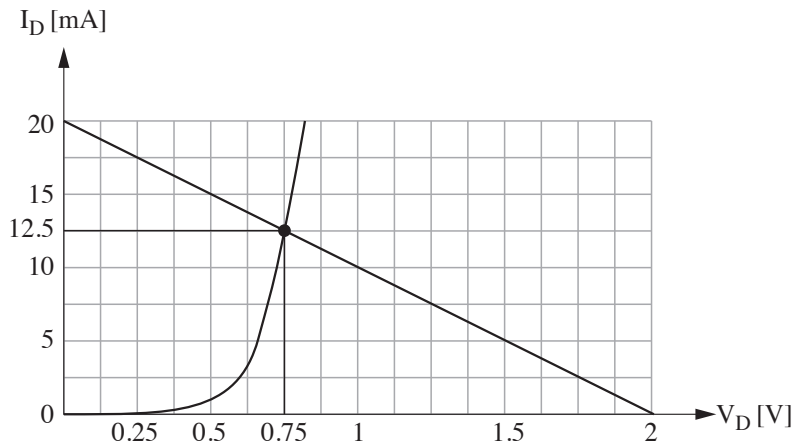
שאלה 1

באיור א' לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי הכולל דיודת סיליקון מעשית, הפועלת בזרם ישר בטמפרטורת סביבה של 25°C .



איור א' לשאלה 1

באיור ב' לשאלה נתון גרף המתאר את אופיין הדיודה. על הגרף מסורטט קו עבודה ועליו מסומנת נקודת העבודה של הדיודה.



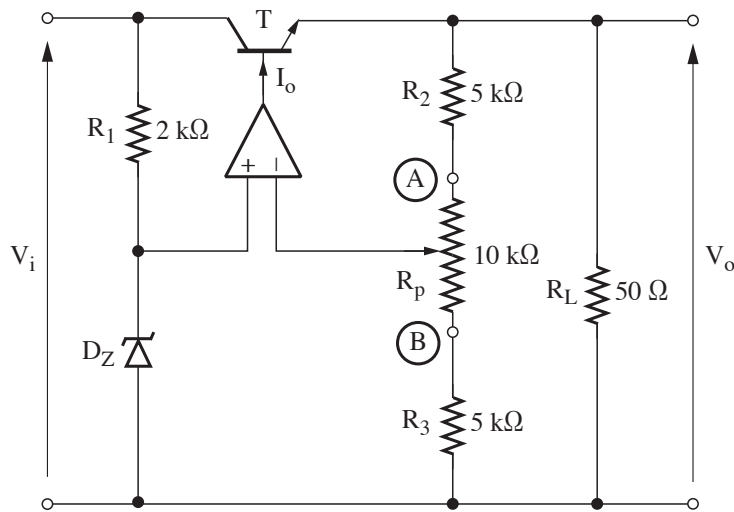
איור ב' לשאלה 1

- (7 נק') א. היעזרו בגרף שבאיור ב', מצאו את ערכו של מקור המתח E וחשבו את התנגדות הנגד R.
- (6 נק') ב. חשבו את ההספק המתפתח על הדיודה.
- (7 נק') ג. חשבו את זרם הזליגה האחורי, I_S , של הדיודה.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון מעגל חשמלי של מייצב מתח טורי. מגבר השרת שבמעגל אידיאלי.

נתוני המעגל הם: $V_i = 25 \text{ V}$; $V_{D_z} = 4.7 \text{ V}$; $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$; $\beta = 50$.



איור לשאלה 2

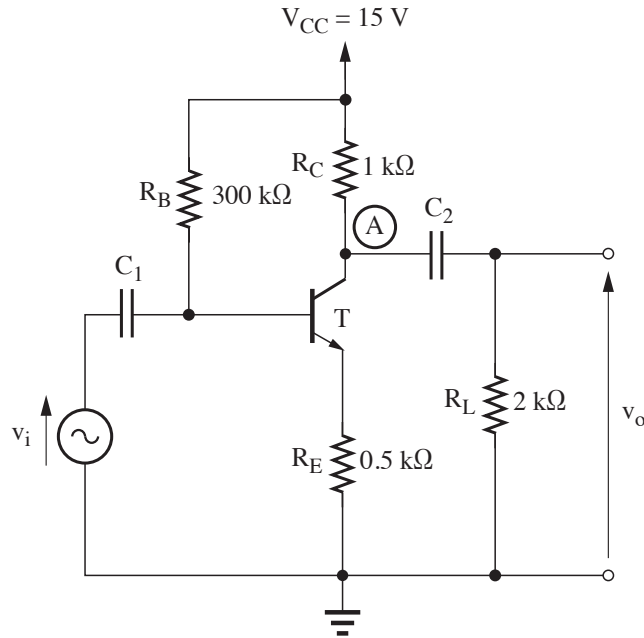
- (5 נק') א. חשבו את מתח המוצא, V_o , כאשר זחלן הפוטנציומטר, R_p , נמצא בנקודה (A).
- (5 נק') ב. חשבו את מתח המוצא, V_o , כאשר זחלן הפוטנציומטר, R_p , נמצא בנקודה (B).
- (5 נק') ג. חשבו את הזרם בנגד העומס, R_L , כאשר ערכו של מתח המוצא, V_o , הוא מרבי.
- (5 נק') ד. חשבו את הזרם במוצא מגבר השרת, I_o , כאשר ערכו של מתח המוצא, V_o , הוא מרבי.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי של דרגת הגברה טרנזיסטורית.

נתוני הטרנזיסטור הדורנושאי (BJT) הם: $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$; $h_{ie} = 1 \text{ k}\Omega$; $h_{fe} = \beta = 100$

היגבי הקבלים במעגל – זניחים.



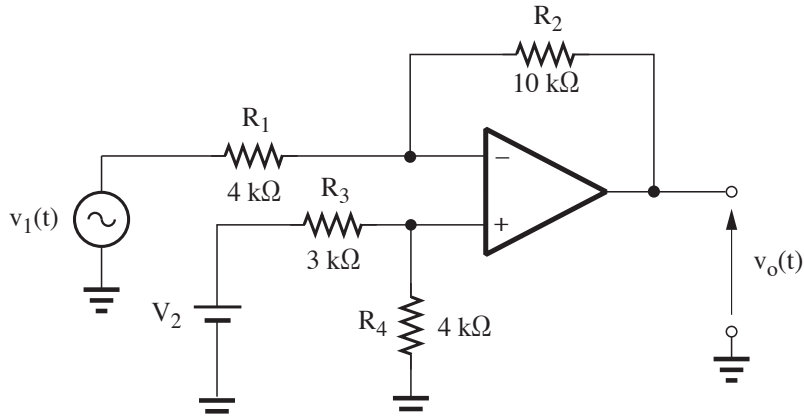
איור לשאלה 3

- א. (6 נק') חשבו את נקודת-העבודה של הטרנזיסטור T.
- ב. (4 נק') סרטטו את מעגל התמורה לאות חילופין (AC) של המעגל הזה.
- ג. (6 נק') כתבו ביטוי המתאר את הגבר המתח של המעגל $A_V = \frac{V_o}{V_i}$, וחשבו את ערכו.
- ד. (4 נק') סרטטו, זה מתחת לזה בהתאמה, את צורת הגלים של המתחים v_i , $V_{(A)}$ (המתח בנקודה A) ו- v_o . כפונקצייה של הזמן, כאשר: $v_i = 1 \cdot \sin(\omega t) \text{ [V]}$.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון מעגל חשמלי הכולל מגבר שרת אידיאלי.

נתון: $V_2 = 2 \text{ V}$; $v_1(t) = 0.8 \cdot \sin(1000 \pi t) [\text{V}]$



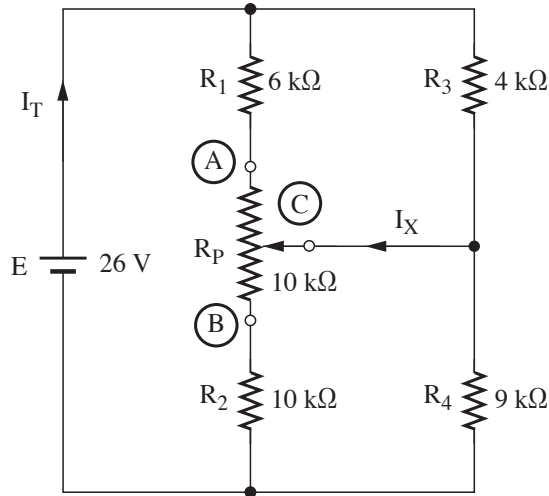
איור לשאלה 4

- א. (5 נק') כתבו ביטוי המתאר את מתח המוצא לאות חילופין, כאשר V_2 משותק (מקוצר או $V_2 = 0$).
- ב. (5 נק') כתבו ביטוי למתח המוצא הישר, כאשר $v_1(t)$ משותק (מקוצר או $V_1 = 0$).
- ג. (5 נק') כתבו ביטוי המתאר את מתח המוצא, $V_o(t)$, כפונקצייה של הזמן, כאשר שני מקורות המתח, V_1 ו- V_2 , מחוברים. חשבו את ערכו של מתח המוצא הזה.
- ד. (5 נק') סרטטו גרף המתאר את הצורה של מתח המוצא, V_o , כפונקצייה של הזמן. כתבו על-גבי הגרף את ערכי המתחים הקיצוניים ואת ערכי הזמנים המתאימים.

פרק שני: תורת החשמל

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון מעגל חשמלי הכולל נגד משתנה (פוטנציומטר). הזחלן (נקודה C) נע בין הנקודות A ל-B. את ההתנגדות בין נקודה A לנקודה C נסמן ב- R_{AC} .



איור לשאלה 5

14 נק') א. הזחלן נמצא בנקודה A ($R_{AC} = 0$).

7 נק') 1. חשבו את עוצמת הזרם הכללי, I_T .

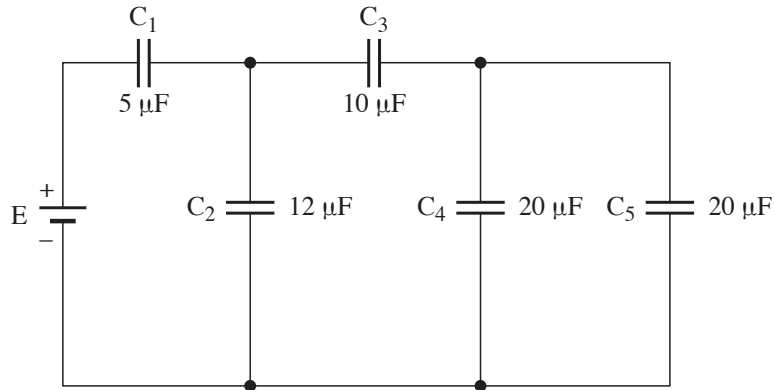
7 נק') 2. חשבו את ערכו של הזרם I_X המסומן באיור, וציינו את כיוונו (מימין לשמאל או משמאל לימין).

6 נק') ב. מזיזים את הזחלן עד לאיפוס הזרם I_X . חשבו את ההתנגדות, R_{AC} , במצב זה.

שאלה 6

באיור לשאלה 6 מתואר מערך של חמישה קבלים ומקור מתח ישר.

נתון: $Q_{C_5} = 100 \mu C$

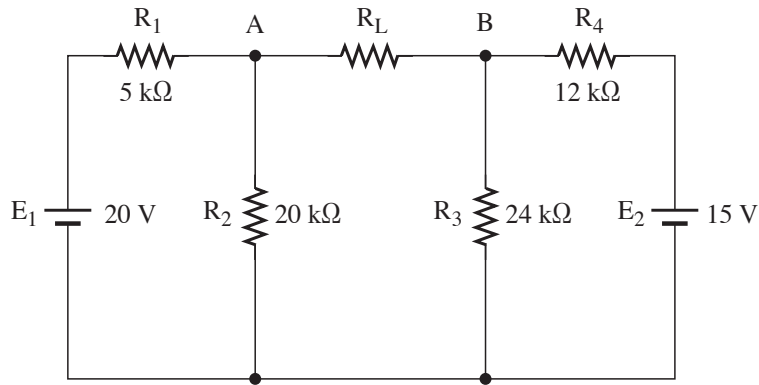


איור לשאלה 6

- א. (5 נק') חשבו את המתח על הקבל C_5 .
ב. (5 נק') חשבו את המתח על הקבל C_3 .
ג. (5 נק') חשבו את מתח המקור, E .
ד. (5 נק') חשבו את האנרגייה האצורה במערך הקבלים.

שאלה 7

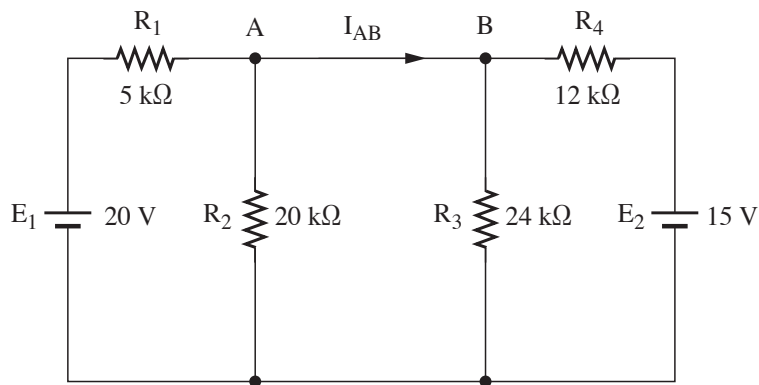
באיור א' לשאלה 7 נתון מעגל חשמלי. התנגדות הנגד R_L אינה ידועה.



איור א' לשאלה 7

- (6 נק') א. חשבו את ערכו של הנגד R_L , כדי שיועבר אליו הספק מרבי.
(8 נק') ב. חשבו את ההספק המתפתח על הנגד R_L שחישבתם בתשובה לסעיף א'.

מקצרים את הנקודות B-A, כמתואר באיור ב' לשאלה.

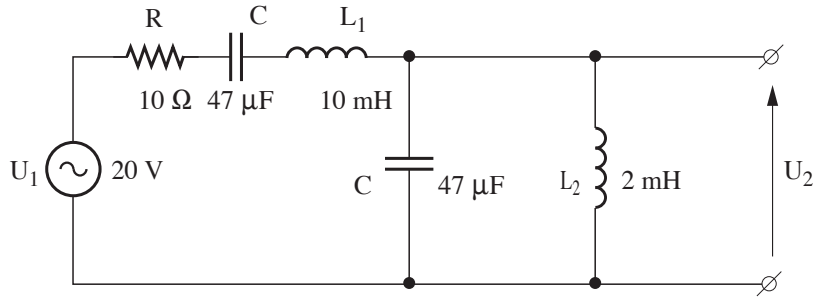


איור ב' לשאלה 7

- (6 נק') ג. חשבו את הזרם I_{AB} .

שאלה 8

באיור לשאלה 8 נתון מעגל חשמלי הכולל שני קבלים זהים ושני משרניים (סלילים). המעגל מוזן על-ידי מקור מתח חילופין בעל תדר משתנה.



איור לשאלה 8

8 נק') א. חשבו את תדר התהודה של הענף הטורי, ואת תדר התהודה של הענף המקביל.

6 נק') ב. באיזה תדר עוצמת הזרם הזורם במקור תהיה מזערית?

6 נק') ג. חשבו את המתח U_2 כאשר המעגל נמצא בתהודה טורית.

פרק שלישי: אנגלית טכנית

אם בחרתם לענות על פרק זה ענו על שאלה אחת בלבד מבין השאלות 9–10 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 9

בנספח א' לשאלה 9 מובאים דפי מפרט בשפה האנגלית של הרכיב LM35. עליכם לענות על הסעיפים שלהלן בעברית, רק על-פי הכתוב בדפי המפרט.

- א. (4 נק') מהי רמת הדיוק של LM35 בטמפרטורת החדר?
- ב. (4 נק') מהו תחום טמפרטורת הפעולה של LM35?
- ג. (4 נק') מהי צריכת הזרם האופיינית של LM35?
- ד. (4 נק') מה יהיה מתח המוצא של ה-LM35 בטמפרטורה של 25°C ?
- ה. (4 נק') בתצורת TO-46, לאן מחובר מארז ה-LM35?

שאלה 10

בנספח ב' לשאלה 10 מובא מאמר המשווה בין Raspberry Pi לבין Arduino. עליכם לענות על הסעיפים שלהלן בעברית, רק על-פי הכתוב בדפי המפרט.

- א. (5 נק') איזה ציוד נוסף נדרש להפעלה של ה-Arduino?
- ב. (5 נק') איזה ציוד נוסף נדרש להפעלה של ה-Raspberry Pi?
- ג. (5 נק') מהו תדר הפעולה המרבי של ה-Raspberry Pi?
- ד. (5 נק') מהן הכניסות והיציאות של ה-Arduino Uno?

בהצלחה!



LM35

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

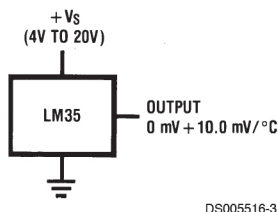
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\text{ }\mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40 to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

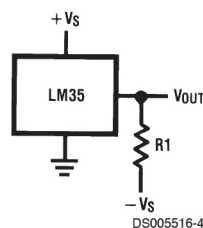
- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\text{ mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55 to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\text{ }\mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\text{ }\Omega$ for 1 mA load

Typical Applications



DS005516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



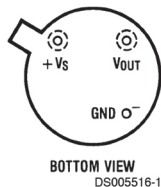
DS005516-4

Choose $R_1 = -V_S/50\text{ }\mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\text{ mV at } +150^\circ\text{C}$
 $= +250\text{ mV at } +25^\circ\text{C}$
 $= -550\text{ mV at } -55^\circ\text{C}$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*

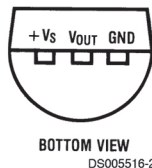


*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH

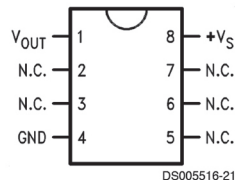
See NS Package Number H03H

TO-92
Plastic Package



Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

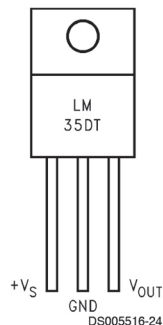
SO-8
Small Outline Molded Package



N.C. = No Connection

Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

TO-220
Plastic Package*



*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

Arduino vs Raspberry Pi: which platform is the best for home automation?

In today's article I will compare the two platforms I use the most for home automation projects: the Arduino platform, and the Raspberry Pi platform. Of course, asking which one is the best would be a much too simple question. They both have their advantages and disadvantages. Instead, I will compare the two platforms on some key points and show you in which case you should use one or the other.

Setup. I will start with the most basic question of all: how easy to use are these platforms when you just received the package from your favorite supplier? Well, for the Arduino, the setup is really easy: put the board out the box, plug a USB cable, download the software from the Arduino website, and you are good to do. The only thing you have to buy extra is a USB cable. It's quite different for the Raspberry Pi. Even before starting it, you need a USB cable for power, an SD card for the OS, a mouse, a keyboard, an HDMI screen and cable, and finally an Ethernet cable or a Wifi dongle to connect it to the web. Of course, there are kits that you can buy that solve most of these problems. And when all of this is done, you still need to install the right operating system on the SD card so you can actually use the board. And although there are lots of tutorials around, this is not an easy operation for a novice. So the winner of this first section is clear: the Arduino platform!

Connectivity. On a website, I am talking about home automation, and this often requires your boards to be connected to a central computer that acts as the coordinator of your home automation system. Or you want a given board to be this coordinator and therefore it has to be connected to the web. In all cases, you need to build connected projects, so it is necessary that the platform you are using can be easily connected to the web. Well, the Rasperry Pi seems to have an advantage here: it has a built-in Ethernet connection, at least for the most common boards. And you can easily add Wifi connectivity by plugin in a Wifi dongle on one of the USB port. But the Arduino can also be easily connected to the web by using shields: you have an official Ethernet shield which is very well documented on the web, and you can also buy the official Wifi shield which I already presented in a previous article and used for a simple home automation project. Also, recently a GSM shield was released, which opens the door to even more exciting applications with the Arduino platforms. So for the conectivity, I declare a draw between the two platforms.

Computing power. In terms of computing power, the situation seems to be clear as well. Most of the Arduino boards are equipped with an 8-bit microcontroller from ATMEL, usually the ATmega328 which runs at 16 MHz. Of course, it cannot compete with 700 MHz BCM2835 chip which powers the Raspberry Pi. Even one the latest board from Arduino, the Arduino Due, can't compete with the Pi with its 84 MHz SAM3X8E chip. So if it is computing power you are looking for, there is one clear winner: the Raspberry Pi platform.

Inputs/Outputs. This is nearly an easy one. The Raspberry Pi has some decent inputs and outputs of course, via the GPIO connector, and supports the I2C and SPI interfaces, but these are all digital connectors. On the other hand, the Arduino Uno board for example has digital inputs/outputs, but also PWM outputs, analog inputs, and I2C and SPI interfaces. Plus, some recent boards like the Arduino Due also have analog outputs, which allows you to play sounds directly from the Arduino board. Of course, you can easily get analog inputs on the Raspberry Pi by using Analog-to-Digital Converters, but that's external components. So in this section, the clear winner is the Arduino.

Programming. In this section, I want to discuss how easy it is to program the two different platforms. At first, it would seem that the Arduino is the clear winner: the processing language is really easy to use, you can write directly the code on your computer in the Arduino IDE, and there are thousands of tutorials out there about how to program your Arduino. On the Raspberry Pi, it is not that easy: you have to log on the device either with the board itself or via SSH from your computer, then write your code, and run it. But... the Raspberry Pi already supports many languages, like Python. Not only the Python language is really easy to use, but this also opens the door to the use of so many Python libraries that are available on the web, thus extending the range of application of the Raspberry Pi board. For this last reason, I declare a draw again between the two platforms.

נספח ג': מילון מונחים

לשאלון 711001, אביב תשפ"ב

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
inductive	Индуктивное	تحريضي / محاثي	השראותי
characteristic resistance	Характерное сопротивление	المقاومة المميّزة	התנגדות אופיינית
operational amplifier	Оперативный усилитель	مُضخّم تشغيلي	מגבר שרת
filter	Фильтр	مصفاة	מסנן
current source	Источник тока	مصدر تيار	מקור זרם
power source	Источник напряжения	مصدر طاقة	מקור מתח
capacitive	Емкостное	ذو سعة (كهربائية)	קיבולי
node voltage method	Метод узловых потенциалов	طريقة فولطيات العقد	שיטת מתחי הצמתים
resonance	резонанс	رنين	תהודה

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון באלקטרוניקה תקבילית א'

לכיתה י"ג

(8 עמודים)

דיודת צומת

משוואת זרם-מתח של דיודה מעשית:

$$I_D = I_S \cdot \left(e^{\frac{V_D}{\eta \cdot V_T}} - 1 \right)$$

$$V_D = \eta V_T \ln \left(\frac{I_D}{I_S} + 1 \right)$$

זרם הדיודה	–	I_D	[A]
זרם זליגה אחורי	–	I_S	[A]
מתח הדיודה	–	V_D	[V]
מתח התלוי בטמפרטורה	–	V_T	[V]
מתח בטמפרטורה של 25°C	–	$V_T = 26$	mV
מטען אלקטרון	–	q	[C]
קבוע בולצמן	–	K_B	$\left[\frac{J}{^\circ K} \right]$
טמפרטורה במעלות קלווין	–	T	[°K]

$$\eta = \begin{cases} 1 & \text{גרמניום} \\ 2 & \text{סיליקון} \end{cases}$$

$$V_T = \frac{K_B \cdot T}{q}$$

$$V_T = \frac{T}{11600}$$

$$T^{\circ K} = T^{\circ C} + 273$$

טרנזיסטור דו-נושאי (בתחום פעיל)

(בהזנחת זרם הזליגה I_{CBO})

זרם קולט — $I_C [A]$

זרם פולט — $I_E [A]$

זרם בסיס — $I_B [A]$

$$I_C = \beta I_B, \quad I_E = (\beta + 1) I_B, \quad I_E = I_C + I_B$$

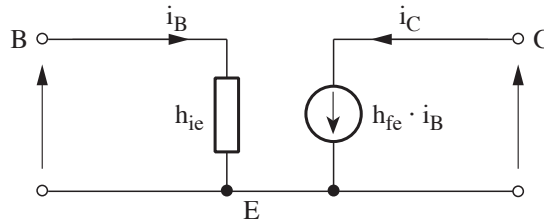
$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{\beta}{\beta + 1}, \quad \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

זרם זליגה בין קולט לבסיס — $I_{CBO} [A]$
לבסיס כאשר הפולט פתוח

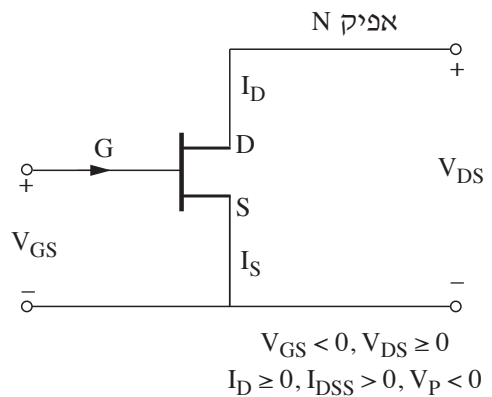
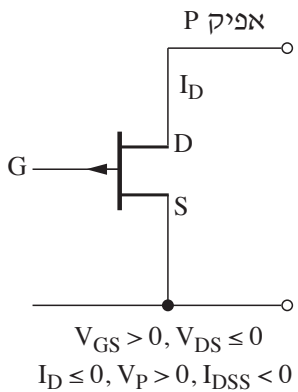
(בהתחשב בזרם הזליגה I_{CBO})

$$I_C = \beta I_B + (\beta + 1) I_{CBO}$$

תרשים תמורה מקורב לאות קטן (AC) של טרנזיסטור דו-קוטבי



טרנזיסטור JFET (Junction Field Effect Transistor)



תחום רוויה מתאים לאפיק P ולאפיק N

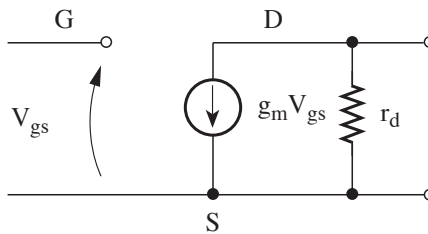
תנאי לרוויה: $|V_{GS}| < |V_p|$, $|V_{DS}| > |V_p| - |V_{GS}|$

זרם האפיק	-	I_D	[A]
זרם האפיק עבור $V_{GS} = 0$	-	I_{DSS}	[A]
המתח בין השער למקור	-	V_{GS}	[V]
מתח צביטה	-	V_p	[V]
מוליכות מעבר	-	$g_m \left[\frac{1}{\Omega} \right]$	
התנגדות דינמית בין D ל-S ברוויה	-	$r_d [\Omega]$	

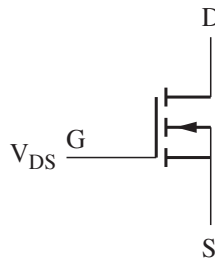
$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p} \right)^2$$

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

מעגל תמורה של טרנזיסטור JFET



טרנזיסטור MOSFET מסוג הרחבה (Enhancement)



תחום הרוויה

עבור טרנזיסטור מסוג N – CHANNEL :

מתח צביטה V_T [V] –

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

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

תנאי הרוויה:

I_D [mA]

$$V_{GS} > V_T$$

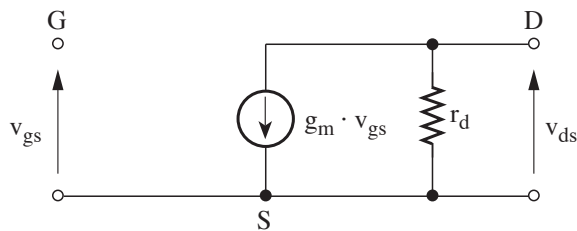
$$V_{DS} > V_{GS} - V_T$$

הערה: מעגל התמורה לאות חילופין של טרנזיסטור MOSFET זהה לזה של טרנזיסטור JFET .

מוליכות מעבר g_m – $(1/\Omega)$

$$g_m = 2k \cdot (V_{GS} - V_T)$$

תרשים תמורה מקורב לאות קטן (AC) של טרנזיסטור MOSFET



מיישרים

א. יישור חד־מופעי – חצי גל בעומס אומי

הערך הממוצע של המתח	–	$V_{AV} [V]$	$V_{AV} = \frac{V_m}{\pi}$
הערך המרבי של המתח	–	$V_m [V]$	
הערך היעיל של המתח	–	$V_{RMS} [V]$	$V_{RMS} = \frac{V_m}{2}$
הערך הממוצע של הזרם	–	$I_{AV} [A]$	
הערך היעיל של הזרם	–	$I_{RMS} [A]$	$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$
התנגדות העומס	–	$R [\Omega]$	
הספק על העומס	–	$P [W]$	$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$
מתח גליות (אדווה)	–	$\Delta V [V]$	$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$
מתח מרבי במוצא	–	$V_{omax} [V]$	
תדר מתח הכניסה	–	$f [Hz]$	
התנגדות העומס	–	$R [\Omega]$	$\Delta V \approx \frac{V_{omax}}{R \cdot C \cdot f}$
קיבול קבל הסינון	–	$C [F]$	

ב. יישור חד-מופעי – גל שלם בעומס אומי

הערך הממוצע של המתח – $V_{AV} [V]$

$$V_{AV} = \frac{2V_m}{\pi}$$

הערך המרבי של המתח – $V_m [V]$

הערך היעיל של המתח – $V_{RMS} [V]$

$$V_{RMS} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

הערך הממוצע של הזרם – $I_{AV} [A]$

$$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$$

הערך היעיל של הזרם – $I_{RMS} [A]$

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

התנגדות העומס – $R [\Omega]$

$$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$$

הספק על העומס – $P [W]$

מתח גליות (אדווה) – $\Delta V [V]$

$$\Delta V \approx \frac{V_{o_{max}}}{2 \cdot R \cdot C \cdot f}$$

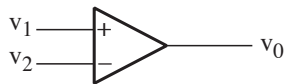
מתח מרבי במוצא – $V_{o_{max}} [V]$

תדר מתח הכניסה – $f [Hz]$

התנגדות העומס – $R [\Omega]$

קיבול קבל הסינון – $C [F]$

מגברי הפרש



מתח מבוא $- V_1$ [V]

מתח הפרשי במבוא $- V_d$ [V]

מתח משותף במבוא $- V_c$ [V]

$$V_o = A_1 \cdot V_1 + A_2 \cdot V_2$$

$$V_o = A_d \cdot V_d + A_c \cdot V_c$$

$$V_d = V_1 - V_2$$

$$V_c = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

מתח מבוא $- V_2$ [V]

$$A_1 = \frac{V_o}{V_1} \Big|_{V_2 = 0}$$

$$A_2 = \frac{V_o}{V_2} \Big|_{V_1 = 0}$$

הגבר הפרשי $- A_d$

הגבר האות המשותף $- A_c$

$$A_d = \frac{A_1 - A_2}{2}$$

$$A_c = A_1 + A_2$$

$$A_c = 0$$

עבור מגבר הפרש אידאלי

CMRR – יחס דחיית האות המשותף

$$CMRR = \left| \frac{A_d}{A_c} \right|$$

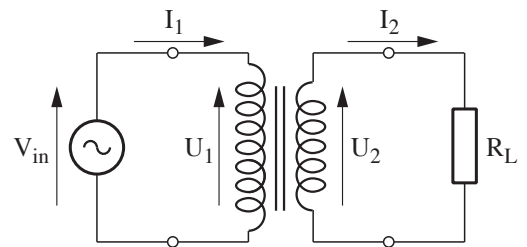
$$A_d = \frac{V_o}{V_d} \bigg|_{V_c = 0} = \frac{V_o}{2V_1}$$

$$A_c = \frac{V_o}{V_c} \bigg|_{V_d = 0} = \frac{V_o}{V_1}$$

שנאי חד־מופעי אידיאלי

$$K = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

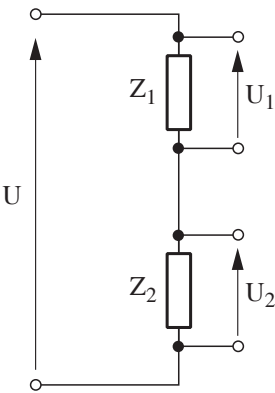
- K – יחס השנאה
- U_1 [V] – מתח בסליל הראשוני
- U_2 [V] – מתח בסליל השניוני
- I_1 [A] – זרם בסליל הראשוני
- I_2 [A] – זרם בסליל השניוני



אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון במבוא להנדסת חשמל לכיתה י"ג

(7 עמודים)



כלל מחלק המתח

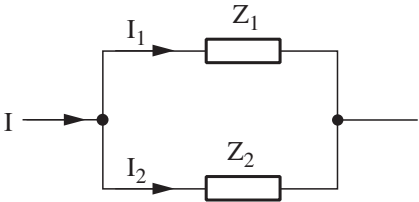
$$U_1 = U \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$$U_2 = U \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_1}$$

כלל מחלק הזרם

$$I_1 = I \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_1}$$

$$I_2 = I \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

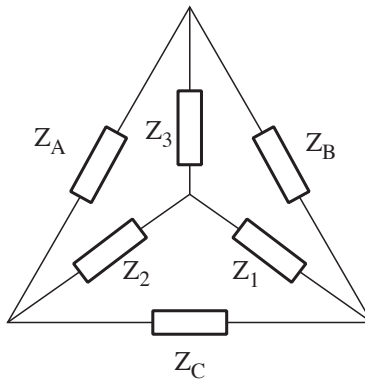


המרת עכבות מחיבור כוכב למשולש

$Y \rightarrow \Delta$
$Z_A = \frac{Z_1 Z_2 + Z_1 Z_3 + Z_2 Z_3}{Z_1}$
$Z_B = \frac{Z_1 Z_2 + Z_1 Z_3 + Z_2 Z_3}{Z_2}$
$Z_C = \frac{Z_1 Z_2 + Z_1 Z_3 + Z_2 Z_3}{Z_3}$

המרת עכבות מחיבור משולש לכוכב

$Y \rightarrow \Delta$
$Z_1 = \frac{Z_B Z_C}{Z_A + Z_B + Z_C}$
$Z_2 = \frac{Z_A Z_C}{Z_A + Z_B + Z_C}$
$Z_3 = \frac{Z_A Z_B}{Z_A + Z_B + Z_C}$



קבל לוחות

$$\epsilon_o = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} = 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot \left[\frac{F}{m} \right]$$

$$\epsilon = \epsilon_o \cdot \epsilon_r$$

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

$$C = \frac{Q}{U}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot C U^2$$

$$W = \frac{Q \cdot U}{2}$$

$$W = \frac{Q^2}{2c}$$

קבוע דיאלקטרי של החומר	-	ϵ	[F / m]
קבוע דיאלקטרי של הריק	-	ϵ_o	[F / m]
קבוע דיאלקטרי יחסי	-	ϵ_r	
קיבול הקבל	-	C	[F]
המתח על הקבל	-	U	[V]
מטען הקבל	-	Q	[C]
המרחק בין לוחות הקבל	-	d	[m]
שטח החתך של לוחות הקבל	-	A	[m ²]
האנרגייה החשמלית האגורה בקבל	-	W	[W · sec או J]

זרם חילופין סינוסואידלי

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

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

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

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

$$T = \frac{1}{f}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$X_L = \omega L$$

ערך רגעי של הזרם - $i(t)$ [A]

ערך מרבי של הזרם
(תנופת הזרם) - $I_{\max}$ [A]

זווית מופע - φ [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]

היגב השראותי - X_L [Ω]

היגב קיבולי - X_C [Ω]

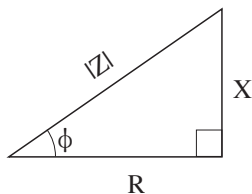
משולש העכבות

התנגדות המעגל - R [Ω]

היגב המעגל - X [Ω]

עכבת המעגל - Z [Ω]

$$Z = R \pm jX$$



$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$\sin \phi = \frac{X}{|Z|}$$

$$\cos \phi = \frac{R}{|Z|}$$

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{X}{R}$$

משולש המתירויות

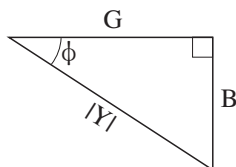
מוליכות המעגל - G [S]

מניחות המעגל - B [S]

מתירות המעגל - Y [S]

$$Y = G \pm jB$$

$$Y = \frac{1}{Z}$$



$$|Y| = \sqrt{G^2 + B^2}$$

$$\sin \phi = \frac{B}{|Y|}$$

$$\cos \phi = \frac{G}{|Y|}$$

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{B}{G}$$

הספקים בזרם חילופין

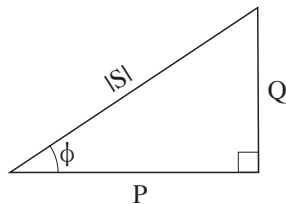
- הספק פעיל - P [W]
- הערך המוחלט של הזרם בנגד - $|I_R|$ [A]
- הערך המוחלט של המתח על הנגד - $|U_R|$ [V]
- הספק היגבי - Q [Var]
- הערך המוחלט של זרם ההיגב - $|I_X|$ [A]
- הערך המוחלט של מתח ההיגב - $|U_X|$ [V]
- הספק מדומה - S [VA]
- הערך המוחלט של זרם העכבה - $|I_Z|$ [A]
- הערך המוחלט של מתח העכבה - $|U_Z|$ [V]
- הצמוד של זרם העכבה - I_Z^* [A]

$$P = |I_R| \cdot |U_R| = |I_R|^2 \cdot R = \frac{|U_R|^2}{R}$$

$$Q = |I_X| \cdot |U_X| = |I_X|^2 \cdot |X| = \frac{|U_X|^2}{|X|}$$

$$|S| = |I_Z| \cdot |U_Z| = |I_Z|^2 \cdot |Z| = \frac{|U_Z|^2}{|Z|}$$

$$S = P \pm jQ = U_Z \cdot I_Z^*$$



משולש ההספקים

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$Q = |S| \cdot \sin \phi$$

$$P = |S| \cdot \cos \phi$$

מעגל תהודה

טורי/מקבילי

תדירות התהודה - f_0 [Hz]

השראות - L [H]

קיבול - C [F]

גורם הטיב של המעגל בתהודה - Q_0

רוחב הפס - BW [Hz]

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$BW = \frac{f_0}{Q_0}$$

גורם הטיב במעגל טורי

תדירות זוויתית בתהודה - ω_0 [rad / sec]

התנגדות - R [Ω]

$$Q_0 = \frac{\omega_0 L}{R}$$

גורם הטיב במעגל מקבילי

$$Q_0 = \frac{R}{\omega_0 L}$$