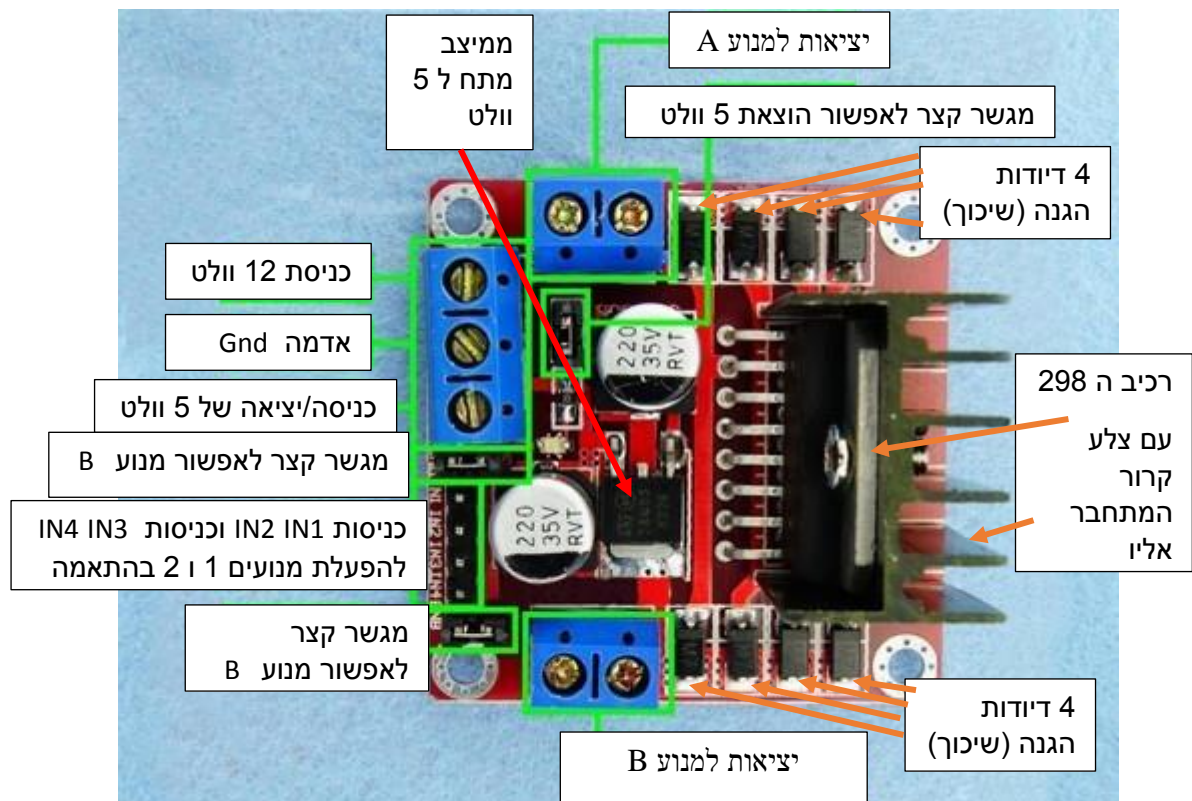


מודול דוחף זרם עם L298N

א. כללי

מודול דוחף הזרם הוא כרטיס אלקטרוניקה בגודל $43 * 43 * 27$ mm המתבסס על הרכיב L298N שהוא רכיב דוחף זרם לעומסים כמו מנועים, מנועי צעד, ממסרים סלילים וכו'. ברכיב 298 ישנם 2 ערוצים של מעגלים זהים הנקראים A ו B בהתאמה, עבור דחיפת זרם ל 2 עומסים שונים.

מעגל המודול נראה באיור 1 :



איור 1 : כרטיס דוחף הזרם 298 .

באיור 1 מתואר הכרטיס עם הרכיבים שבו. ההדקים לחיבור חוטים לכניסות / יציאות הם בצבע כחול.

הרכיב מקבל מתח של בין 5 עד 35 ויכול להזרים זרם למנועים של 3 אמפר peak (שיאי) או 2 אמפר מתמשך continuous. ההספק המקסימאלי שהוא יכול לתת הוא 25W .

ברכיב 298 שבכרטיס יש 2 גשרים הנקראים H-BRIDGE כמו כן יש בכרטיס מייצב מתח ל 5 וולט והדקים להתחבר אליו. את מתח ה 5 וולט ניתן להוציא ולחבר גם למעגלים מחוץ לכרטיס. אין לחבר מתח חיצוני של 5 וולט להדק ה 5 וולט של הכרטיס.

ב. מאפיינים

בטבלה 1 מתוארים מאפייני הכרטיס.

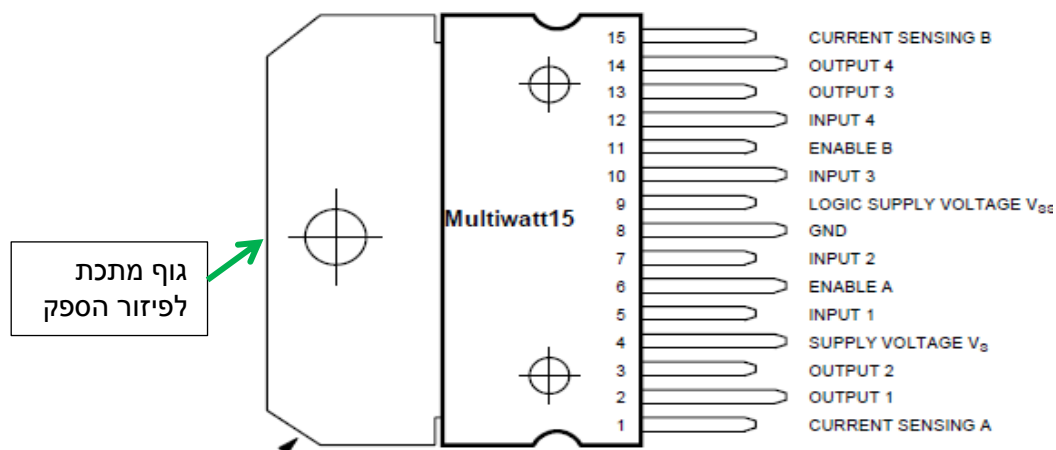
Logic voltage – רמות לוגיות	5V
Drive voltage - מתח ההפעלה לכרטיס	5V-35V
Logic Current – זרם המעגל הלוגי	0mA-36mA
Drive current – הזרם לעומס	2A (MAX each bridge)
Maximum Power - תצרוכת הספק מקסימאלית	25W
Dimensions - מידות	43 * 43 * 27 mm

טבלה 1 : מאפייני הכרטיס

ג. מבנה פנימי של הרכיב 298

לרכיב 298 יש 15 הדקים המסודרים ב 2 שורות כפי שנראה באיור 2 :

איור 2 מתאר את צורתו החיצונית של רכיב 298 .



איור 2 : רכיב 298 – מראה חיצוני והדקים.

באיור 2 רואים שחלק מההדקים הם עם רגליים ארוכות וחלק עם קצרות יותר. הרגליים הארוכות נמצאות בשורה אחת והקצרות בשורה אחרת.

ברכיב ה 298 יש לכל אחד מהערוצים A ו B שני חלקים .

1. מעגל לוגי המקבל כניסות ברמות לוגיות של 0 ו 1 ומוציא פקודות רוויה או קטעון למעגל האנלוגי שבסעיף 2 ועל ידי כך קובע האם המנוע מסתובב ואם כן לאיזה כיוון.

2. חלק אנלוגי שהוא גשר H שמורכב מ 4 טרנזיסטורים המקבלים פקודות רוויה או קטעון ודרכם זורם הזרם למנוע.

לכל אחד מ 2 הערוצים יש 3 כניסות ו 2 יציאות. נתאר את ערוץ A . ערוץ B פועל בצורה זהה. הכניסות הן : EnA – (אפשר - Enable) , IN1 ו IN2 . הכניסה EN קובעת האם לאפשר

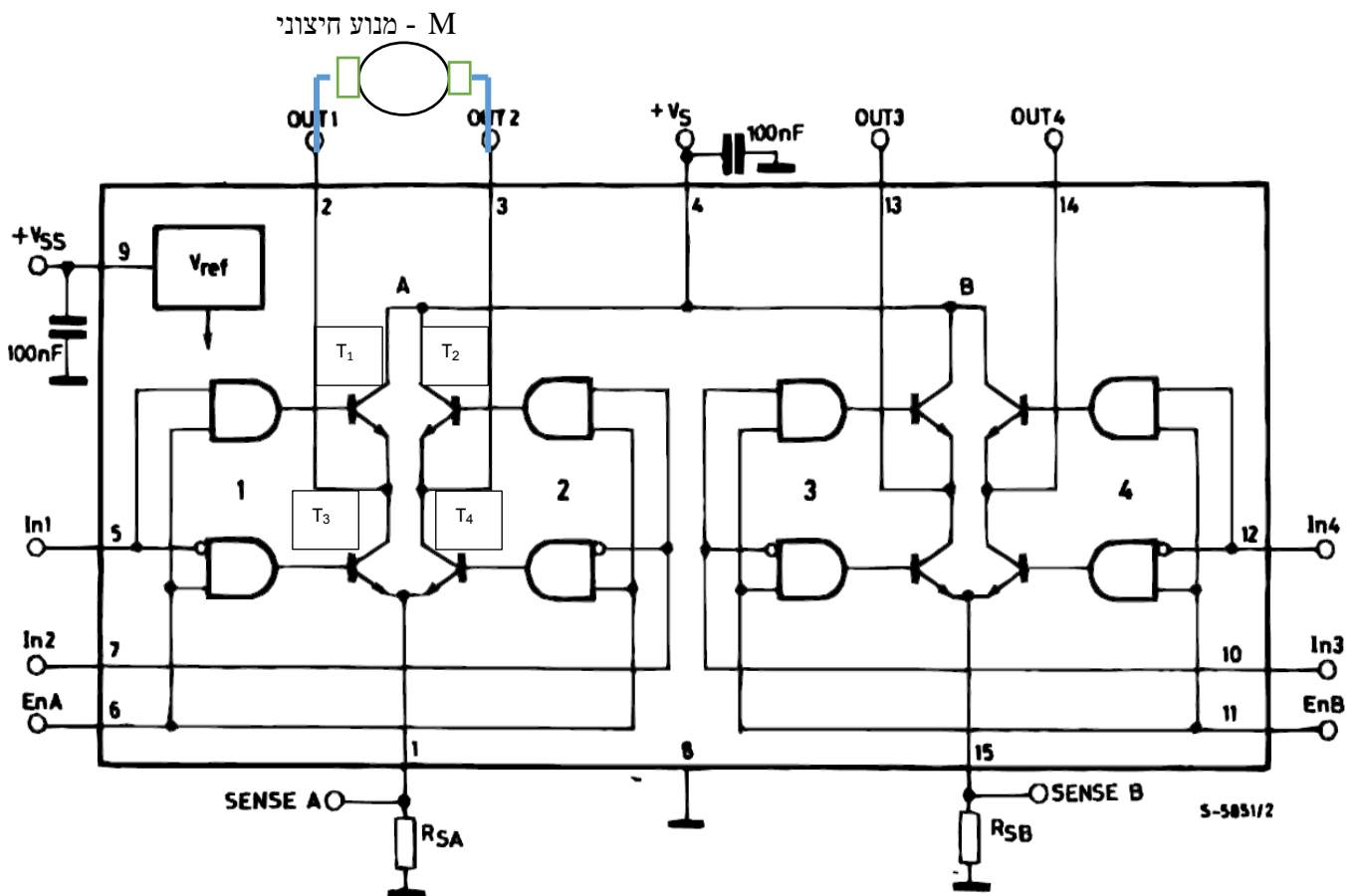
לכניסות IN1 ו IN2 להיות פעילות ועל ידי כך להפעיל את המנוע או לא לאפשר את הכניסות ואז לא ניתן לשלוט על גשר ה H והמנוע לא יעבוד. היציאות הן OUT1 ו OUT2 שביניהן מתחבר המנוע. בעזרת הכניסות Enable ניתן לעבוד עם **PWM – Pulse Width Modulator** ולשלוט על מהירות הסיבוב של המנוע.

באיור 3 מתואר המבנה הפנימי של הרכיב 298. הוספנו מנוע ביציאות OUT1 ו OUT2 כדי להראות איפה מתחבר המנוע.

מתוך האיור ניתן לראות שכל מעגל מורכב מ 4 מעגלים לוגיים ו 4 טרנזיסטורים. נסביר את המבנה של הערוץ השמאלי הנקרא A. בערוץ זה חיברנו מנוע M ליציאות.

המתח V_s הוא מתח ההפעלה של המנועים. מתח זה יכול להיות בין 7 ל 35 וולט. הקבל של 100nF הוא קבל סינון שמומלץ להוסיף אותו והוא לא נמצא בתוך הרכיב.

המתח V_{ss} הוא מתח נוסף (ניתן לחבר אותו למתח ה V_{ss}). ממתח זה יוצרים את מתח ה V_{ref} שמגיע להפעלת החלק הלוגי ברכיב. גם כאן מומלץ לשים קבל חיצוני של 100nF.



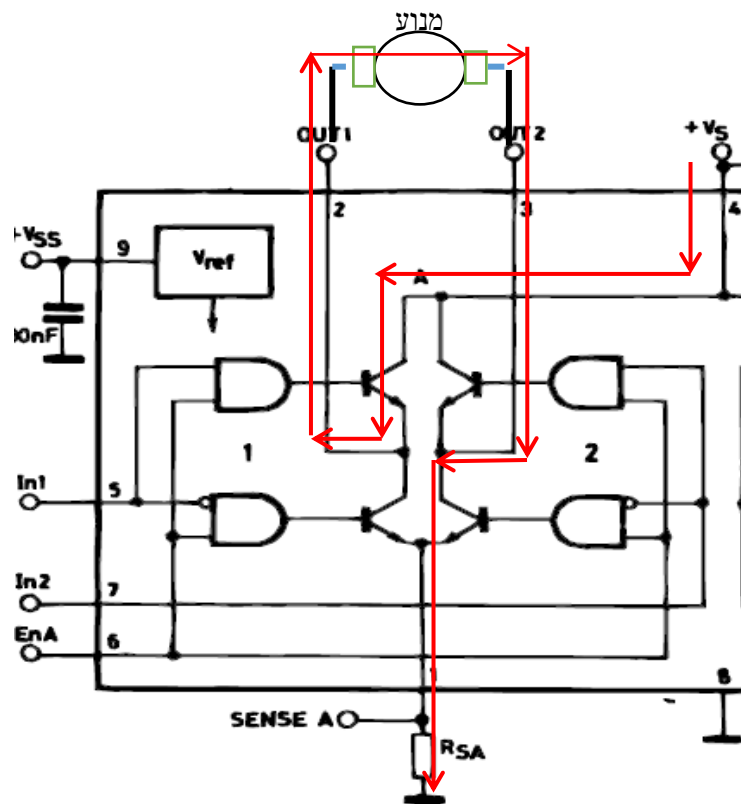
איור 3 : המבנה הפנימי של הרכיב 298

נתאר בטבלה 1 את אופן הפעולה של המעגל : (x הוא מצב Don't care – לא משנה)

	EnA	In2	In1	T1	T2	T3	T4	מצב המנוע
1	0	X	X	קטעון	קטעון	קטעון	קטעון	עומד
2	1	0	0	קטעון	קטעון	רוויה	רוויה	עומד
3	1	0	1	רוויה	קטעון	קטעון	רוויה	מסתובב בכיוון אחד
4	1	1	0	קטעון	רוויה	רוויה	קטעון	מסתובב בכיוון השני
5	1	1	1	רוויה	רוויה	קטעון	קטעון	עומד

טבלה 1 : אופן פעולת המעגל

נסביר באיור 4 את המצב 3 שבטבלה בעזרת שרטוט כיוון הזרם במעגל (בצבע אדום): יש לזכור שהטרנזיסטורים שברוויה הם T1 ו T4 . הזרם זורם מ Vs אל האדמה .



איור 4 : כיוון הזרם במצב 3 של טבלה 1

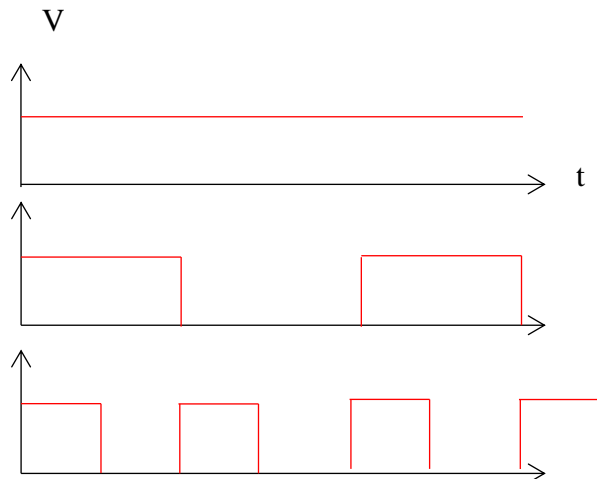
הזרם דרך המנוע זורם משמאל לימין ולכן המנוע מסתובב בכיוון כלשהו .

במצב 4 שבטבלה הטרוניסטורים T2 ו T4 ברוויה ודרכם זורם הזרם. במצב זה הזרם יזרום משמאל לימין במנוע ואז כיוון הסיבוב שלו יהיה הפוך למצב הקודם.

הנגד Rsa שבתחתית הוא נגד גילוי או חישה – SENSE - שניתן להוסיף (לא חייבים) ואז ניתן להכניס את המתח עליו למעגל הממיר ממתח אנלוגי לדיגיטאלי כדי לדעת מה מהירות המנוע והאם להגדיל אותה או להקטינה. זהו נגד קטן של מספר אוהמים בודדים ומשמש בעיקר כאשר עובדים עם PWM ורוצים לשלוט על מהירות המנוע. אם לא רוצים לשלוט על מהירות המנוע ניתן לא לחבר אותו ואז לחבר את הדק ה SENSE ישירות לאדמה. בכרטיס הרגליים האלה מתחברות לאדמה ולא אל נגדים.

הסבר קצר מאד על PWM – Pulse Width Modulator - אפנון רוחב דופק.

באיור 5 רואים 3 צורות גלים . הציר האנכי הוא של מתח והציר האופקי הוא ציר זמן.



איור 5 : תיאור PWM

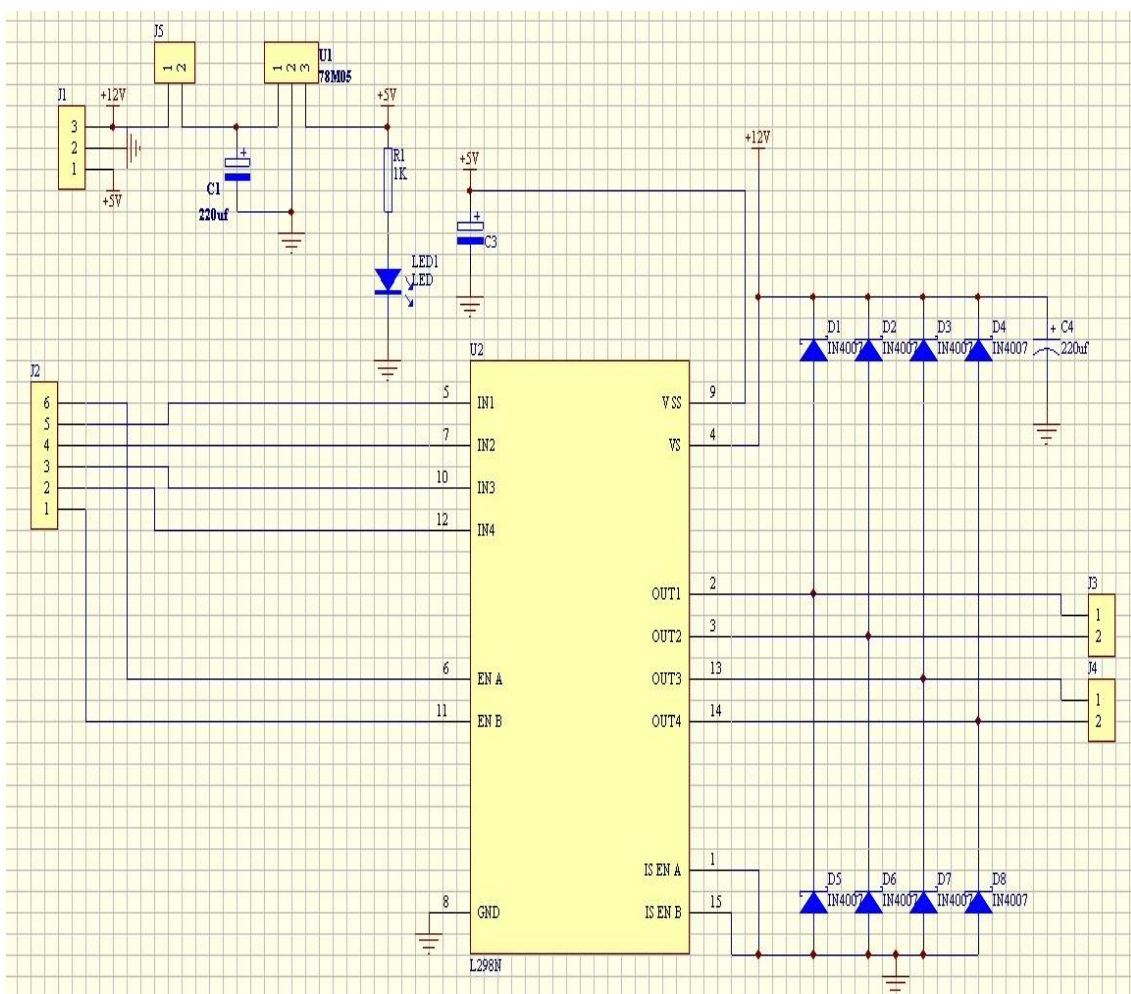
בהנחה שהמנוע מקבל את צורת הגל הראשונה הוא יסתובב במהירות מסוימת. אם הוא יקבל את צורת הגל השנייה , סביר להניח שהוא ינוע לאט יותר כי מתפתח עליו פחות הספק . בצורת הגל השלישית המנוע ינוע לאט עוד יותר מהמקרה של צורת הגל השנייה. אם תדר הגל המרובע הוא הרצים בודדים נוכל להבחין שהמנוע מסתובב ועוצר לסירוגין. אבל אם תדר הגל המרובע הוא כמה מאות הרץ המנוע לא יסתובב ויעצור אלא ינוע ברציפות. בכרטיסי הארדואינו תדר הגל המרובע הוא כ 490 הרץ ויש הדקים שבהם התדר הוא 980 הרץ. תלוי בכרטיס הארדואינו ותלוי בהדק שבו נשתמש.

על ידי מתן צורות גלים כאלה ניתן לשלוט על מהירות המנוע. בדרך כלל נותנים למנוע להסתובב בכיוון כלשהו על ידי פקודות מתאימות ב Vin1 ו Vin2 (או Vin3 ו Vin4 במנוע השני) ובעזרת הדק ה EnA (או EnB) המקבלת את אחת מצורות הגל שבאיור 5 קובעים את המהירות בכיוון הזה.

הפקודה בתוכנת הארדואינו המוציאה גל כמו צורות הגלים שנתנו היא : `analogWrite(EnA, 255);`
 מוציאה גל כמו בצורת הגל הראשונה. הפקודה `analogWrite(EnA, 128);` מוציאה גל כמו
 בצורת הגל השנייה. הפקודה `analogWrite(EnA, 64);` מוציאה צורת גל הדומה לצורת הגל
 השלישית.

ד. סכמה חשמלית של הכרטיס

באיור 5 נראית הסכימה החשמלית של כל המודול.



איור 5 : מודול כרטיס 298

במרכז השרטוט רואים את רכיב ה-298. מצד שמאל שלו הוא מקבל 6 כניסות ממחבר J2. 2 הכניסות
 1 ו-2 ב-J2 הן של האפשרויות EN A ו-EN B (ומתחברות אל רגליים 6 ו-11 של הרכיב) ו-4
 הכניסות הבאות הן הכניסות IN מ-1 עד 4 (הדקים 5,7 ו-10,12 של הרכיב).

מצד ימין הרכיב יש את ההדק V_{ss} המקבל מתח ההזנה של 5 וולט לחלק הלוגי. המתח של ה 5 וולט יכול להגיע או ממיצב בכרטיס או ממקור מתח חיצוני. בצד שמאל בשרטוט יש 3 את J1 שלו 3 הדקי כניסה. בעליון רשום +12V. מתח זה מגיע גם לרגל V_s של הרכיב (מוסבר בסעיף הבא) וגם למגשר קצר הנקרא בשרטוט J5. אם אין את מגשר הקצר בין ההדקים 1 ו 2 של J5 אז לא מגיע מתח למייצב UI שהוא מייצב 78M05 ולכן הוא לא מספק מתח של 5 וולט ויש לחבר להדק 3 של J1 מתח של 5 וולט ממקור חיצוני. אם מגשר הקצר קיים אז המייצב צריך לקבל מתח שבין 7 וולט ל 35 וולט ומוציא 5 וולט להדק V_{ss} של רכיב 298 וגם לרגל 3 של J1. במקרה כזה אסור לחבר מתח חיצוני של 5 וולט לרגל 3 של J1 כדי שלא תהיה התנגשות בין 2 מתחי 5 וולט. הלב המתחברת ביציאת המייצב מראה שיש מתח של 5 וולט בכרטיס (או מהמייצב או מ 5 וולט חיצוני שהכנסנו).

אזהרה: הכרטיס מגיע עם מגשר הקצר J5 ולכן אין לחבר מתח חיצוני נוסף של 5 וולט בהדק 1 של J1. ניתן להוציא את מתח ה 5 וולט של המייצב שבכרטיס אל מעגלים מחוץ לכרטיס.

תחתיו יש את ההדק V_s המקבל מתח ההזנה של 12 וולט לחלק האנלוגי להזרמת הזרם בטרנזיסטורים (ניתן להכניס מתח עד 35 וולט).

4 רגלים הבאות של הרכיב הן היציאות אל המנוע (2 לכל מנוע). כל 2 יציאות מתחברות בהתאמה אל ההדקים J3 ו J4. לכל קו יציאה יש דיודה אחת המתחברת אל ה 12V ודיודה אחת המתחברת אל האדמה. הדיודות נקראות 1N4007. תפקיד הדיודות להגן על הטרנזיסטורים של גשר ה H. הדיודות נקראות דיודות שייכוך - Damping Diodes. היות ובכל יציאה כזו מתחבר עומס השראי (סליל של מנוע) אז בהפסקה הזרם דרך הסליל נוצר בו כא"מ (כוח אלקטרו מניע) מושרה שיכול להגיע למתח של עשרות וולט. הכיוון של הכא"מ הוא בכיוון מנוגד לסיבה שיצרה אותו (חוק לנץ). הדיודה המתחברת אל ה 12 וולט דואגת שהמתח ביציאה לא יוכל לעלות מעל 12 וולט (ליתר דיוק 12 וולט ועוד כ 0.6 וולט שהוא מתח ההולכה של הדיודה, כלומר כ 12.6 וולט). הדיודה המתחברת לאדמה גורמת לכך שלא יוכל להתפתח מתח שלילי יותר מזה של האדמה (ליתר דיוק מינוס 0.6 וולט שהוא מתח ההולכה של הדיודה).

הרגלים 1 ו 15 של רכיב ה 298 (בצד ימין למטה של הרכיב) הן רגלי הגילוי – חישה – וניתן היה לחבר כאן נגד כדי לגלות מהו הזרם הזורם דרך העומס. בכרטיס לא נתנו את האפשרות למדידת זרם והן מחוברות לאדמה.

ה. תכנית לארדואינו להפעלת מנוע DC קטן בעזרת הכרטיס :

בתכנית נפעיל מנוע DC המתחבר אל ההדקים OUT1 ו OUT2 של כרטיס דוחף הזרם. בנוסף לחיבור המנוע נחבר את ההדקים 9 ו 8 של כרטיס הארדואינו אל IN1 ו IN2 של כרטיס דוחף הזרם ואת הדק EnA נחבר אל הדק 10 שיופעל ב PWM וישלוט על המהירות.

בחיבור מתחי ספק יש 2 אפשרויות :

1. לחבר מתח של כ 12 וולט ואדמה גם בכרטיס הארדואינו לרגל Vin (בארדואינו נאנו לדוגמה) וגם להדק 12V וולט של כרטיס דוחף הזרם. כמובן שיש לשתף את האדמות של הארדואינו ושל כרטיס דוחף הזרם.

2. לחבר 12 וולט ואדמה רק בכרטיס דוחף הזרם ומהדק 5 וולט והאדמה בכרטיס דוחף הזרם לחבר אל ההדקים 5 וולט ואדמה (בהתאמה) בכרטיס הארדואינו.

```
int enA = 10;

int in1 = 9;

int in2 = 8;

void setup()

{

// קביעת כל ההדקים כפלט

pinMode(enA, OUTPUT);

pinMode(in1, OUTPUT);

pinMode(in2, OUTPUT);

}

// תכנית דוגמה 1 : הרצת המנוע במהירות קבועה 2 שניות לכל כיוון ועצירת המנוע

void dugma1()

{

digitalWrite(in1, HIGH);

digitalWrite(in2, LOW);

// קביעת המהירות ל 200 מתוך 255 אפשרויות

analogWrite(enA, 200);

delay(2000);

// שינוי כיוון הסיבוב

digitalWrite(in1, LOW);
```



```
digitalWrite(in2, HIGH);  
  
delay(2000);  
  
// עצירת המנוע  
  
digitalWrite(in1, LOW);  
  
digitalWrite(in2, LOW);  
  
}  
  
void dugma2()  
  
{  
  
// הרצת המנוע בין כל האפשרויות שלו  
  
// הפעלת המנוע  
  
digitalWrite(in1, LOW);  
  
digitalWrite(in2, HIGH);  
  
// האצה מ 0 ועד 255  
  
for (int i = 0; i < 256; i++)  
  
{  
  
analogWrite(enA, i);  
  
delay(20);  
  
}  
  
// האטה מ 255 עד ל 0  
  
for (int i = 255; i >= 0; --i)  
  
{  
  
analogWrite(enA, i);  
  
delay(20);  
  
}
```

www.arikporat.com

// כיבוי המנוע

digitalWrite(in1, LOW);

digitalWrite(in2, LOW);

}

void loop()

{

Dugma1();

delay(1000);

dugma2();

delay(1000);

}