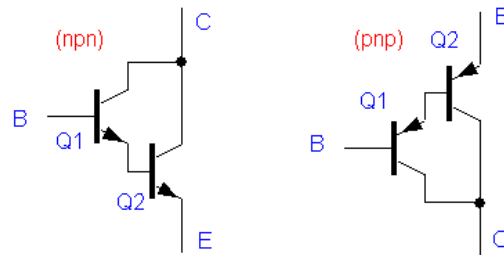


מעגל דרלינגטון

מעגל דרלינגטון נקרא גם "צמד דרלינגטון" או "מגבר דרלינגטון" או "טרנזיסטור דרלינגטון". זהו חיבור של שני טרנזיסטורים אחד אחרי השני בצורה כזו שהגבר הזרם בכניסה לטרנזיסטור הראשון מוגבר ונכנס לטרנזיסטור השני ושוב מוגבר. מקבלים הגברת זרם מאוד גבוהה בתוספת יתרונות שנתאר בהמשך.

מעגל דרלינגטון נראה באיור מספר 1 :

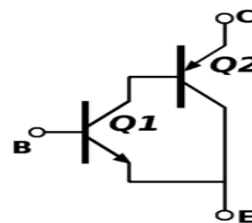


איור 1 : מעגל דרלינגטון

באיור רואים מעגל דרלינגטון מטרנזיסטורים מסוג NPN (משמאל) ומטרנזיסטורים מסוג PNP (מימין).

המעגל הומצא על ידי המהנדס סידני דרלינגטון בשנת 1953 במעבדות בל.

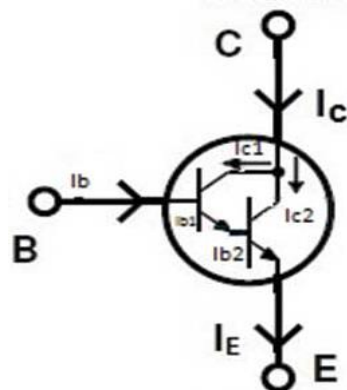
קיימת צורת חיבור נוספת שנקראת דרלינגטון משלים או צמד שיקלאי ובו משתמשים בטרנזיסטור NPN וטרנזיסטור PNP ביחד כמו שרואים באיור מספר 2:



איור 2 : דרלינגטון משלים.

אנחנו נתאר את הדרלינגטון שבאיור 1 עם טרנזיסטורים מסוג NPN. נבצע מספר חישובים. לשם כך

ניעזר באיור 3 :



איור 3 : הזרמים במעגל דרלינגטון.

בהנחה שזרם הבסיס בכניסת הטרנזיסטור הראשון הוא I_b אז הזרם באמיטר שלו הוא :

$$I_{c1} = \beta_1 * I_b$$

$$I_{e1} = I_{b2} = (\beta_1 + 1) * I_b$$

$$I_{c2} = \beta_2 * I_{b2} = \beta_2 * (\beta_1 + 1) * I_b$$

$$I_c = I_{c1} + I_{c2} = \beta_1 * I_b + \beta_2 * (\beta_1 + 1) * I_b = \beta_1 * I_b + \beta_2 * \beta_1 * I_b + \beta_2 * I_b$$

הגבר הזרם הכללי β של המעגל הוא זרם היציאה בקולט המשותף I_c לחלק בזרם הכניסה I_b :

$$\beta = I_c / I_b = \beta_1 + \beta_1 * \beta_2 + \beta_2 \approx \beta_1 * \beta_2$$

אם נניח שהגבר 2 הטרנזיסטורים שווה ונסמן אותו כ β_1 נקבל :

$$\beta \approx \beta_1^2$$

בהנחה שהגבר הזרם של כל טרנזיסטור הוא 100 נקבל הגבר גבוה של :

$$\beta = 100^2 = 10000 = 10000$$

ניתן להראות בעזרת h parameter (פרמטרי h) שהתנגדות הכניסה למעגל כזה :

$$R_{in} = h_{ie1} + (1 + \beta) * h_{ie2}$$

אם נניח ששני הטרנזיסטורים זהים ולשניהם h_{ie} ו β שווים נקבל בקירוב :

$$R_{in} = 2 * h_{ie} + \beta * h_{ie} \approx \beta * h_{ie}$$

ניתן גם להראות שהתנגדות היציאה קטנה פי β .

נסכם את התכונות החשובות :

א. הגבר זרם מאוד גבוה מאוד - β^2

ב. התנגדות כניסה גבוהה ביותר - פי β משל טרנזיסטור בודד ומכאן שאיננו מעמיס את הדרגה אליה הוא מתחבר .

ג. התנגדות יציאה נמוכה מאוד (פי β משל טרנזיסטור בודד) ומכאן שהדרגה הבאה שנחבר לא תעמיס אותו.

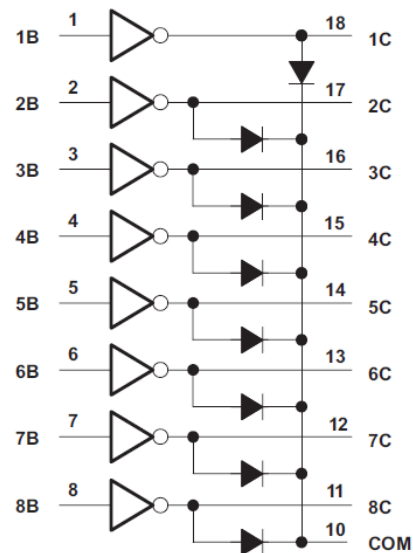
ד. ניתן להכניס את 2 הטרנזיסטורים בזיוד אחד (אריזה אחת).

במעגל דרלינגטון המתח בין הקולט לאמיטר בזמן הולכה איננו $V_{ce_{sat}}$ (שהוא בטרנזיסטור בודד כ-0.2 וולט). המתח בקולט של הטרנזיסטורים יהיה גבוה יותר. הסיבה לכך היא שכאשר הטרנזיסטורים בהולכה יש בבסיס הטרנזיסטור השני יש כ-0.7 וולט. אם נניח שהטרנזיסטור הראשון ברוויה אז V_{ce} שלו ברוויה הוא כ-0.2 וולט ולכן המתח בקולט יהיה לפחות 0.9 וולט לפי $V_c = V_{ce1_{sat}} + V_{be2}$.

חסרונות

- מהירות מיתוג נמוכה יחסית (מעבר מהולכה לקטעון ולהיפך).
- רוחב סרט קטן מזה של טרנזיסטור בודד.
- מתח בסיס אמיטר להעברת הטרנזיסטורים להולכה גבוה פי 2 מזה של טרנזיסטור בודד.
- הספק פיזור גבוה יותר מטרנזיסטור בודד כי בהולכה (מצב "רוויה") המתח בקולקטור הוא 0.9 וולט ולא 0.2 וולט.
- זרם זליגה גבוה יותר מטרנזיסטור בודד כי הוא מוגבר על ידי הטרנזיסטור השני.

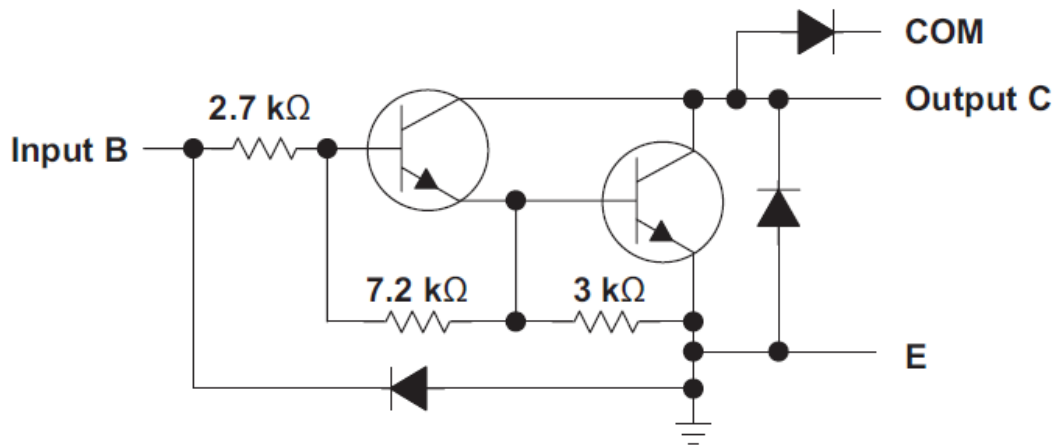
השימוש במעגל דרלינגטון נפוץ כאשר רוצים להפעיל לדים, מנועים, רמקול ועוד מערכות שדורשות זרם גדול יחסית שמיקרו בקר איננו יכול לספק. דוגמה למעגל משולב (ג'וק) שבו 8 מעגלי דרלינגטון הוא רכיב ULN2803. ברכיב זה שמונה דוחפי זרם שאפשר באמצעותם להפעיל שמונה עומסים שונים. כל דוחף בנוי מצמד טרנזיסטורים בחיבור דרלינגטון. מעגל כזה נראה באיור 4:



איור 4 : רכיב ULN2803A

כל משולש עם המהפך מתאר מעגל דרלינגטון. מכאן שהדרלינגטון משמש גם כמהפך. אם נכניס 0 בכניסה שלו הטרנזיסטורים בקטעון ובקולט יהיה את מתח הספק של העומס. כאשר ניתן מתח בכניסה הטרנזיסטורים יוליכו והמתח בקולט יהיה נמוך (נראה בהמשך במדויק מהו מתח זה).

כל אחד ממעגלי הדרלינגטון נראה באיור 5:



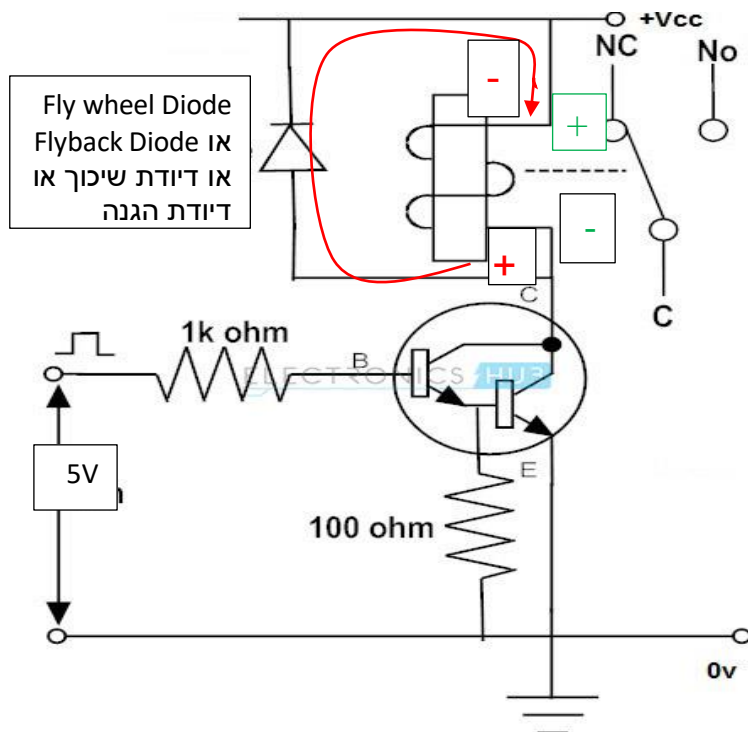
איור 5 : מעגל הדריינגטון ברכיב ULN2803

הדיודה בין הבסיס לאדמה היא דיודת הגנה ממתח שלילי לבסיס הטרנזיסטור הראשון.

הדיודה בין הקולט לאדמה היא דיודת הגנה שלא ייכנסו מתחים שליליים לטרנזיסטורים.

הדיודה המתחברת ליציאת ה COM היא דיודת הגנה למקרה שמחברים עומס השראי. במקרה זה הדק ה

COM מתחבר את המתח המפעיל את העומס. דוגמה לחיבור עומס השראי לדריינגטון נראית באיור 6.



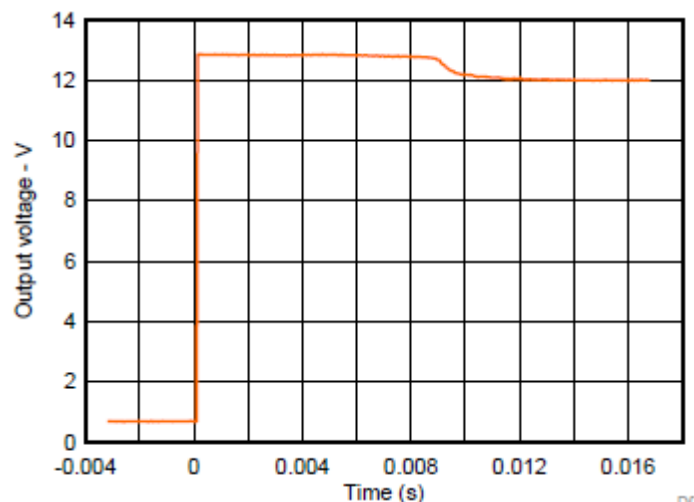
איור 6 : חיבור עומס השראי – ממסר - למעגל דריינגטון .

נסביר את תפקיד הדיודה הנקראת fly wheel או Flyback . כאשר נותנים מתח חיובי בכניסה בבסיס הטרנזיסטור הראשון , זורם זרם ממתח ה V_{cc} דרך הסליל ודרך 2 טרנזיסטורי הדרלינגטון לאדמה (מצב sink – הטבעת זרם). על הסליל מתפתח מתח של + בחלק העליון שלו ו- בחלק התחתון (מתואר באיור על ידי הצבע הירוק מימין לסליל). במצב זה לדיודה אין תפקיד . הדיודה נכנסת לפעולה כאשר הטרנזיסטורים עוברים מהולכה לקיטעון ורוצה להתפתח מתח גבוה בקולטים . במקרה זה הדיודה מפרקת את המתח הגבוה . עומס השראי בנוי מסליל שלא "אוהב" שינויי זרם דרכו ולכן מושרה בו מתח אלקטרו מניע שנקרא כ.א.מ (כוח אלקטרו מניע) . מתח זה הוא -לפי חוק לנץ – בכיוון מנוגד לסיבה שיצרה אותו. המתח בסליל יהיה כעת **פלוס** בחלק התחתון ו**מינוס** בחלק העליון (מתואר בצבע אדום). המתח יכול להגיע לעשרות ואפילו מאות וולט. הנוסחה היא :

$$V_{מ.א.מ} = - L \Delta I / \Delta t$$

כאשר L הוא השראות הסליל כפול שינוי הזרם דרכו בהפרש הזמן . הסימן מינוס הוא לפי לנץ להראות כיוון מנוגד לסיבה שיצרה אותו. היות ו Δt הוא בסדר גודל של מיקרו שניות (הטרנזיסטורים עוברים לקטעון בזמן של מיקרו שניות) ה כ.א.מ. יכול להגיע למאות וולט. מתח זה המגיע לקולט של הטרנזיסטורים יגרום לשריפתם. הדיודה מגנה על הטרנזיסטור. כאשר ה כ.א.מ עובר את ה 5 וולט הדיודה מוליכה ולא מאפשרת למתח בקולט לעבור את ה 5.7 וולט (על הדיודה נופל מתח של 0.7 וולט) , מפרקת את המתח על הסליל ומגנה על הטרנזיסטור (מסלול הפריקה של הסליל נראה בעזרת **החץ האדום**).

באיור 8 ניתן לראות את המתח בקולט במעבר מהולכה לקטעון ואת השפעת הדיודה. במקרה הזה העומס היה ממסר של חברת omron ומתח הספק V_s הוא 12 וולט.



איור 8 : השפעת הדיודה במעבר מהולכה לקטעון

באיור רואים שעד זמן $t=0$ הטרנזיסטורים בהולכה והמתח ביציאה (מתח הקולט) הוא כ 0.9 וולט. בזמן $t=0$ הטרנזיסטורים עוברים לקטעון והמתח בקולט רוצה לקפוץ למתח גבוה אבל הוא מוגבל ל 12.7 וולט על ידי הדיודה עד שאחרי זמן מסוים המתח הסליל מתפרק ומתח הקולט יהיה מתח הספק של 12 וולט .