

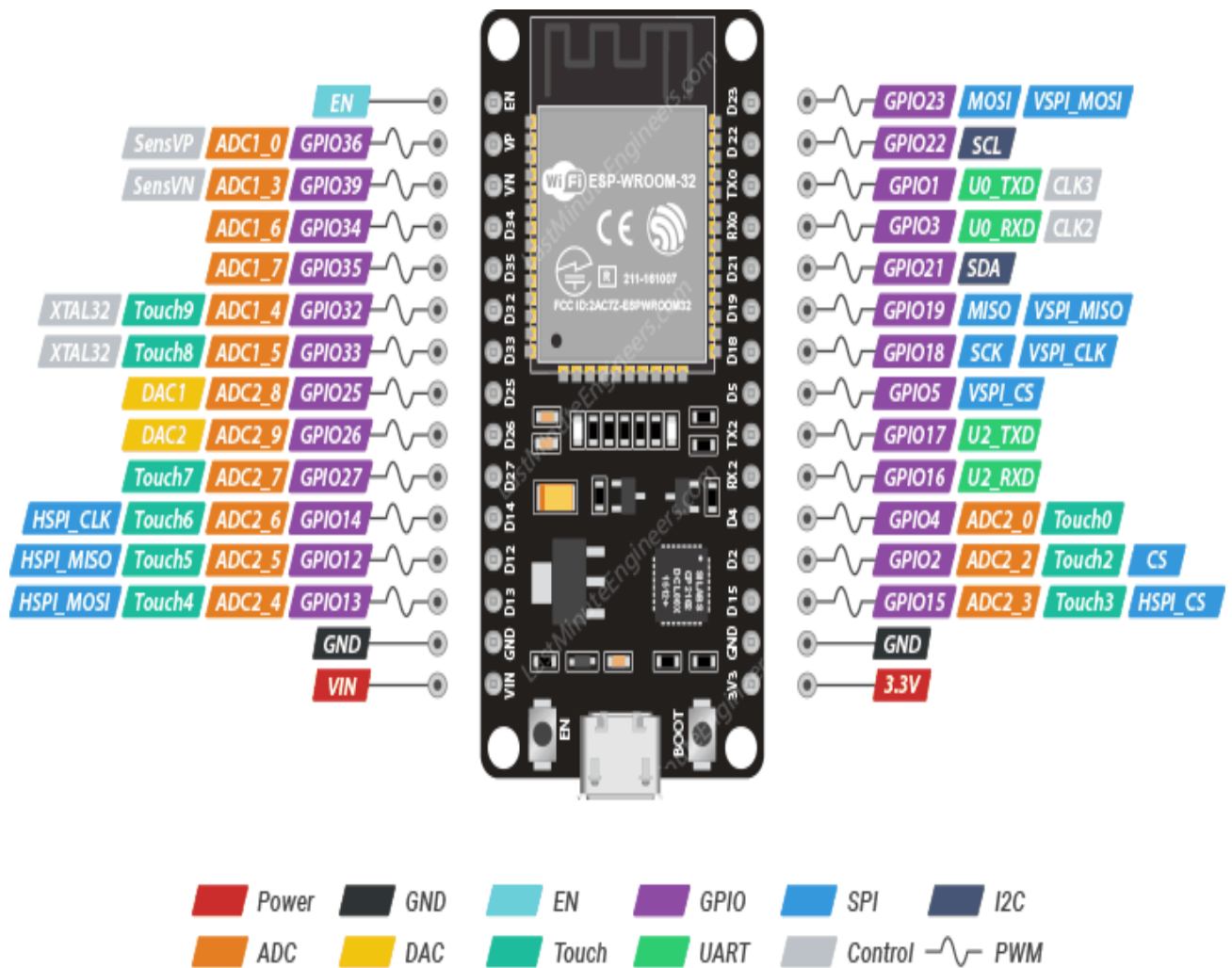
הדקי ESP32 DEV BOARD

במאמר זה נסביר את תפקיד ההדקים של כרטיס המיקרו בקר ESP32 DevKit V1.

הנאמר כאן נעזר באתר: <https://lastminuteengineers.com/esp32-pinout-reference/>

א. כללי

לכרטיס יש 30 הדקים והוא נראה באיור הבא:



איור 1:

ההדקים של הכרטיס ESP32 Dev board

לווח הפיתוח ESP32 DevKit V1 כולל 30 פינים-הדקים, הדקים עם תפקיד דומה נמצאים קרובים אחד אל השני. למרות שלג'וק ESP32 יש 48 פינים GPIO (קלט/פלט לשימוש כללי), רק 25 מהם מחוברים לפינים/ההדקים משני צידי לווח הפיתוח. הודות לתכונת ריבוב הפינים של ESP32, יש אפשרות למספר רכיבים היקפיים לשתף הדק GPIO יחיד. לדוגמה, הדק GPIO D14

יכול לשמש כקלט לממיר ADC - (ADC2_6) , הדק משטח מגע - (TOUCH 6) והדק השעון של תקשורת HSPI – .HSPI_CLK

תפקיד קבוצות ההדקים מתואר בטבלה הבאה :

15 הדקים של ADC – ממיר מאנאלוגי לדיגיטאלי	15 ערוצים של ADC SAR של 12 סיביות עם טווחים ניתנים לבחירה של 0-1V , 0-1.4V , 0-2V או 0-4V
2 ממשקי UART (תקשורת טורית אסינכרונית)	2 ממשקי UART עם בקרת זרימה ותמיכה ב-DA לתקשורת באינפרה אדום)
25 יציאות של PWM (Pulse Width Modulation) אפנון רוחב דופק	25 הדקי PWM לשליטה בדברים כמו מהירות מנוע או בהירות Led
2 ערוצי DAC (ממיר מדיגיטאלי לאנאלוגי)	שני DACs של 8 סיביות ליצירת מתחים אנלוגיים
3 ממשקי תקשורת טורית : SPI , I2C , I2S	שלושה ממשקי SPI ואחד I2C לחיבור חיישנים וציוד היקפי שונים, כמו גם שני ממשקי I2S להוספת שמע.
9 הדקי משטח מגע קיבולי	9 הדקי GPIO עם חישת מגע קיבולית (ניתן להרגיש נגיעה עם האצבע בהדק)

טבלה 1

למרות של- ESP32 יש הרבה הדקים כשלכל הדק יכולות להיות תפקידים שונים, ייתכן שחלקם לא יתאימו לפרויקטים שלך. הטבלה הבאה מראה אילו פינים בטוחים לשימוש ובאילו פינים יש להשתמש בזהירות.

✓ הדקים בעדיפות העליונה . הם בטוחים לחלוטין לשימוש.

⚠ כדאי לשים לב שההתנהגות שלהם, במיוחד במהלך האתחול, יכולה להיות בלתי צפויה. נשתמש בהם רק כאשר הכרחי לחלוטין.

✗ מומלץ להימנע משימוש בהדקים אלו.

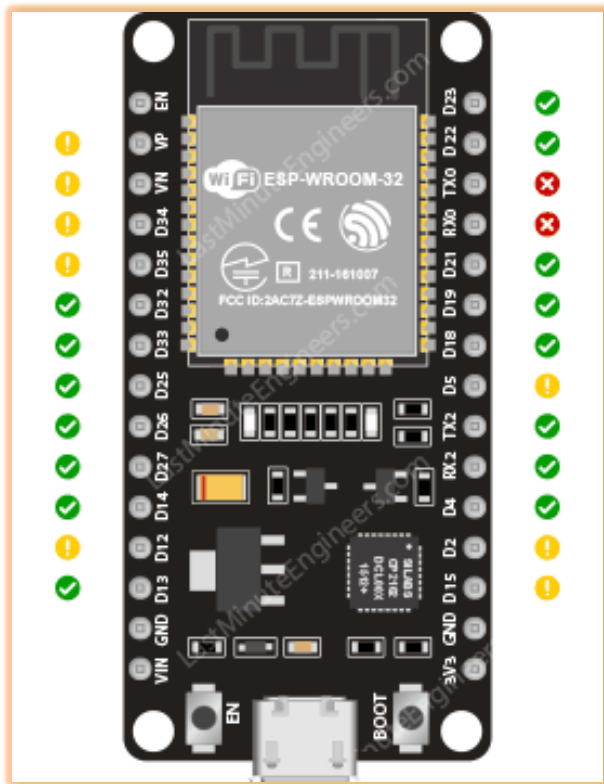
הטבלה הבאה מסכמת את הנאמר: הדקים בצבע הירוק בטוחים לשימוש, צהובים – לא תמיד ואדומים לא בטוחים לשימוש.

שם	GPIO	בטוח לשימוש ?	
D0	0	⚠	חייב להיות HIGH במהלך האתחול ו-LOW עבור תכנות (צריכה)
TX0	1	✗	הדק Tx משמש להבהוב וליתור באגים
D2	2	⚠	חייב להיות LOW במהלך האתחול וגם מחובר ללוח לד
RX0	3	✗	הדק Rx, המשמש להבהוב וליתור באגים
D4	4	✓	
D5	5	⚠	חייב להיות HIGH במהלך האתחול

מחובר לזיכרון ה Flash	✘	6	D6
מחובר לזיכרון ה Flash	✘	7	D7
מחובר לזיכרון ה Flash	✘	8	D8
מחובר לזיכרון ה Flash	✘	9	D9
מחובר לזיכרון ה Flash	✘	10	D10
מחובר לזיכרון ה Flash	✘	11	D11
חייב להיות LOW במהלך האתחול	!	12	D12
	✓	13	D13
	✓	14	D14
חייב להיות HIGH במהלך האתחול, מונע startup log אם מושכים אותו לנמוך	!	15	D15
	✓	16	RX2
	✓	17	TX2
	✓	18	D18
	✓	19	D19
	✓	21	D21
	✓	22	D22
	✓	23	D23
	✓	25	D25
	✓	26	D26
	✓	27	D27
	✓	32	D32
	✓	33	D33
קלט GPIO בלבד, לא ניתן להגדיר כפלט	!	34	D34
קלט GPIO בלבד, לא ניתן להגדיר כפלט	!	35	D35
קלט GPIO בלבד, לא ניתן להגדיר כפלט	!	36	VP
קלט GPIO בלבד, לא ניתן להגדיר כפלט	!	39	VN

טבלה 2 : באילו הדקים בטוח להשתמש ?

התמונה הבאה מראה באילו פניי GPIO ניתן להשתמש בבטחה.



איור 2 : סיכום ההדקים שניתן להשתמש בבטחה (התמונה נלקחה מהאתר : <https://lastminuteengineers.com>)

ב. הדקים שיכולים להיות קלט בלבד :

לא ניתן להגדיר את הפינים GPIO34, GPIO35, GPIO36(VP) ו-GPIO39(VN) כהדקי פלט. הם יכולים לשמש כקלט דיגיטלי או אנלוגי, או למטרות אחרות. הם גם חסרים נגדים פנימיים של משיכה למעלה pullup resistors ומשיכה מטה pull down resistors, בניגוד לפינים GPIO אחרים.

ג. הדקי פסיקה

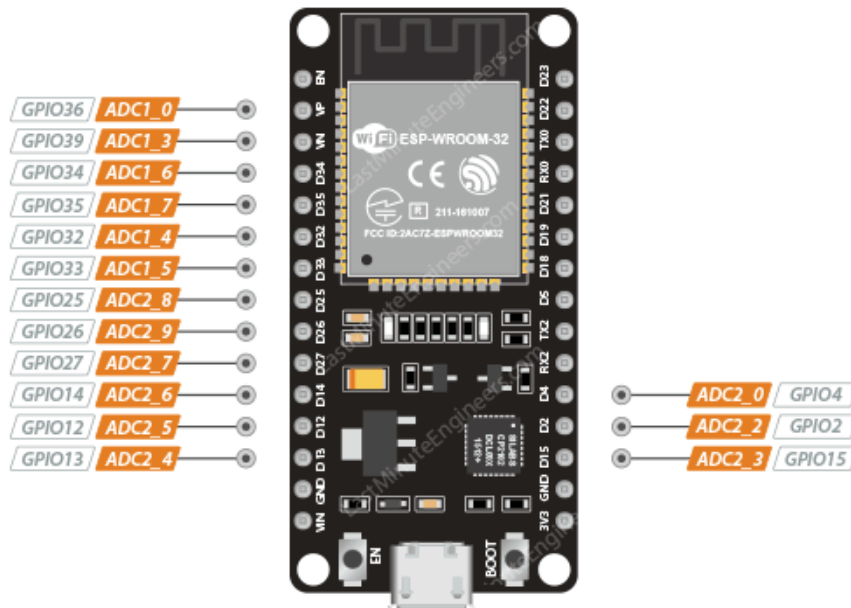
ניתן להגדיר את כל GPIO כפסיקות. בהמשך המאמר נסביר זאת .

ד. הדקי ADC

ESP32 משלב 2 מעגלי ADC של 12 ביט כל אחד מסוג SAR (successive-approximation Register – רגיסטר שערור מוצלח) ומאפשר מדידות ב 15 ערוצים ב 15 הדקים שיכולים להיות הדקים אנלוגיים .
 ADC של 12 סיביות אומר שהוא יכול לזהות 4096 (12^2) רמות אנלוגיות נפרדות. במילים אחרות, הוא ימיר מתחי כניסה הנעים בין 0 ל- 3.3V (מתח הפעלה) לערכים שלמים הנעים בין 0 ל- 4095. התוצאה היא רזולוציה של 3.3 וולט לחלק ב 4096 יחידות, או 0.0008 וולט (0.8 mV) .

המשתמש יכול לשנות את הרזולוציה ואת טווח הערוצים בעזרת התוכנה.

האיור הבא מתאר את הדקי ה ADC :



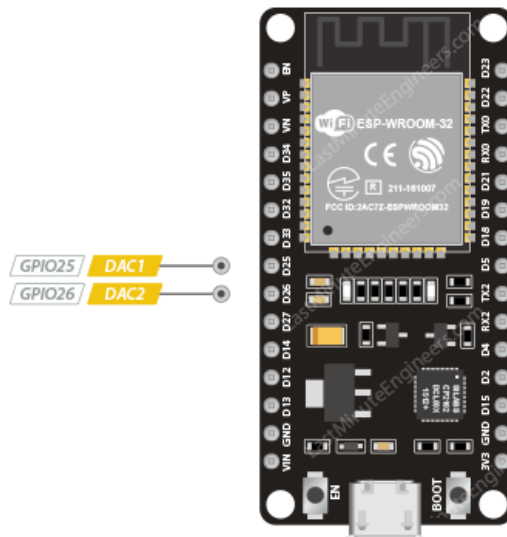
איור 3 : הדקי ה ADC בכרטיס

אזהרה : לא ניתן להשתמש בהדקי ADC2 כאשר ה Wi-Fi מופעל.

ה. הדקי ה DAC

בכרטיס 2 ערוצים של DAC בני 8 ביטים כל אחד הממירים אותות דיגיטאליים למתחים אנלוגיים. שימוש לזה יכול להיות "פוטנציומטר דיגיטלי" לשליטה במכשירים אנלוגיים.

ל- DACs יש רזולוציה של 8 סיביות, כלומר ערכים הנעים בין 0 ל- 255 שיומרו למתח אנלוגי הנע בין 0 ל- 3.3V. רזולוציה של 8 ביטים לא תמיד מספקת (במיוחד ביישומי שמע) ומומלץ להשתמש ב DAC חיצוני עם רזולוציה של 12 או 15 ביטים. הדקי ה DAC נראים באיור הבא :

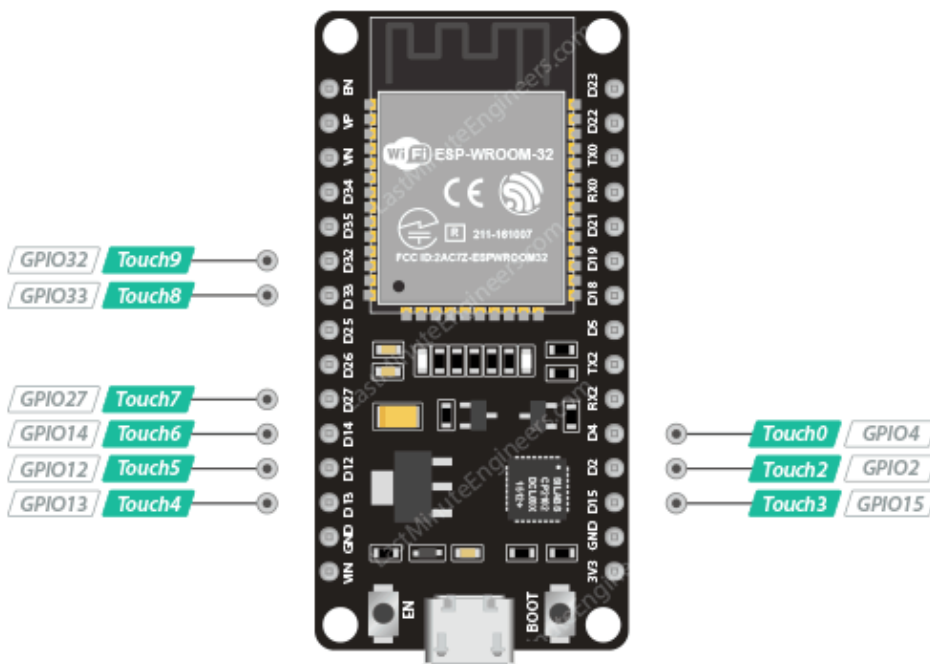


DAC ברכיב

איור 4 :הדקי ה

1. הדקי TOUCH

ה ESP32 כולל 9 GPIO קיבוליים עם חישת מגע (touch-sensing GPIOs) . כאשר עומס קיבולי (כגון אצבע אנושית) נמצא בקרבת GPIO ה ESP32 מזהה את השינוי בקיבול. הדקי חישת מגי נראים באיור הבא:



איור 5 : הדקי ה TOUCH SENSING

ניתן ליצור משטח מגע על ידי הצמדת כל חפץ מוליך להדקים האלה, כגון רדיד אלומיניום, בד מוליך, צבע מוליך וכן הלאה. בגלל עיצוב הרעש הנמוך והרגישות הגבוהה של המעגל, ניתן לייצר רפידות קטנות יחסית. בנוסף, ניתן להשתמש בפנינים קיבוליים אלה כדי להעיר את ה ESP32 משינה עמוקה Deep Sleep שנוכר מאוחר יותר בסעיף על הדקי ה RTC.

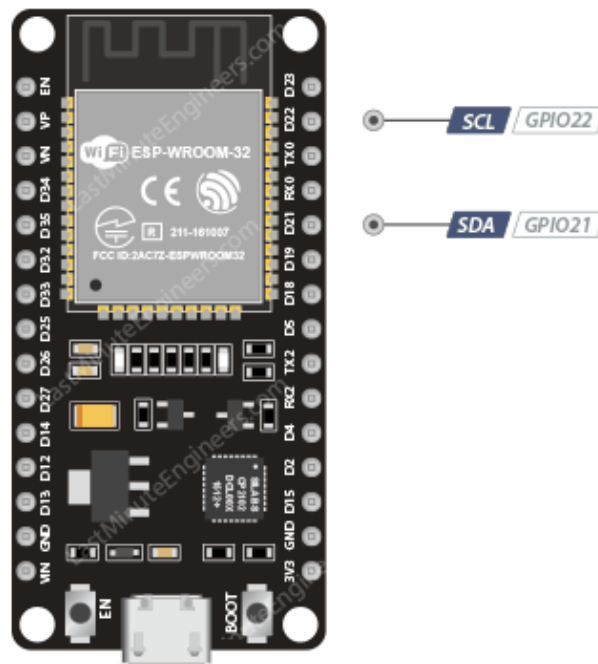
ז. הדקי I2C

הכרטיס כולל אפיק I2C יחיד המאפשר לחבר עד 112 חיישנים וציוד היקפי. פני SDA ו-SCL מוקצים כברירת מחדל לפינים שנראים באיור הבא. עם זאת, ניתן לעבוד עם שיטה הנקראת bit-bang שהיא שיטת העברת נתונים המשתמשת בתוכנה כתחליף לחומרה. ליצירת אותות משודרים או לעיבוד אותות שנקלטו ולהשתמש בכל הדקי ה-GPIO שנרצה בעזרת הפקודה:

```
Wire.begin(SDA,SCL)
```

SCL SDA הם מספר הדק ה-GPIO הרצוי.

האיור הבא מתאר את הדקי ה-I2C:



איור 6: הדקי ה-I2C של ה-ESP32.

ה. הדקי SPI

ה-ESP32 כולל שלושה ערוצי SPI: (VSPI ו-HSPI) במצב עבד ואדון SPI . MASTER SLAVE והם תומכים גם בתכונות SPI למטרות כלליות המפורטות להלן:

1. מצבי תזמון של העברת פורמט SPI
2. תדר עבודה עד 80 Mhz וחלוקת תדר השעון של ה-80 Mhz
3. FIFO של עד 64 בתים (First In First Out)

רק VSPI ו-HSPI הם ממשקי SPI שמישים, ואפיק SPI השלישי משמש את שבב זיכרון הפלאש המשולב. הדקי VSPI נמצאות בשימוש נפוץ בספריות סטנדרטיות.

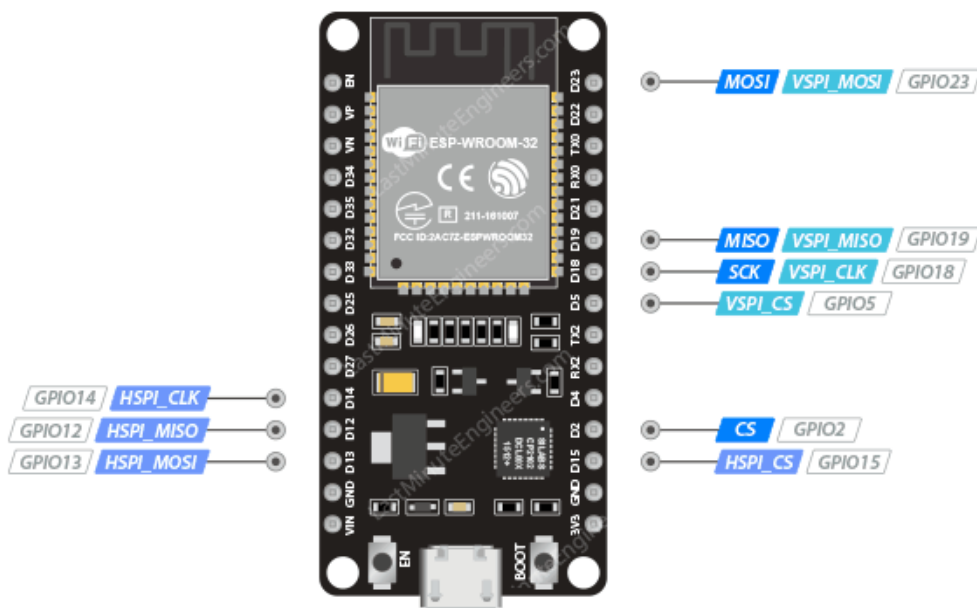
HSPI לעומת VSPI :

לפעמים יש טעות בפרשנות של המושג HSPI שנדמה בטעות שהוא SPI – HARDWARE SPI בחומרה ואילו VSPI מפורש בטעות כ-VIRTUAL SPI - או SPI וירטואלי או של תוכנה . במציאות הם זהים ! .

כמון ב I2C ניתן לעשות bit-bang שהיא שיטת העברת נתונים המשתמשת בתוכנה כתחליף לחומרה ליצירת אותות משודרים או לעיבוד אותות שנקלטו ולהשתמש בכל הדקי ה GPIO שנרצה בעזרת הפקודה :

```
bus.begin(CLK_PIN, MISO_PIN, MOSI_PIN,SS_PIN)
```

הדקי ה SPI נראים באיור הבא:



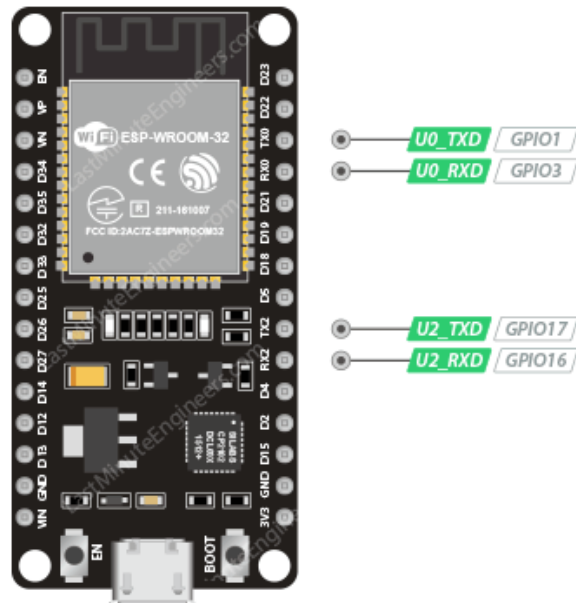
איור 7 הדקי ה SPI

ט. הדקי UART

ESP32 כולל שלושה ממשקי UART והם : UART0, UART1 ו-UART2, התומכים בתקשורת אסינכרונית (RS232 ו- RS485) וב-IrDA במהירות של עד 5 Mbps.

הדקי UART0 מחוברים לממיר USB-to-Serial שמבצע המרה מתקשורת ה USB המתחברת למחשב ובין תקשורת הטורית UART0 של ה ESP32 וכמו כן משמשים להבהוב ולאיתור באגים. לכן, הדקים UART0 אינן מומלצות לשימוש.

ההדקים של ה UART נראים באיור הבא :



איור 8 : הדקי התקשורת הטורית האסינכרונית UART

יש לשים לב:

רק הרגלים של UART0 ו UART2 של הרכיב מתחברות להדקים החיצוניים של הכרטיס !! UART1 איננו מתחבר להדקים החיצוניים בכרטיס.

פיני UART1 שמורים לשבב זיכרון הפלאש .

הדקי UART2 הם אפשרות בטוחה לחיבור התקני UART כגון GPS, חיישן טביעות אצבע, חיישן מרחק וכן הלאה.

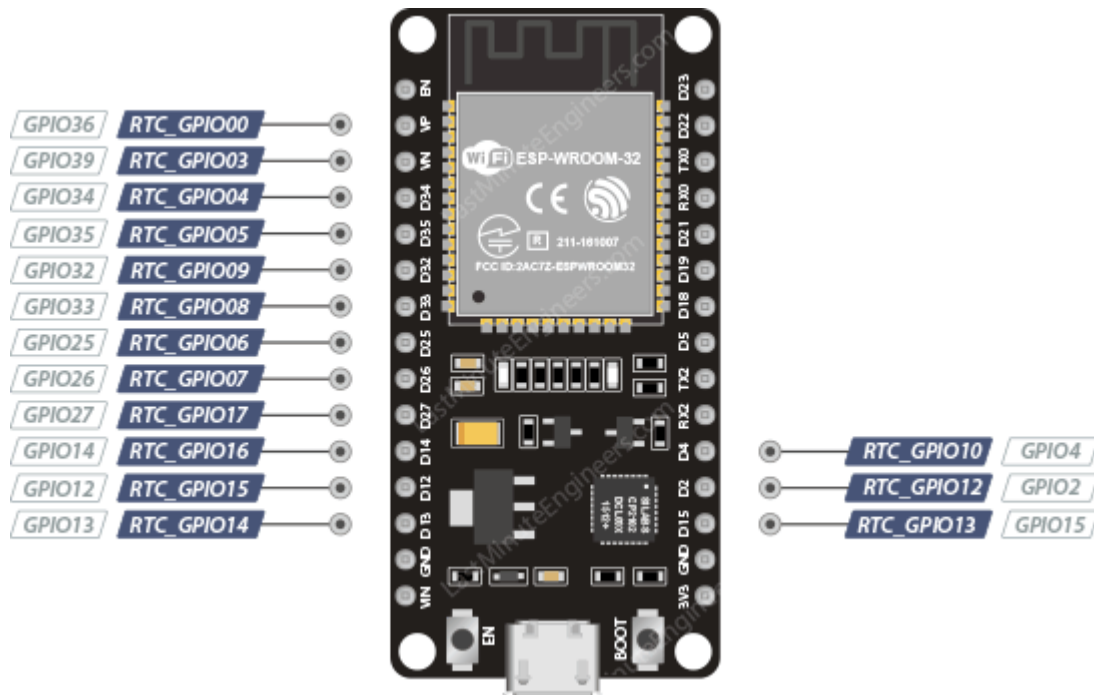
בנוסף, UART מספקת ניהול חומרה של אותות CTS (Clear To Send) ו- RTS (Request To Send) ובקרת זרימת תוכנה (XON ו- XOFF) גם כן.

הערה: לפעמים רוצים לחבר מספר כרטיסים המתחברים בפרוטוקול UART (כמו BLUETOOTH, מודול זיהוי קול, מודול טביעת אצבע, RFID וכו'). בארדואינו יש אפשרות לעבוד עם [softwareSerial](#) כדי לחבר מספר מודולים להדקי GPIO רצויים (לא כל ההדקים !!) . גם כאן יש אפשרות דומה בעזרת [hardwareSerial](#) המאפשרת חיבור נוסף של רכיבים בפרוטוקול UART.

י. הדקי PWM

בכרטיס יש 21 ערוצים של GPIO אבל חלקם משמש לקלט בלבד, כך שיש רק 15 ל PWM . ניתן להשתמש בפלט PWM לקביעת מהירות מנועים או בהירות של LED וכו'.

האיור הבא מתאר את ההדקים שניתן להשתמש בהם כהדקי PWM .

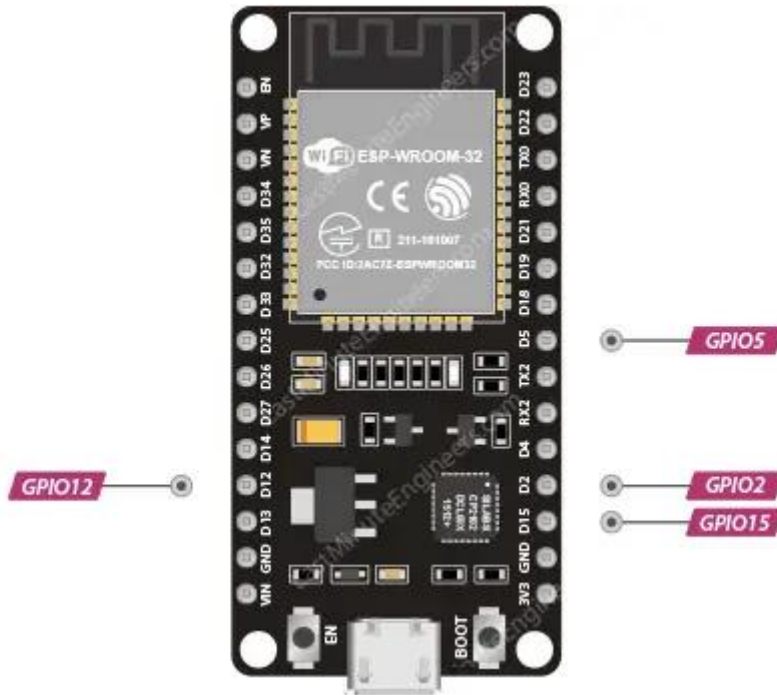


איור 9 : הדקי PWM של הכרטיס

בקר PWM מורכב מטיימרים של PWM, מפעיל PWM ומערכת מיוחדת לכידה (CAPTURE). כל טיימר מספק תזמון בצורה סינכרונית או בלתי תלויה, וכל אופרטור PWM יוצר צורת גל עבור ערוץ PWM אחד. מערכת הלכידה יכולה ללכוד אירועים במדויק עם תזמון חיצוני.

יא. הדקי ה RTC

יש מספר הדקי GPIO המחוברים אל מערכת ה RTC שבתוך רכיב ה ESP32 ונקראים RTC GPIOs. הדקים אלה משמשים כדי להעיר את ESP32 מ DEEP SLEEP - (ממצב של חוסר פעילות - ולכן תצרוכת הספק אפסית) בחזרה למצב עבודה. ישנם 5 הדקי GPIOs : GPIO0, GPIO2, GPIO5 : GPIO12 ו GPIO15 שיכולים לשמש כמקורות התעוררות חיצוניים. הדקי ה RTC נראים באיור הבא:



איור 10 : הדקי ה RTC

הדקים אלה (הצבועים בטבלה 2 שבמודים קודמים בצהוב) הנקראים strapping pins – הדקי קשירה משמשים להעברת ESP32 למצב אתחול (כדי להפעיל את התוכנית המאוחסנת בזיכרון ההבזק) או למצב FLASH (כדי להעלות את התוכנית לזיכרון ההבזק). בהתאם למצב של פינים אלה, ESP32 ייכנס למצב אתחול או למצב FLASH בעת ההפעלה power on .

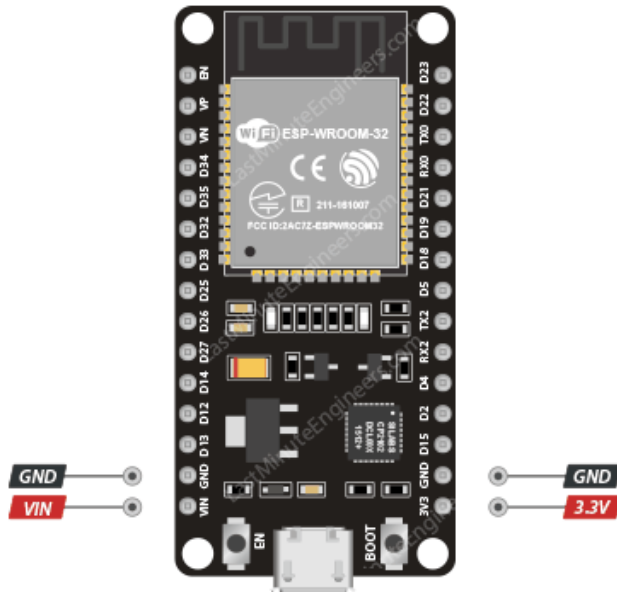
ב ESP32 כמו ברוב לוחות הפיתוח עם USB/Serial מובנה, אין צורך לדאוג לגבי מצב הפינים הללו, מכיוון שהלוח מציב אותם במצב הנכון עבור הבהוב או מצב אתחול.

עם זאת, אם ציוד היקפי מחובר להדקים אלו, ייתכן שניתקל בבעיות בעת ניסיון להעלות קוד חדש או להבהב את ESP32 עם חומרה חדשה שנחבר להדקים אלו, מכיוון שציוד היקפי זה מונע מ- ESP32 להיכנס למצב הנכון.

הדקי הקשירה פועלים כרגיל לאחר שחרור האיפוס, אך עדיין יש להשתמש בהם בזהירות.

יב. הדקי מתח - POWER PINS

ישנם שני הדקי מתח : הדק VIN והדק 3V3. ניתן להשתמש בהדק VIN כדי להפעיל ישירות את ESP32 ואת הציוד היקפי שלו בעזרת ספק חיצוני של 5V . הדק 3V3 הוא הפלט ממיצב המתח בכרטיס שיכול לתת זרם של עד 600mA ממנו. GND היא הדק האדמה.



איור 11 : הדקי המתח של הכרטיס

יג. הדק En

הדק זה הוא קיצור של Enable – אפשרור ההפעלה עבור ESP32 שבמצב רגיל ברירת המחל הוא בגבוה, כלומר במצב HIGH, הג'וק עובד. כאשר נשים אותו במצב נמוך LOW הוא מושבת ולא פועל. פין ה-EN מחובר גם למפסק לחצן. לחיצה על המפסק שמה בהדק 0 - LOW - וגורמת לאיפוס RESET.



איור 12 : הדק האפשרור En