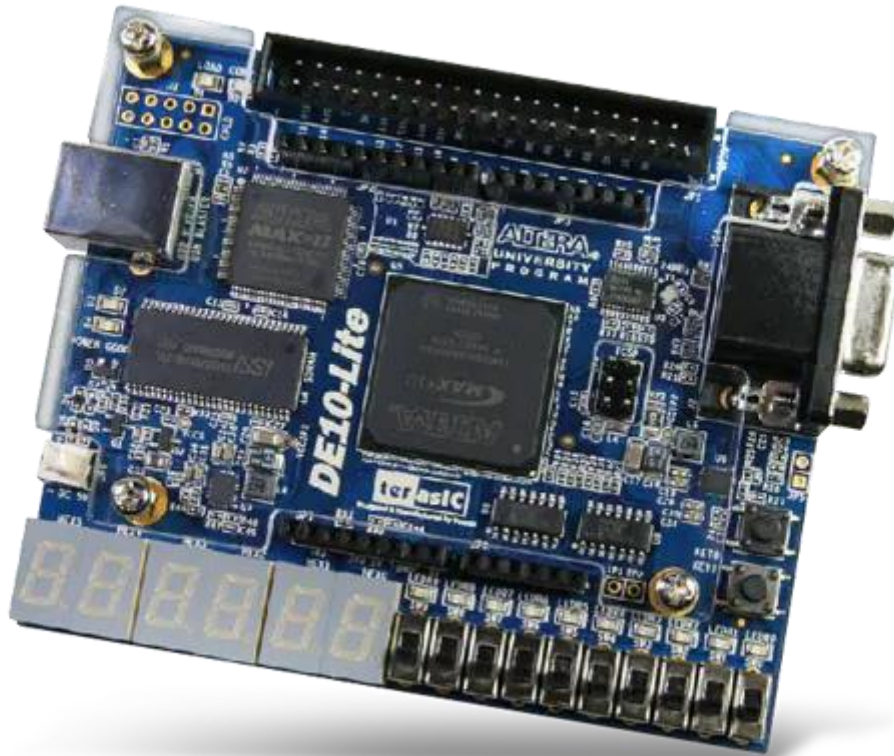


סיכום רכיבים - אוראל צפר ואלמוג רצון

DE10-Lite



שימושים ויעודים

בהתאם לדפי הנתונים ומקורות נוספים, ה-DE10-Lite מהווה פתרון מושלם לניהול מערכות, הרחבת קלט/פלט, בקרת תקשורת, יישומים תעשייתיים, ברכב ובשוק הצרכני. הוא מתאים במיוחד ליישומים עתירי נפח, כמו גישור בין פרוטוקולים, בקרת הנעת מנועים, המרת אותות אנלוגיים לדיגיטליים, עיבוד תמונה, ומכשירים ניידים.

תפקידי הדקים

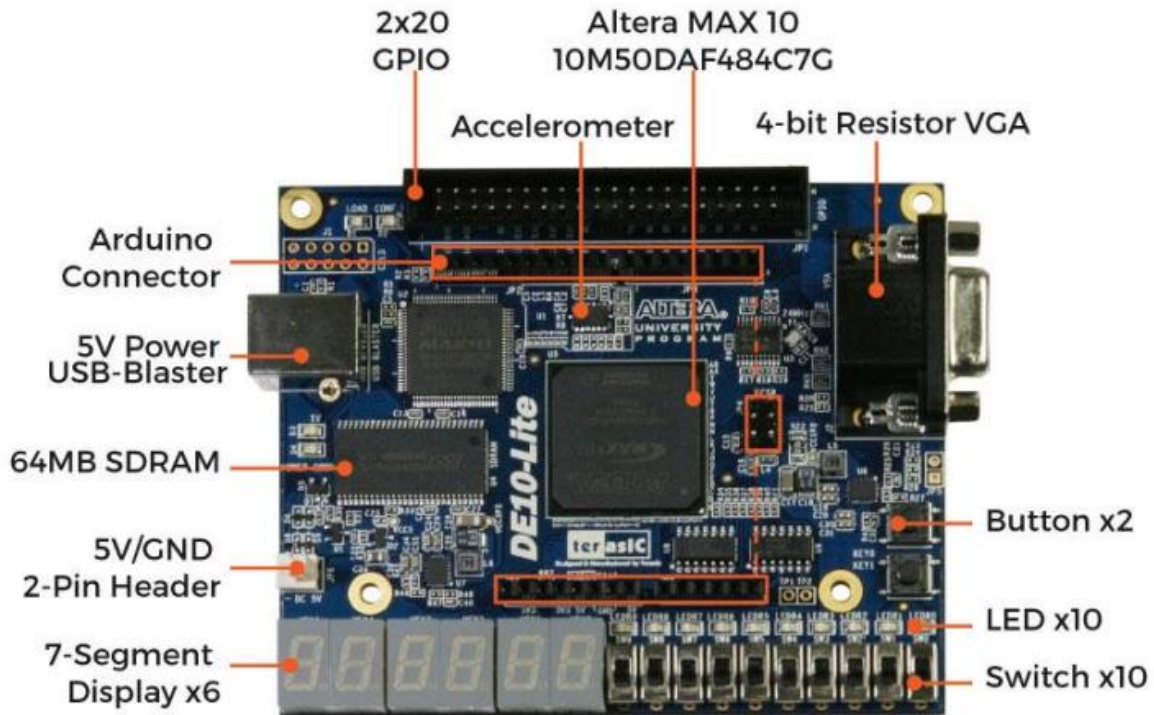


Figure 1-2 Development Board (top view)

ל-DE10-Lite יש כמה כניסות והדקים. בכלליות, יש לו חיבור ל-Arduino, חיבור לכבל USB-Blaster המספק מתח של 5V. חיבור VGA, ולבסוף 40 הדקים של GPIO.

הסבר מורחב על הדקי הGPIO:

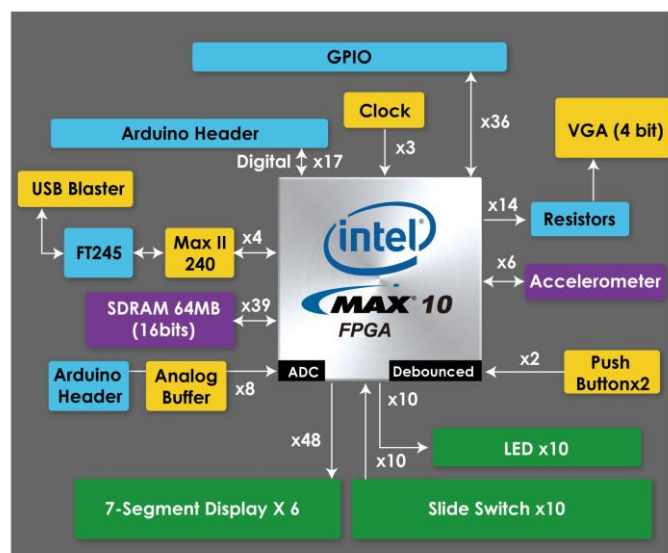
GPIO (JP1)			
PIN_V10	GPIO_[0]	1	GPIO_[1]
PIN_V9	GPIO_[2]	3	GPIO_[3]
PIN_V8	GPIO_[4]	5	GPIO_[5]
PIN_V7	GPIO_[6]	7	GPIO_[7]
PIN_V6	GPIO_[8]	9	GPIO_[9]
	5V	11	GND
PIN_W5	GPIO_[10]	13	GPIO_[11]
PIN_AA14	GPIO_[12]	15	GPIO_[13]
PIN_W12	GPIO_[14]	17	GPIO_[15]
PIN_AB12	GPIO_[16]	19	GPIO_[17]
PIN_AB11	GPIO_[18]	21	GPIO_[19]
PIN_AB10	GPIO_[20]	23	GPIO_[21]
PIN_AA9	GPIO_[22]	25	GPIO_[23]
PIN_AA8	GPIO_[24]	27	GPIO_[25]
	3.3V	29	GND
PIN_AA7	GPIO_[26]	31	GPIO_[27]
PIN_AA6	GPIO_[28]	33	GPIO_[29]
PIN_AA5	GPIO_[30]	35	GPIO_[31]
PIN_AB3	GPIO_[32]	37	GPIO_[33]
PIN_AB2	GPIO_[34]	39	GPIO_[35]
			PIN_W10
			PIN_W9
			PIN_W8
			PIN_W7
			PIN_V5
			PIN_AA15
			PIN_W13
			PIN_AB13
			PIN_Y11
			PIN_W11
			PIN_AA10
			PIN_Y8
			PIN_Y7
			PIN_Y6
			PIN_Y5
			PIN_Y4
			PIN_Y3
			PIN_AA2

מס הדק	שמות הדקים	פעולה
1-10 13-28 31-40	GPIO_[0-9] GPIO_[10-25] GPIO_[26-35]	חיבורי GPIO
11	5V	כניסת ספק מתח 5 וולט
12,30	GND	אדמה
29	3.3V	כניסת ספק מתח 3.3 וולט

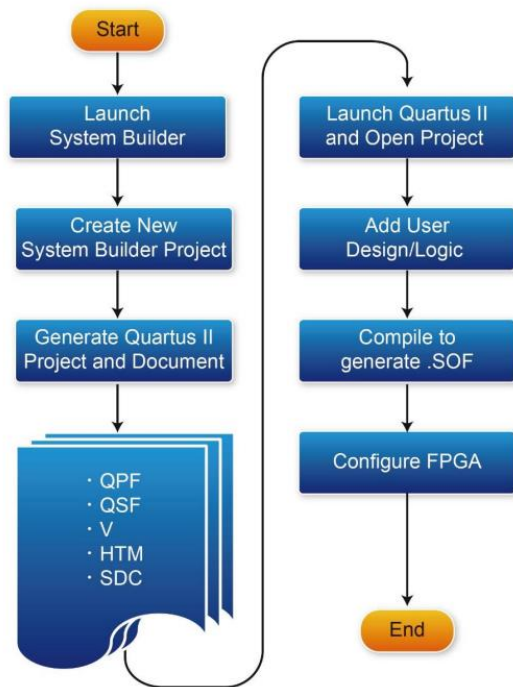
עקרון פעולה של הרכיב + מבנה פמיני

ה-DE10-Lite הוא רכיב גמיש ורב-שימושי המתאים למגוון מטרות ויישומים. הרכיב כולל שישה תצוגות שבעה מקטעים, עשרה לדים, עשרה מתגים, שני כפתורים, חיבור VGA עם ממיר DAC של 4 ביטים לרשת נגדיים, חיבור USB-Blaster לתכנות והעלאת תצורות, חיבור Arduino הכולל שישה ערוצי ADC, ו-40 הדקים למטרות שונות.

בנוסף, הרכיב מבוסס על FPGA מסוג MAX 10, המכיל 50 אלף אלמנטים לוגיים, 1638 קילוביטים של זיכרון, ו-64MB זיכרון SDRAM.



בדף נתונים תרשים זרימה כללית של הכנת פרויקט ב-Quartus II. להלן, גרסה משלנו של Quartus 17.0:



1. התחלה
2. פתיחת תקייה
3. פתיחת Quartus 17.0
4. פתיחה קובץ VHDL/BlockDiagram
5. תכנות אישי + שמירה + קומפילציה וכל השאר
6. עריכת הקובץ צריבה: DE10.tcl והרצה
7. צריבה ל-DE-10-Lite ושימוש.
8. סוף

מושגים נלווים

SDRAM: זיכרון סינכרוני דינמי בגישה אקראית (SDRAM) הוא סוג של זיכרון מחשב המסונכרן עם נתיב המערכת, דבר המאפשר קצבי העברת נתונים מהירים יותר בהשוואה לסוגים קודמים של זיכרון גישה אקראית (RAM).

בזכות הסינכרוניזציה, SDRAM פועל בהתאמה עם קצב השעון של מערכת המחשב, מה שמאפשר תיאום בין פעולות הקריאה והכתיבה לבין פעולות המעבד. בזכות יתרונות אלו, הוא מציע ביצועים גבוהים יותר ויכולת להתמודד עם משימות כבדות, והוא משמש בעיקר במחשבים אישיים, מחשבים ניידים וקונסולות משחקים.

Debouncing: הכפתורים ב-DE-10-Lite עוברים debouncing או "הרחקה". משמעות מושג זה הוא תהליך של הסרת רעשי קלט לא רצויים מכפתורים, מתגים או קלט אחר של המשתמש. תהליך זה מונע קפיצות שיכולות לגרום להפעלות נוספות או לפונקציות איטיות להופיע לעתים קרובות מדי. הרחקה משמשת במתגי חומרה, בתוכניות מחשב ובאתרי אינטרנט כדי להבטיח פעולה מדויקת ואמינה של קלט המשתמש.

פרוטוקולי תקשורת שונים

UART-ה

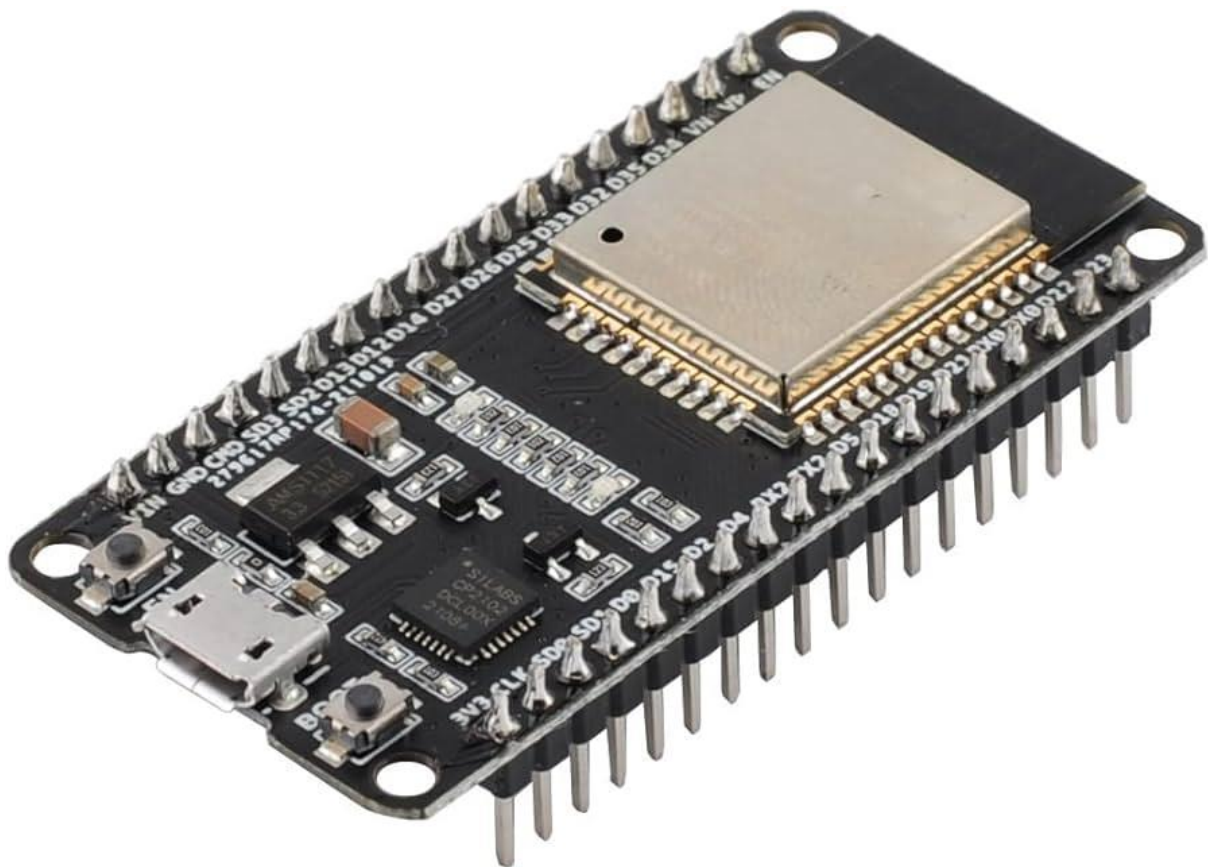
פרוטוקול זה הוא פרוטוקול תקשורת טורית אסינכרונית המשמש לחיבור בין התקנים אלקטרוניים להעברת נתונים. הפרוטוקול מבוסס על העברת מידע בסיביות. כל מסגרת מידע מורכבת מסיבית התחלה, סיביות המידע, סיבית זוגיות אופציונלית וסיבית סיום. UART נחשב לפרוטוקול תקשורת נפוץ מאוד, ומשתמשים בו בעיקר לממשקי תקשורת פשוטים בין מכשירים כמו חיישנים, מחשבים ורכיבים משובצים.

בפרוטוקול UART, התקשורת מתבצעת דרך שני קווים עיקריים: RX ו-TX. ה-RX לקבלת הנתונים וה-TX לשליחת הנתונים. במהלך התקשורת, הנתונים נשלחים בצורה טורית דרך קו ה-TX של התקן אחד אל קו ה-RX של התקן השני. כדי שהתקשורת תתבצע בצורה תקינה, חשוב שהפרמטרים של שני הצדדים, כגון קצב העברת הנתונים, יהיו מסונכרנים.

RS-232

ה-RS-232, או בשמו המלא "232 Recommended Standard", הוא תקן לתקשורת סדרתית שהוצג לראשונה בשנת 1960. בעבר, ה-RS-232 היה בשימוש נרחב לחיבור סוגים שונים של ציוד, כמו מחשבים, מודמים, מדפסות ורכיבים נוספים, אך כיום הוא הוחלף ברובו על ידי תקני תקשורת מודרניים יותר כמו USB, את'רנט וטכנולוגיות אלוטיות. תקן זה הוא מסוג תקשורת טורית, כלומר נתונים מועברים ביט אחד בכל פעם. תקן זה כולל סיביות התחלה, סיביות נתונים, סיביות זוגיות אופציונליות לבדיקת שגיאות, וסיבית עצור אחת או יותר. לבסוף, התקן עובד באמצעות אותות מתח, כאשר "סימון" מיוצג במתח שלילי ממינוס 3 עד מינוס 15 וולט. ו"רווח" מיוצג במתח חיובי מ3 וולט עד 15 וולט.

ESP32--WROOM--32



שימושים ויעודים

בית חכם, אוטומציה תעשייתית, שירותי בריאות, מוצרי אלקטרוניקה, חקלאות חכמה, מכונות קופה, רובוט שירות, התקני שמע, רכזות חיישן IoT גנריות בהספק נמוך, יומני IoT נתונים גנריים בהספק נמוך, מצלמות להזרמת וידאו, זיהוי דיבור, זיהוי תמונה, SDIO Wi-Fi + כרטיס רשת Bluetooth, חישת מגע וקרבה.

תפקידי הדקים



מס' הדק	שם ההדק	סוג הדק	פעולה
1,15,38	GND	כוח	אדמה
2	3V3	כוח	אספקת כוח
3	EN	כניסה	אות להפעלת המודול. פעיל באות גבוה
4,5	SENSOR_VP SENSOR_VN	כניסה	חיישן מתח חיובי חיישן מתח שלילי
6-14,16,23-31,33,36,37	IO0, IO2, IO4, IO5,IO12, IO13, IO14,IO14, IO15, IO17, IO18, IO19, IO21- 23, IO25, IO26, IO27, IO32-35	כניסה / יציאה	כניסות/יציאות GPIO כלליות
17-22	SHD/SD2* SWP/SD3* SCS/CMD* SCK/CLK* SDO/SD0* SDI/SD1*	כניסה / יציאה	ערוץ נתונים של SD או SPI ערוץ נתונים של SD או SPI ערוץ פקודות של SD או SPI שעון של SD או SPI ערוץ נתונים ראשון של SD או SPI ערוץ נתונים שני של SD או SPI

32	NC	-	-
34,35	RXD0/TXD0	כניסה/יציאה	קווי תקשורת UART

עקרון פעולה של הרכיב

לרכיב זה הרבה פעולות ועקרונות.

ריבוי פעולות

בזכות המעבד שלו, המכשיר יכול לנהל כמה וכמה פעולות בו זמנית, מה שמאפשר עיבוד מקבילי יעיל ואינטגרציה של משימות מורכבות.

תקשורת אלחוטית

המכשיר תומך גם ב-Wi-Fi וגם ב-Bluetooth, המאפשר לתקשורת אלחוטית בקלות ובמהירות, כך שניתן לחבר אותו בקלות לרשתות אלחוטיות או למכשירים תואמים.

ניהול צריכת חשמל

לרכיב יש תמיכה במצבי חיסכון בחשמל המאפשרים חיסכון משמעותי בצריכת האנרגיה, מה שחשוב במיוחד במכשירים המופעלים על סוללות. הוא יכול להיכנס למספר מצבי שינה ולחזור לפעולה רק כאשר נדרש, וכך לשמור על צריכת חשמל נמוכה בזמן מנוחה.

רגלי GPIO

לרכיב יש רגלי GPIO רבות, מה שמאפשר לו לתקשר עם חיישנים, מנועים, ותצוגות חיצוניות. כל רגל יכולה לשמש גם ככניסה וגם כיציאה, ותומכת בתקשורת דיגיטלית ואנלוגית.

זיכרון ואחסון

הרכיב כולל זיכרון RAM להפעלת התוכנה, וגם זיכרון Flash לאחסון הקושחה והקוד. הזיכרון מאפשר ביצועים מהירים ואחסון של קוד המכשיר ושל נתונים נחוצים.

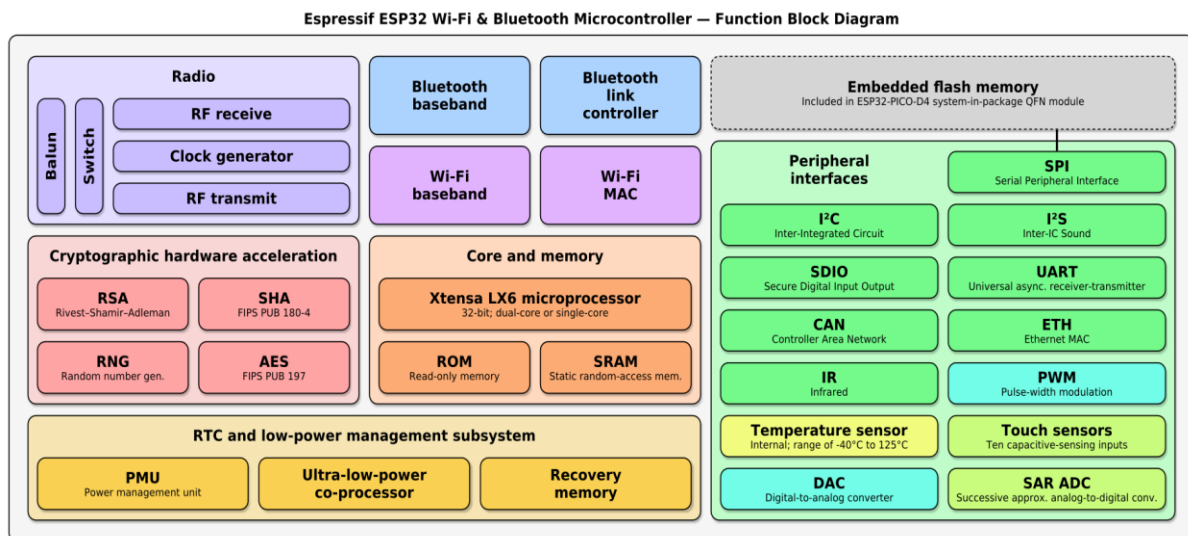
ממשקים אנלוגיים ודיגיטליים

לרכיב יש ממירי ADC ו-DAC, כך שניתן להשתמש בו לקריאת אותות אנלוגיים מחיישנים ולהפיק אותות אנלוגיים בצורה מדויקת.

פיתוח ותכנות

המכשיר ניתן לתכנות בסביבות פיתוח רבות, כולל Arduino IDE, Espressif IDF, MicroPython ו-PlatformIO, מה שמאפשר גמישות מרבית בפיתוח.

מבנה פנימי של הרכיב ועקרון פעולתו



נסביר את עקרון הפעולה לעומק בעזרת השרטוט הזה:

א. המעבד הראשי, "Xtensa LX6", בעל ליבה כפולה, המסוגל לבצע מספר משימות במקביל ולספק ביצועים מהירים לעיבוד מקבילי.

ב. תקשורת אלחוטית: תומך גם ב-Wi-Fi וגם ב-Bluetooth, ומאפשר חיבור לרשתות אלחוטיות ולמכשירים תואמים.

ג. הצפנה: כולל תמיכה במנגנוני הצפנה שונים כמו AES, RSA ו-SHA.

ד. ניהול חשמל: הרכיב כולל PMU המספק תמיכה במצבי חיסכון בחשמל. יש גם רכיב המאפשר לרכיב להיכנס למצב שינה ולשמור על צריכת חשמל נמוכה.

ה. זיכרון ואחסון: הרכיב כולל זיכרון RAM להפעלת התוכנה וזיכרון Flash לאחסון הקוד.

ו. ממשקים אנלוגיים ודיגיטליים: כולל ממירי ADC ו-DAC, ממרי אנלוג לדיגיטל ודיגיטל לאנלוג.

ז. ממשקי תקשורת חיצוניים: תומך במגוון ממשקי תקשורת חיצוניים, כגון UART, I2C, SPI, SDIO ועוד, המאפשרים חיבור לרכיבים חיצוניים.

ח. ממשק עם חיישנים: כולל תמיכה בחיישני טמפרטורה, מגע ואחרים המאפשרים לרכיב לאסוף מידע סביבתי.

ערכים חשמליים

Table 6: Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Typical	Max	Unit
VDD33	Power supply voltage	3.0	3.3	3.6	V
I_{VDD}	Current delivered by external power supply	0.5	-	-	A
T	Operating ambient temperature	-40	-	85	°C

Table 7: DC Characteristics (3.3 V, 25 °C)

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
C_{IN}	Pin capacitance		-	2	-	pF
V_{IH}	High-level input voltage		$0.75 \times VDD^1$	-	$VDD^1 + 0.3$	V
V_{IL}	Low-level input voltage		-0.3	-	$0.25 \times VDD^1$	V
I_{IH}	High-level input current		-	-	50	nA
I_{IL}	Low-level input current		-	-	50	nA
V_{OH}	High-level output voltage		$0.8 \times VDD^1$	-	-	V
V_{OL}	Low-level output voltage		-	-	$0.1 \times VDD^1$	V
I_{OH}	High-level source current ($VDD^1 = 3.3$ V, $V_{OH} \geq 2.64$ V, output drive strength set to the maximum)	VDD3P3_CPU power domain ^{1, 2}	-	40	-	mA
		VDD3P3_RTC power domain ^{1, 2}	-	40	-	mA
		VDD_SDIO power domain ^{1, 3}	-	20	-	mA
I_{OL}	Low-level sink current ($VDD^1 = 3.3$ V, $V_{OL} = 0.495$ V, output drive strength set to the maximum)		-	28	-	mA
R_{PU}	Resistance of internal pull-up resistor		-	45	-	k Ω
R_{PD}	Resistance of internal pull-down resistor		-	45	-	k Ω
V_{IL_nRST}	Low-level input voltage of CHIP_PU to shut down the chip		-	-	0.6	V

Table 8: Wi-Fi Radio Characteristics

Parameter	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Center frequency range of operating channel <i>note1</i>	-	2412	-	2484	MHz
Output impedance <i>note2</i>	-	-	<i>note 2</i>	-	Ω
TX power <i>note3</i>	11n, MCS7	12	13	14	dBm
	11b mode	17.5	18.5	20	dBm
Sensitivity	11b, 1 Mbps	-	-98	-	dBm
	11b, 11 Mbps	-	-89	-	dBm
	11g, 6 Mbps	-	-92	-	dBm
	11g, 54 Mbps	-	-74	-	dBm
	11n, HT20, MCS0	-	-91	-	dBm
	11n, HT20, MCS7	-	-71	-	dBm
	11n, HT40, MCS0	-	-89	-	dBm
	11n, HT40, MCS7	-	-69	-	dBm
Adjacent channel rejection	11g, 6 Mbps	-	31	-	dB
	11g, 54 Mbps	-	14	-	dB
	11n, HT20, MCS0	-	31	-	dB
	11n, HT20, MCS7	-	13	-	dB

מושגים נלווים

Firestore

Firestore של Google הוא אוסף של כלים מבוססי ענן המסייעים למפתחים של אפליקציות ניידות לבנות, לפרוס ולהגדיל את האפליקציות שלהם. אחד מהיתרונות הבולטים של Firestore הוא היכולת לסנכרן נתונים בזמן אמת בין כל המכשירים המחוברים באמצעות Realtime Database שהוא מסד נתונים מסוג NoSQL.

Firestore מספק גם מגוון שירותים נוספים, כמו "אימות" לאימות משתמשים בצורה מאובטחת, "התכתבות ענן" לשליחת הודעות למכשירי משתמשים, ו-"Crashlytics" לאיתור ותיקון קריסות באפליקציה. בנוסף, Firestore כולל כלי ניתוח ביצועים, כלי בדיקה מבוססי ענן ואבטחה מוגברת באמצעות הצפנה ובקורות גישה מבוססת תפקידים. שירותים אלו עוזרים למפתחים להבטיח שהאפליקציות שלהם יפעלו בצורה חלקה, מאובטחת ומותאמת למגוון רחב של מכשירים וסביבות עבודה.

מבחינת אבטחה, Firestore מספקת אמצעי הגנה מגוונים כדי להבטיח את בטיחות המידע של המשתמשים. כל מרכזי הנתונים של Firestore מאושרים לתקנים SOC 2 Type 2 ו-ISO 27001. בנוסף, כל המידע ב-Firebase מוצפן בכל מצב אפשרי. Firestore משתמשת בבקרת גישה מבוססת תפקידים כדי לאפשר שליטה מדויקת על גישת משתמשים לנתוני האפליקציה, ומנהלת רישום של כל הגישה לנתונים, כך שעסקים יכולים לעקוב אחרי מי שניגש לנתונים ומתי.

פרוטוקולים

Wi-Fi: פרוטוקול ה-

הגרסה ה-Wi-Fi המופיעה ב-ESP32-WROOM-32 היא b/g/n802.11. פרוטוקול זה הוא סינכרוני, כך שהתקשורת מתבצעת באופן מסודר ומבוקר, באמצעות חלוקת המידע למסגרות מסונכרנות בזמן. המסגרות משודרות במקטעים קבועים, וכל אחת מהן מכילה מידע קריטי לניהול התקשורת, כמו כתובת מקור ויעד, פרטי בקרת שגיאות ותזמון.

מבנה המידע כולל מסגרות המכילות לא רק את המידע המועבר, אלא גם פרטים נוספים שמאפשרים ניהול ותיקון שגיאות, כגון כתובות MAC של השולח והמקבל, פרטי ניהול הרשת, וסנכרון עם תדר השידור של הרשת. פרוטוקול זה מאפשר חיבור יציב ואמין לרשתות אלחוטיות, תוך מתן תמיכה בשידור נתונים בקצבים גבוהים.

Bluetooth: פרוטוקול ה-

הגרסה ה-Bluetooth המופיעה ב-ESP32-WROOM-32 היא 4.2v, התומכת גם ב-Bluetooth Classic וגם ב-Bluetooth Low Energy (BLE). פרוטוקול זה גמיש ומאפשר תקשורת סינכרונית או אסינכרונית, בהתאם לדרישות המערכת ולסוג המידע המועבר. התקשורת מתבצעת על ידי חלוקת המידע למסגרות, וכל מסגרת מכילה נתונים חיוניים לניהול החיבור, כמו כתובות התקנים, פרטי בקרת שגיאות ותזמון.

ב-Bluetooth Classic, התקשורת סינכרונית, מה שמבטיח שידור יציב ומהיר עבור יישומים כמו העברת אודיו בזמן אמת. לעומת זאת, ב-BLE, התקשורת מתבצעת באופן אסינכרוני כדי לחסוך באנרגיה, מה שהופך את הפרוטוקול למתאים ליישומים כמו חיישנים הדורשים חיבור רציף עם צריכת אנרגיה מינימלית. מבנה המסגרות כולל את המידע המועבר יחד עם פרטים לניהול התקשורת ותיקון שגיאות, מה שמאפשר חיבור אמין ויעיל באנרגיה.

UART: פרוטוקול ה-

פרוטוקול זה הוא פרוטוקול תקשורת טורית אסינכרונית המשמש לחיבור בין התקנים אלקטרוניים להעברת נתונים. הפרוטוקול מבוסס על העברת מידע בסיביות. כל מסגרת מידע מורכבת מסיבית התחלה, סיביות המידע, סיבית זוגיות אופציונלית וסיבית סיום. UART נחשב לפרוטוקול תקשורת נפוץ מאוד, ומשתמשים בו בעיקר לממשקי תקשורת פשוטים בין מכשירים כמו חיישנים, מחשבים ורכיבים משובצים.

בפרוטוקול UART, התקשורת מתבצעת דרך שני קווים עיקריים: TX ו-RX. ה-RX לקבלת הנתונים וה-TX לשליחת הנתונים. במהלך התקשורת, הנתונים נשלחים בצורה טורית דרך קו ה-TX של התקן אחד אל קו ה-RX של התקן השני. כדי שהתקשורת תתבצע בצורה תקינה, חשוב שהפרמטרים של שני הצדדים, כגון קצב העברת הנתונים, יהיו מסונכרנים.

פרוטוקול ה-I²C

פרוטוקול זה הוא פרוטוקול תקשורת סריאלי/טורי המשמש לחיבור בין מספר רכיבים אלקטרוניים בעזרת שני חוטים בלבד. הפרוטוקול מאפשר למעגל הראשי, הנקרא "מאסטר"/"שולט", לתקשר עם רכיבי משנה הנקראים "סלאייבים"/"עבד". היתרון המרכזי של I²C הוא האפשרות לחבר מספר סלאייבים למאסטר אחד, ואף לתמוך במספר מאסטרים במערכת אחת. הפרוטוקול משתמש בשני חוטים: אחד להעברת נתונים, והשני להעברת אות השעון, מה שמבטיח סנכרון בין הרכיבים.

ב-I²C, כל הודעה המועברת בין המאסטר לסלאייבים כוללת מסגרות המכילות כתובת בינארית של הסלאייב, נתונים ואלמנטים נוספים כמו סיבית קריאה/כתיבה וסיביות אישור שמאשרות אם הנתונים התקבלו בהצלחה.

פרוטוקול ה-SPI

פרוטוקול זה הוא אחד הפרוטוקולים הנפוצים ביותר לחיבור בין מיקרובקרים ורכיבים חיצוניים כגון חיישנים, ממירי דיגיטל לאנלוג ולהפך, וזיכרונות. SPI הוא פרוטוקול סינכרוני בו הנתונים מסונכרנים על ידי אות שעון, והעברת הנתונים מתבצעת בו זמנית בין הרכיב הראשי לרכיבים החיצוניים. הפרוטוקול תומך בתקשורת מלאה דו-כיוונית, בה הרכיב הראשי שולח נתונים דרך קו "MOSI" (כלומר, יציאת ראשי, כניסת משני), והרכיב החיצוני מחזיר נתונים דרך קו "MISO" (כלומר, כניסת ראשי, יציאת משני).

SPI מאפשר העברת נתונים מהירה מאוד לעומת פרוטוקולים אחרים כגון I²C, אך דורש קו בחירה נפרד לכל רכיב חיצוני, מה שיכול להוות מגבלה במערכות עם מספר רב של רכיבים. בנוסף, SPI מאפשר גמישות בבחירת הקוטביות והפאזה של אות השעון, המאפשרת התאמה למגוון רחב של רכיבים.

LM7805



שימושים ויעודים

הרכיב הזה, שנקרא בכללית 7805, ניתן למצוא גם כ-IC7805, אך תפקודם זהה. השימושים ברכיב זה כוללים: מווסת מתח מוצא קבוע, מווסת מתח חיובי בתצורת מתח שלילי, מווסת מתח מתכוונן, מווסת זרם, מווסת מתח DC מתכוונן, ספק כוח כפול מווסת, מעגל הגנה מהיפוך קוטביות מוצא, ומעגל הגנה ממתח הטיה לאחור. המייצב מתח 7805 משמש גם לבניית מעגלים למדידת השראות, מטענים לטלפונים, נגני תקליטורים ניידים, הרחבת שלט רחוק אינפרא-אדום, ומעגלי ספקי כוח למערכות UPS.

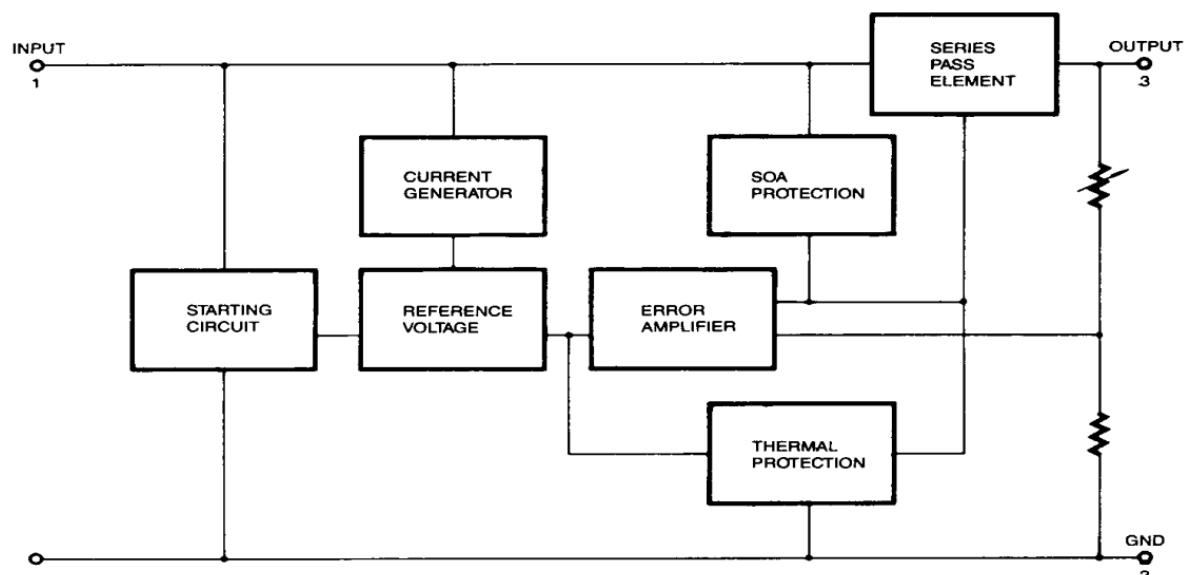
תפקידי ההדקים

מס' ההדק	שם	פעולה	תפקיד והסבר
1	כניסה	מתח כניסה (7 עד 35 וולט)	בהדק זה ניתן ברגולציה מתח חיובי בלתי מווסת.
2	אדמה	אדמה (0 וולט)	בהדק זה שבה נתונה הקרקע. היא ניטרלית עבור הקלט והפלט באופן שווה.
3	יציאה	פלט מוסדר v5 (כ-4.8 עד 5.2 וולט)	בהדק זה יוצא הפלט 5 הוולט אשר עבר עכשיו מווסת.

עקרון פעולה של הרכיב

עקרון פעולתו של הרכיב מתייחס להגבלת הזרם הפנימי, כיבוי תרמי והגנה על אזור הפעלה בטוח, מה שהופך אותו לעמיד במיוחד. אם מספקים קירור מספיק בעזרת גוף קירור (heatsink), הוא יכול לספק זרם פלט של מעל 1 אמפר. הרכיב מקבל מתח לא מווסת דרך הדק הכניסה, ובהדק המוצא יוצא מתח מווסת.

מבנה פנימי של הרכיב ועיקרון פעולתו



מתח לא מווסת נכנס דרך ההדק כניסה, בעזרת הבלוקים: current generator, reference voltage ו- starting circuit מייצרים מתח יציב פנימי. הבלוק של ה- error amplifier משווה בין המתח שהוכנס למתח היציב שנוצר במעגל ובכך עורך את הבלוק "series pass element" שישמר 5 וולט בהדק היציאה. שני הבלוקים האחרונים ה- "soa protection" ו- "thermal protection" מבטיחים הגנה על הרכיב בהגבלת הזרם או ניתוק שלם של המכשיר בעת מצבים קריטיים.

ערכים חשמליים

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$)	V_I	35	V
(for $V_O = 24V$)	V_I	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range	T_{OPR}	$0 \sim +125$	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	$-65 \sim +150$	$^{\circ}C$

גרפים ואופיינים

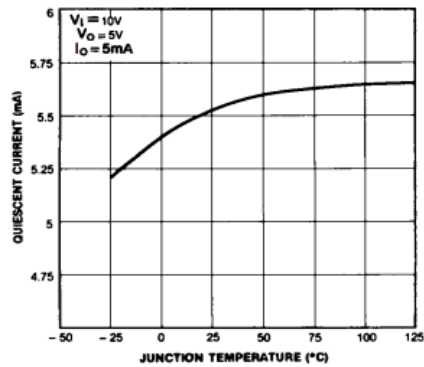


Figure 1. Quiescent Current

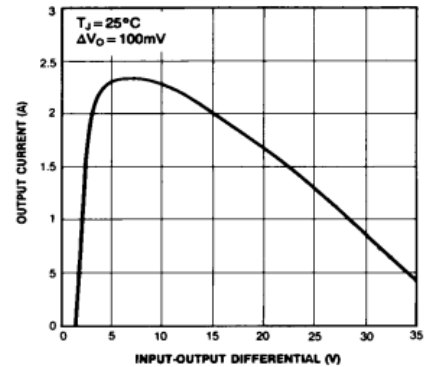


Figure 2. Peak Output Current

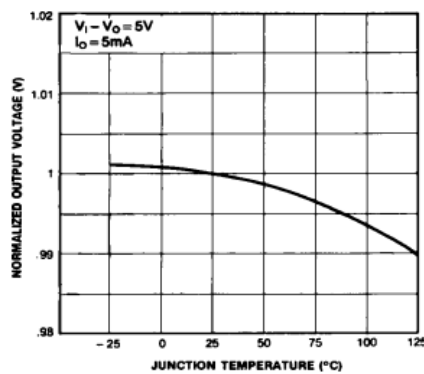


Figure 3. Output Voltage

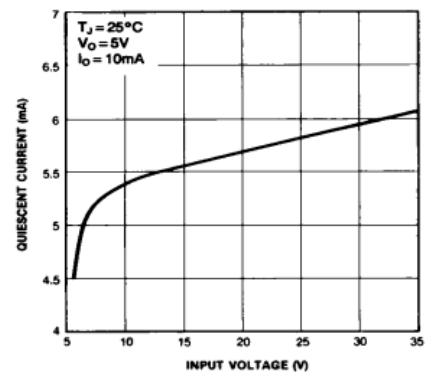


Figure 4. Quiescent Current

מושגים נילווים

בבלוק "series pass element" נמצא זוג דרלינגטון. משמעו, מעגל המורכב משני טרנזיסטורים בן-פולרים כאשר הפלט של טרנזיסטור אחד מחובר לבסיסו של השני, כך שהזרם המוגבר על ידי הטרנזיסטור הראשון מוגבר עוד יותר על ידי השני. הקולטים של שני הטרנזיסטורים מחוברים זה לזה. בדרך כלל החישוב הבטא הכולל שלהם הוא סכום של כפל הבטאות וסכום הבטאות:

$$\beta_{\text{Darlington}} = \beta_1 \cdot \beta_2 + \beta_1 + \beta_2$$

אך לזוג דרגלינגטון יש גם חסרונות, למשל, הכפלה משוערת של מתח הpush-pull, מכיוון שיש שני צמתים בין הבסיס לפולט של הטרנזיסטור של דרלינגטון, מתח הבסיס-הפולט השקול הוא הסכום של שני מתחי הבסיס-הפולט.

אך כאשר הבטאות מספיק גדולות

הנוסחה תיראה כך:

$$\beta_{\text{Darlington}} \approx \beta_1 \cdot \beta_2$$

Quartz Crystal Oscillators



שימושים ויעודים

רוב השימושים מיועדים למכשירים קטנים שנבנו עבור שעוני יד, שעונים ומעגלים אלקטרוניים. בנוסף, הם נמצאים גם בתוך ציוד בדיקה ומדידה, כגון מונים, מחוללי אותות ואוסילוסקופים.

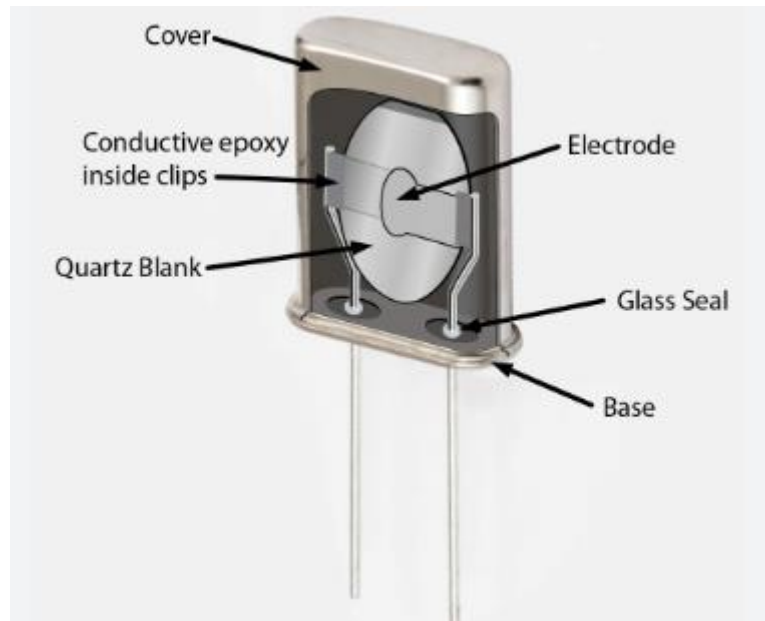
תפקידי הדקים

למתנד שני הדקים. להדק הכניסה נכנס האות החשמלי על מנת לגרום למתנד לעבוד, והדק היציאה קיים להעברת האות ולהשלים את המעגל.

עקרון פעולה של הרכיב

בעת העברת אות חשמלי במכשיר, הרכיב מייצר תדרים.

מבנה פנימי של הרכיב ועקרון פעולתו



כאשר מחברים אל המתנד מתח חשמלי, הקריסטל משנה צורה ומתחיל לרטוט בתדר קבוע שנקרא תדר תהודה. הרטט הזה יוצר אות חשמלי מדויק מאוד. במקום להשתמש בהלחמה, מחברים את הקריסטל לאלקטרודות בעזרת אפוקסי מוליך (סוג של דבק מוליך חשמל). הדבק עוזר לשמור על התנודות של הקריסטל יציבות לאורך זמן בלי לפגוע בביצועים.

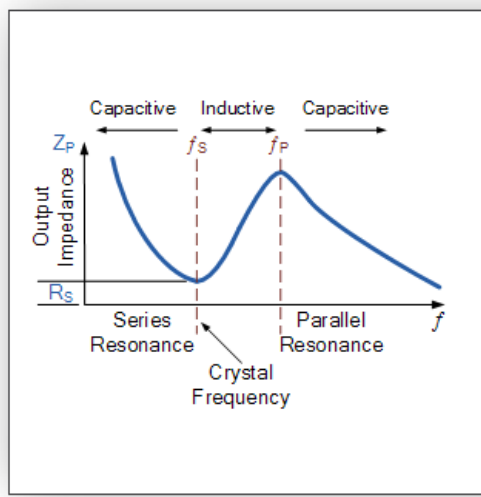
ערכים חשמליים

סוגי מתנדי קריסטל יכולים לנוע מהפקת תדר של כ-32 קילו הרץ, עד כ-200 מגה הרץ.

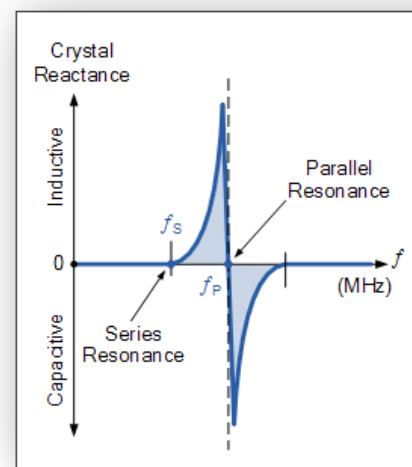
המתח המתאים תלוי במעגל אשר הרכיב חלק ממנו.

גרפים ואופיינים

Crystal Impedance against Frequency



Crystal Reactance against Frequency



הסבר תופעות פיסיקליות

תופעת הפיזואלקטריות מתארת חומרים מסוימים שמייצרים מטען חשמלי בתגובה ללחץ מכני, ולהפך – יכולים לייצר לחץ מכני כאשר מופעל עליהם מתח חשמלי. בתהליך זה, שינוי בצורה של החומר גורם לשינוי במבנה המולקולרי שלו, מה שיוצר קיטוב חשמלי בין שני הצדדים של החומר. תופעה זו מאפשרת להמיר אנרגיה מכנית לאנרגיה חשמלית ולהיפך.

כאשר הגביש נחשף לשדה חשמלי, הוא משנה את צורתו הפיזית, וכתוצאה מכך נוצרת תנודה מכנית. התנודות המכניות האלו יוצרות תדר חשמלי מדויק. התכונה הזו מאפשרת לקריסטל לתפקד כמתנד בתדרים קבועים, המיועדים ליישומים כמו תזמון מדויק במעגלים חשמליים.

Piezoelectric buzzer



שימושים ויעודים

תחומי קול חשמליים, מכונות כביסה, מסופים של מחשבים, מכשירים שונים שדורשים פלט של סינתזת דיבור. בנוסף, אזעקות, מכשירי התרעה, אזעקות לרכב, מכשירים להדברת מזיקים, מכשירים למחשבים, טלפונים, צעצועים, משחקים.

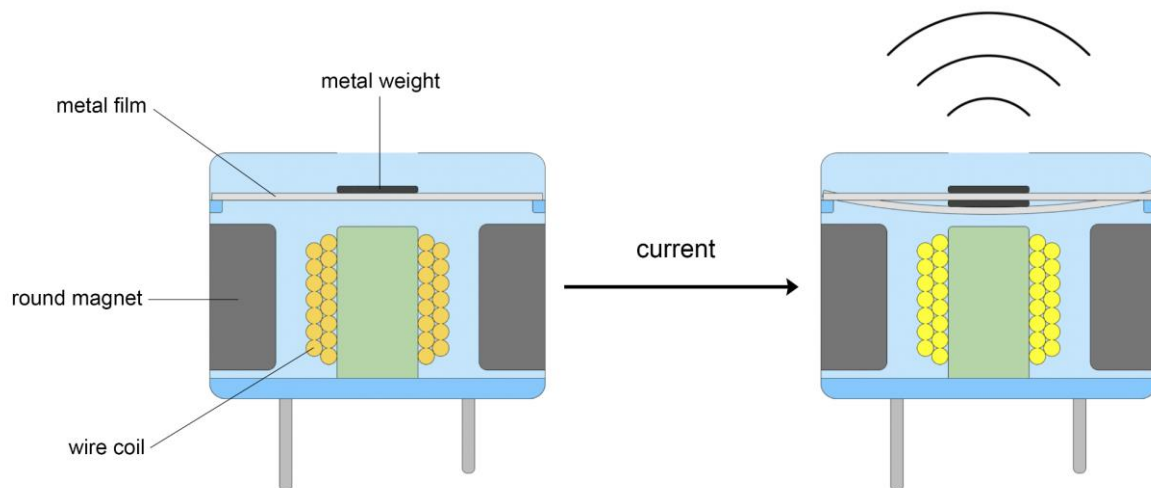
תפקידי הדקים

סמל הדק	שם ההדק	תפקיד ההדק
+	VCC	כניסת מתח
-	GND	אדמה

עקרון פעולה של הרכיב

ברגע סיפוק מתח לבאזר הפיזואלקטרי, המתכת בפנים רוטטת ובכך נוצר זמזום.

מבנה פנימי של הרכיב ועקרון פעולתו

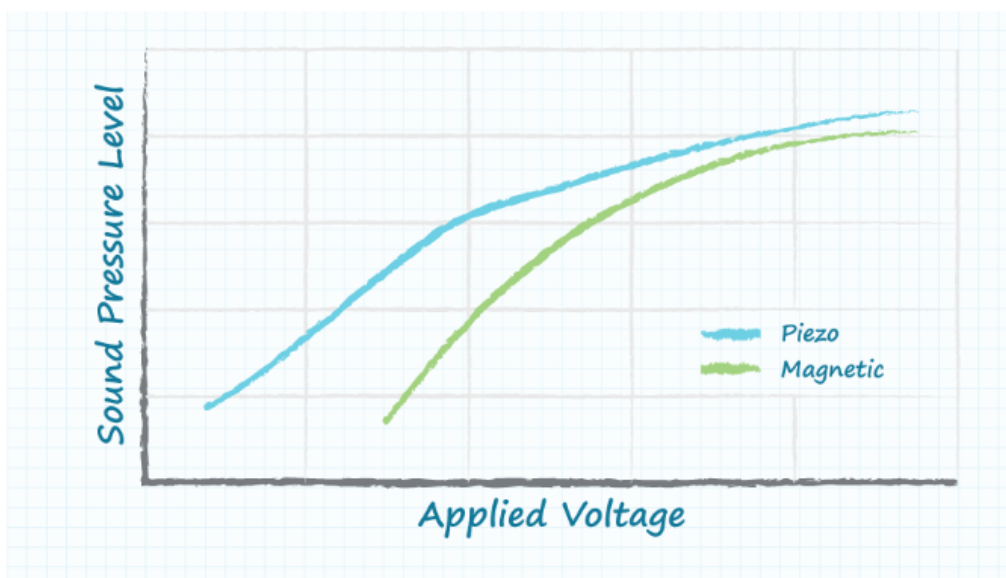
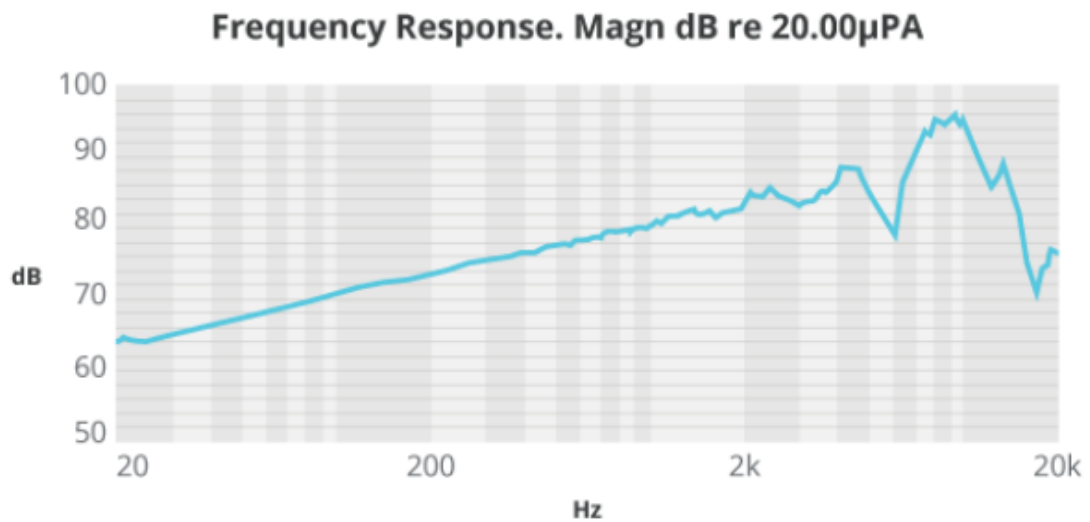


הבאזר מכיל רכיב פיזואלקטרי (בתמונה: שכבת מתכת), שהוא דיסק דק של קרמיקה פיזואלקטרית המודבק ללוחית מתכת. משני צידי הרכיב הפיזואלקטרי יש אלקטרודות כסף שמאפשרות מגע חשמלי. בזארים פיזואלקטריים פועלים באמצעות ניצול האפקט הפיזואלקטרי ההפוך – האפקט שבו החומר מתעוות בנוכחות מטען חשמלי. באזר פיזואלקטרי פועל על ידי יישום מתח חילופין על החומר הקרמי הפיזואלקטרי. הכנסת אות כזה גורמת לרטט מהיר של הקרמיקה הפיזואלקטרית, מה שמוביל ליצירת גלי קול על ידי פגיעתו במשקל המתכת.

ערכים חשמליים

לבזארים פיזואלקטריים יש בדרך כלל את הערכים החשמליים האלה: מתח פעולה של ~3 עד ~250 וולט, צריכת זרם טיפוסית של פחות מ-30 מיליאמפר, תדרי תהודה משוערים של 2 עד 6 קילו הרץ

גרפים ואופיינים



Graph showing the relationship between drive signal and audio output in piezo and magnetic buzzers

תופעות פיזיקליות

פיזואלקטרוניקה היא תופעה שבה חומרים מסוימים מייצרים מטען חשמלי בתגובה ללחץ מכני שמופעל עליהם. בתהליך הזה, שינוי צורה בחומר גורמת לשינוי במבנה המולקולרי שלו, מה שיוצר קיטוב חשמלי בין שני צדדים של החומר. התופעה מאפשרת המרה של אנרגיה מכנית לאנרגיה חשמלית ולהיפך.

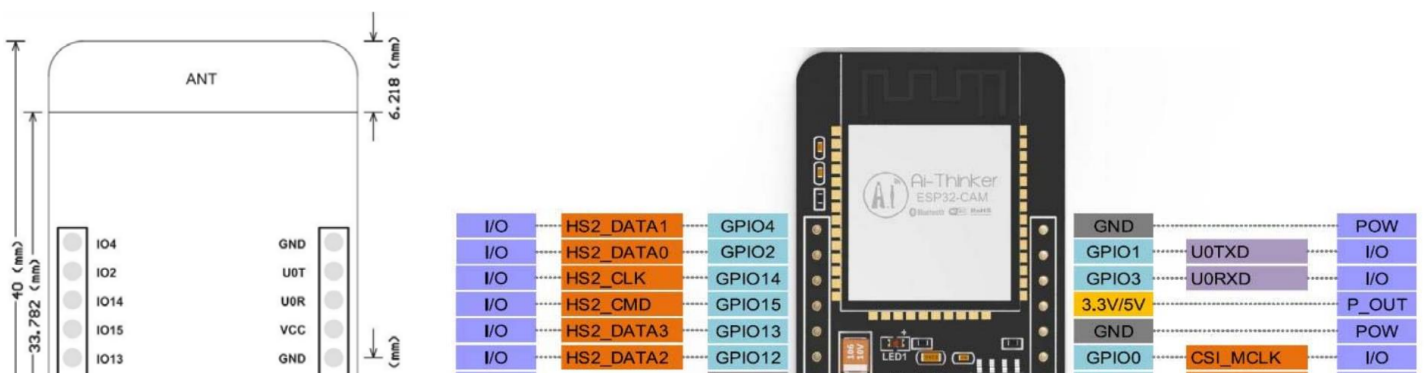
ESP32-CAM Development Board



שימושים ויעודים שונים של הרכיב

המצלמת ESP32 מתאימה למכשירים חכמים ביתיים, בקרה אלחוטית תעשייתית, ניטור אלחוטי, זיהוי QR אלחוטי, סיגנלים של מערכת מיקום אלחוטית ויישומי IoT אחרים.

תפקידי הדקים



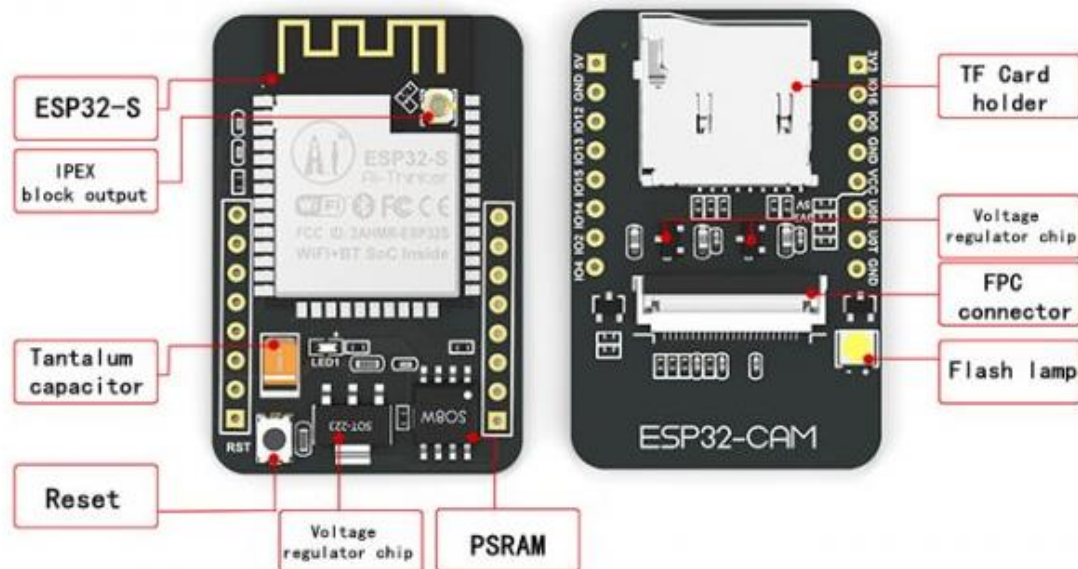
טבלת הדקים:

שם ההדק	פעולה	תפקיד והסבר
GND	אדמה	אספקת אדמה 0 וולט
U0T	GPIO 1	הדק במצב סדרה - הכרחי להעלאת קוד ללוח
U0R	GPIO 3	הדק במצב סדרה - הכרחי להעלאת קוד ללוח
VCC	3.3V/5V	מספקת 3.3 וולט או 5 וולט
GND	אדמה	אספקת אדמה 0 וולט
IO0	GPIO 0	קובע אם ה-32ESP במצב מהבהב או לא. כאשר GPIO 0 מחובר ל-GND, ה-32ESP במצב מהבהב.
IO16	GPIO 16	קלט/פלט לשימוש כללי
3V3	3.3V	אספקת מתח 3.3 וולט
IO4	GPIO 4	כניסת נתונים 1(מחוברת בנוסף ללד על הלוח)
IO2	GPIO 2	כניסת נתונים 0
IO14	GPIO 14	כניסת שעון CLK
IO15	GPIO 15	כניסת CMD
IO13	GPIO 13	כניסת נתונים 3
IO12	GPIO 12	כניסת נתונים 2
GND	אדמה	אספקת אדמה 0 וולט
5V	5V	אספקת מתח 5 וולט

עקרון פעולה של הרכיב

המצלמה מצלמת את מה שמפניה ושולחת מידע זה ללוח אשר אפשר לשלוח לתוכנה.

מבנה פנימי של הרכיב ועקרון פעולתו



ה-ESP32-CAM הוא מודול מצלמה קטן המבוסס על השבב ESP32, המאפשר עיבוד ושליחת תמונות באופן אלחוטי. תחילה, ה-ESP32 מקבל מתח דרך ההדק כניסה שעובר דרך וסת מתח פנימי. המצלמה מדגם 2640OV קולטת את התמונות, והמעבד (ESP32) מבצע עיבוד ראשוני של הנתונים. תהליך העיבוד כולל דחיסת התמונה, ניתוח או הכנה לשידור.

המידע מועבר באמצעות מודול ה-Wi-Fi למערכת חיצונית כגון שרת או התקן נייד. בנוסף, המודול מכיל חריץ לкарטים microSD שמאפשר אחסון תמונות שצולמו או קבצים אחרים, שניתן לגשת אליהם מרחוק בעזרת חיבור Wi-Fi, דבר המועיל ביישומים בהם נדרשת שמירת מידע מקומי בנוסף להעברה אלחוטית.

הרכיב כולל גם כמה GPIO (רגלי חיבור כלליות) המאפשרות חיבור ציוד היקפי נוסף כמו חיישנים או התקנים אחרים. זיכרון ה-PSRAM המובנה מספק אחסון זמני לתמונות ברזולוציה גבוהה לצורך עיבוד מהיר, בעוד שה-Flash LED מספק תאורה כאשר התנאים החיצוניים אינם מספקים.

בנוסף, תכונות ה-Bluetooth וה-Wi-Fi המשולבות במודול, יחד עם חריץ ה-microSD, הופכות אותו לפתרון גמיש ליישומי IoT כמו אבטחה, ניטור אלחוטי ושידור חי בזמן אמת.

ערכים חשמליים

פלאש כבוי: 180 מילי-אמפר ב-5 וולט.

פלאש דולק במקסימום בהירות: 310 מילי-אמפר ב-5 וולט.

מצב שינה עמוקה: הכי קטן עד 6 מילי-אמפר ב-5 וולט.

מצב שינה מודרני: הכי קטן עד 20 מילי-אמפר ב-5 וולט.

מצב שינה קל: הכי קטן עד 6.7 מילי-אמפר ב-5 וולט.

פרוטוקולים

פרוטוקול ה-Wi-Fi: הגרסה ה-Wi-Fi המופיעה כאן היא b/g/n/e/i802.11. פרוטוקול זה הוא סינכרוני, מה שאומר שהתקשורת מתבצעת בצורה מסודרת ומבוקרת באמצעות חלוקת המידע למסגרות המסונכרונות בזמן. המידע משודר במקטעים קבועים, כאשר כל מסגרת מכילה נתונים חשובים לניהול התקשורת, כמו כתובת מקור ויעד, פרטי בקרת שגיאות ותזמון.

מבנה המידע כולל מסגרות המכילות לא רק את המידע המועבר, אלא גם פרטים נוספים המאפשרים תיקון שגיאות ופרטי ניהול רשת, כגון כתובות MAC של השולח והמקבל, וסנכרון עם תדר השידור של הרשת.

פרוטוקול ה-Bluetooth: הגרסה ה-Bluetooth המופיעה כאן היא 4.2v, התומכת גם ב-Bluetooth Classic וגם ב-Bluetooth אנרגיה נמוכה (BLE). פרוטוקול זה יכול להיות סינכרוני או אסינכרוני, בהתאם לצרכים של המערכת ולסוג המידע המועבר. התקשורת מבוצעת באמצעות חלוקת המידע למסגרות, כאשר כל מסגרת מכילה נתונים חיוניים לניהול החיבור, כמו כתובת השולח והמקבל, פרטי בקרת שגיאות ותזמון.

ב-Bluetooth Classic, המידע משודר במקטעים סינכרוניים, מה שמאפשר שידור יציב ומהיר, במיוחד עבור יישומים כמו העברת אודיו. ב-BLE, המידע משודר בצורה אסינכרונית, כדי לחסוך באנרגיה. מבנה המידע כולל מסגרות המכילות את המידע המועבר, יחד עם פרטים נוספים, כגון כתובת ההתקנים והוראות לתיקון שגיאות, מה שמאפשר חיבור אמין וחסכוני באנרגיה.

ML74LS244P



שימושים ויעודים שונים של הרכיב

ה-ML74LS244P הוא רכיב מסוג Octal Buffer/Driver עם פלטים דיגיטליים. הוא מספק עיכוב נמוך, צריכת חשמל נמוכה, והגנה מפני קצר במעגלים דיגיטליים.

הוא יכול לשמש להגברת אותות דיגיטליים ממקורות שונים, מאפשר בידוד בין מעגלים שונים כדי למנוע השפעות של מתח או זרם על רכיבים רגילים. בנוסף, יכול לשמש במערכות שבהן יש צורך בפתרונות לוגיים רבים, כמו במעגלים של מעבדים או FPGA, וכו'. או בכללי הוא משמש בצידוד תעשייתי וצרכני.

תפקידי הדקים

הדק 20 - Vcc: זהו הדק כניסת מתח של 5 וולט.

הדק 10 - GND: זהו הדק האדמה (0 וולט).

הדקי 2, 4, 6, 8 - הדקי כניסה דיגיטלית בצד השמאלי (1) של הדרייבר. הם מסומנים ב-A1, כאשר המספר הקטן (לדוגמה 1A1) מציין את אינדקס הכניסה, והמספר במקדם (1) מציין את חיבורם לצד השמאלי של הדרייבר. כניסות אלו מחוברות לבאפרים המתאימים בתוך הרכיב.

הדקי 12, 14, 16, 18 - הדקי יציאה דיגיטלית בצד הימני (1) של הדרייבר. הם מסומנים ב-Y1, כאשר המספר הקטן (לדוגמה 1Y1) מציין את אינדקס היציאה, והמספר במקדם (1) מציין את חיבורם לצד הימני של הדרייבר. יציאות אלו הן תוצאה של פעולת הבאפרים המתאימים.

הדקי 11, 13, 15, 17 - הדקי כניסה דיגיטלית בצד הימני (2) של הדרייבר. הם מסומנים ב-A2, כאשר המספר הקטן (לדוגמה 1A2) מציין את אינדקס הכניסה, והמספר במקדם (2) מציין את חיבורם לצד הימני של הדרייבר. כניסות אלו מחוברות לבאפרים המתאימים.

הדקי 9, 7, 5, 3 - הדקי יציאה דיגיטלית בצד השמאלי (2) של הדרייבר. הם מסומנים ב-Y2, כאשר המספר הקטן (לדוגמה Y2) מציין את אינדקס היציאה, והמספר במקדם (2) מציין את חיבורם לצד השמאלי של הדרייבר. יציאות אלו הן תוצאה של פעולת הבאפרים המתאימים.

הארבעה פסקאות לעיל מתייחסות לתמונה המובאת:

הדקי 1 ו-19 הם "הדקי כניסת שליטת היציאה", כאשר הדק 1 שולט על הבאפרים שבכניסתם היא A1, ואילו הדק 19 שולט על הבאפרים שכניסתם היא A2.

עקרון פעולה של הרכיב

ה-M74LS244P הוא מעגל משולב מוליך למחצה המכיל שני בלוקים של באפרים עם יציאה לא-מופכת בשלושה מצבים (state-3) וקלט שליטה משותף ליציאה עבור כל ארבעת המעגלים הנפרדים.

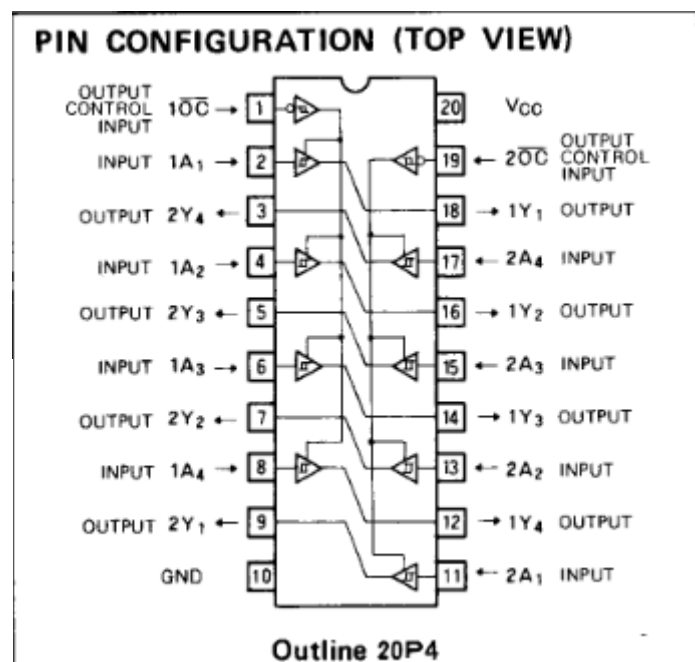
הוא מעביר ומחזק אותות בין רכיבים שונים, ועוזר למנוע עומס. יש לו מצב "ניתוק" שבו הוא לא מפריע למעגלים אחרים, כמו מתג שמדליק ומכבה חיבורים.

מבנה פנימי של הרכיב ועקרון פעולתו

FUNCTION TABLE (Note 1)

A	\overline{OC}	Y
L	L	L
H	L	H
X	H	Z

Note 1: Z : high-impedance
X : irrelevant



השימוש בטרנזיסטורים מסוג PNP במעגל הכניסה מאפשר עבודה עם עומס קטן בכניסה. לבאפר יש יציאה לא-מופכת עם שלושה מצבים (state-3) ויכולת עמידות גבוהה בפני רעשים.

כאשר קלט הבקרה (OC) נמוך, היציאה (Y) תהיה נמוכה אם הכניסה (A) נמוכה, והיציאה תהיה גבוהה אם הכניסה גבוהה. אם קלט הבקרה (OC) גבוה, כל היציאות (4Y1, Y2, Y3, Y) נכנסות למצב שבו הן מנותקות, בלי קשר למצב של הכניסה (A).

על ידי חיבור 1OC עם 2OC, ניתן לשלוט ביציאה של כל 8 המעגלים בו זמנית. ניתן לסיים את היציאה באמצעות נגד עומס של 133 אוהם או יותר.

בטבלת האמת לעיל מופיע כיצד עובד כל באפר/מקרה יחיד של הדרייבר. כאשר יש מתח נמוך בכניסה, ומתח נמוך בקלט בקרה, התוצאה תהיה כמו המתח בכניסה, מתח נמוך, אותו דבר יקרה כאשר המתח בכניסה גבוה והמתח בקלט הבקרה נמוך. כאשר קלט הבקרה גבוה, לא משנה מה יש בכניסה, היציאה בעל עכבה גבוהה, משמע מתח אפסי.

ערכים חשמליים

(Ta = -20 to +75 °C)

Item	Symbol	min.	typ.*	max.	Unit	Condition
Input voltage	V _{IH}	2.0	—	—	V	
	V _{IL}	—	—	0.8	V	
Hysteresis	V _T ⁺ - V _T ⁻	0.2	0.4	—	V	V _{CC} = 4.75 V
Output voltage	V _{OH}	2.4	—	—	V	V _{IL} = 0.8 V, I _{OH} = -3 mA
		2.0	—	—		V _{CC} = 4.75 V, V _{IH} = 2 V
	V _{OL}	—	—	0.4	V	I _{OL} = 12 mA
		—	—	0.5		V _{CC} = 4.75 V, V _{IH} = 2 V, V _{IL} = 0.8 V
Off-state output current	I _{OZH}	—	—	20	μA	V _O = 2.7 V
	I _{OZL}	—	—	-20		V _{CC} = 5.25 V, V _{IH} = 2 V, V _{IL} = 0.8 V
Input current	I _{IH}	—	—	20	μA	V _{CC} = 5.25 V, V _I = 2.7 V
	I _{IL}	—	—	-0.2	mA	V _{CC} = 5.25 V, V _I = 0.4 V
	I _I	—	—	0.1	mA	V _{CC} = 5.25 V, V _I = 7 V
Short-circuit output current	I _{OS}	-40	—	-225	mA	V _{CC} = 5.25 V
Supply current**	Outputs "H"	—	13	23	mA	V _{CC} = 5.25 V
	Outputs "L"	—	27	46		
	All outputs disabled	—	32	54		
Input clamp voltage	V _{IK}	—	—	-1.5	V	V _{CC} = 4.75 V, I _{IN} = -18 mA

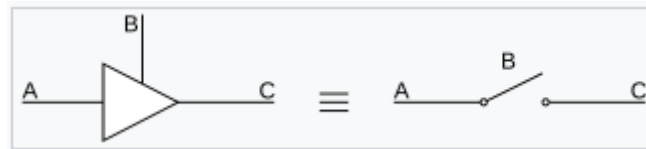
Notes: * V_{CC} = 5 V, Ta = 25°C

** I_{CC} is measured with all outputs open.

הסבר מושגים נילווים

Tri-state digital buffer: באפר דיגיטלי תלת-מצבי הוא סוג של באפר דיגיטלי בעל שלושה מצבים יציבים: מצב יציאה גבוה, מצב יציאה נמוך ומצב של עכבה גבוהה, שבו היציאה מנותקת. מהפס או bus, ומאפשרת

למכשירים אחרים לשלוט בו ללא הפרעה. זה שימושי במיוחד במערכות שבהן מספר מכשירים מחוברים לאותו פס



וצריכים לגשת אליו בתורות.

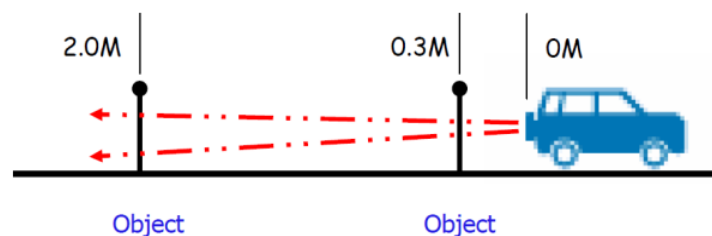
Ultrasonic Ranging Module HC-SR04

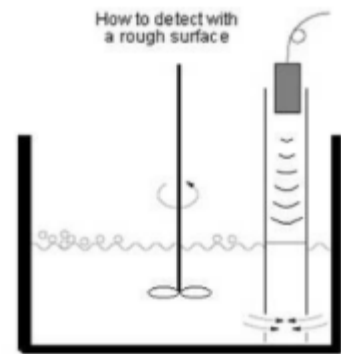


שימושים ויעודים שונים של הרכיב

מודול טווח קולי HC-SR04 מספק מדידת מרחק בטווח של 2 ס"מ עד 400 ס"מ, ללא מגע, עם דיוק של עד 3 מ"מ. המודול כולל משדרים קוליים, מקלט ומעגל בקרה.

שימושים נמצאים בטווח של עולם מדידת מרחק כגון, חיישני רוורס לחניה לרכב וזיהוי מפלס נוזל.





תפקידי הדקים

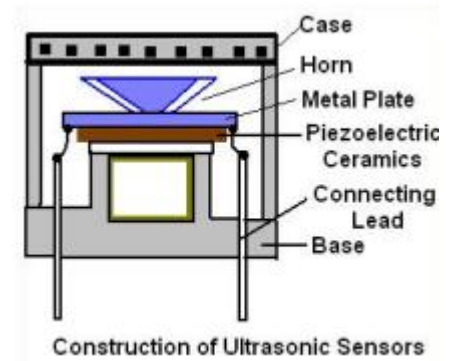
מס' ההדק	שם	פעולה	הסבר
1	VCC	אספקת מתח (5 וולט)	מספק לרכיב מתח של 5 וולט
2	Trig	הדק כניסת הדופק	נשלח פולס/דופק לרכיב המשדר גלי קול
3	Echo	הדק קליטת הד	גלי קול אלו חוזרים ונקלטים על ידי הדק זה ומייצר מתח אנלוגי מתאים
4	GND	אדמה (0 וולט)	מספק אדמה לרכיב

עקרון פעולה של הרכיב

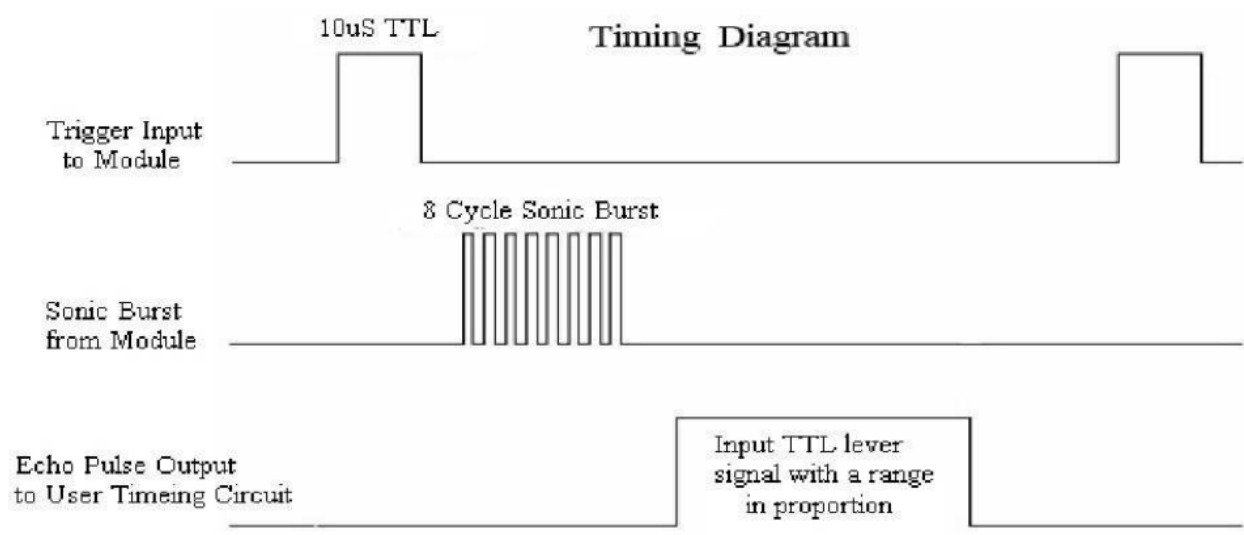
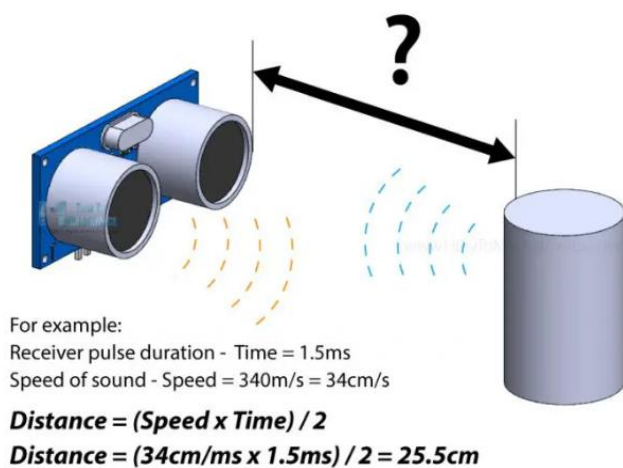
עקרון הפעולה הבסיסי עובד כך שימוש בהדק הטריג'ר בסיגנל גבוה של לפחות 10 מיקרו שניות, המודול אוטומטית שולח 8 פולסים ב- 40 קילו הרץ וקולט האם יש פולס סיגנל בחזרה. אם הסיגנל חוזר ברמה גבוהה זמן הדק היציאה הגבוהה שווה לזמן שליחה של אולטראסוניק עד לחזרתו חישוב המרחק מתקבל מהנוסחה הבאה:

$$\text{מרחק} = \frac{\text{זמן בו נקלט סיגנל גבוה} * \text{מהירות הקול (340 מטר לשנייה)}}{2}$$

מבנה פנימי של הרכיב ועקרון פעולתו



יש לספק פולס קצר של 10 מיקרו-שניות להדק הטריג'ר כדי להתחיל את המדידה, ולאחר מכן המודול ישדר פרץ של 8 מחזורי אולטרסאונד בתדר של 40 קילו הרץ ויכין את ההדק Echo לפעולה. ה-Echo או הד הוא מודד מרחק בעזרת הפולס אשר מקבל אשר משתנה לאורך הזמן. ניתן לחשב את המרחק על ידי מדידת הזמן שעובר בין שליחת אות הטריג'ר לבין קבלת אות ה-Echo. הנוסחה מופיעה באיור זה:

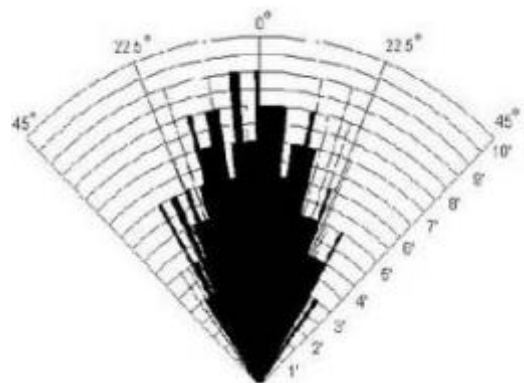


ערכים חשמליים

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

גרפים ואופיינים

גרף המתאר מבחן ביצועים מעשי, כאשר הוא עובד טוב ביותר בזווית של 30 מעלות



תופעות פיזיקליות

מהירות הקול: מהירות הקול היא הקצב שבו גלי קול נעים דרך תווך מסוים, כגון אוויר, מים או מוצק. באוויר, מהירות הקול היא כ-340 מטר לשנייה. מהירות זו משתנה בהתאם לתנאים כמו טמפרטורה ולחץ, והיא גבוהה יותר בנוזלים ומוצקים בשל הצפיפות והאלסטיות שלהם.

אולטראסאונד/ultrasonic: האולטראסאונד הוא גל קול בתדר גבוה יותר מהתחום אשר בני האדם יכולים לשמוע. בני אדם מסוגלים לשמוע תדרי קול בטווח שבין 20 הרץ ל-20,000 הרץ, כאשר תדרים נמוכים יותר נשמעים כרעש עמוק ותדרים גבוהים נשמעים כשריקה גבוהה. אולטראסאונד הוא גל קול שתדירותו מעל 20,000 הרץ ולכן אינו נשמע לאוזן האנושית.

Limit Micro Switch 3 Pin N/O N/C 5A 250VAC



שימושים ויעודים שונים של הרכיב

מיקרו-סוויצ'ים הם מתגים מכניים קטנים הנמצאים בשימוש נרחב לזיהוי מיקום או מגבלות תנועה של חפצים. השימושים כוללים: תעשיית רובוטיקה לזיהוי גבולות תנועה, במכשירי חשמל ביתיים, כגון תנורים ומיקרוגלים, לשם ניתוק וחיבור מעגלים חשמליים. בזיהוי מיקום במכשירים תעשייתיים או במערכות אוטומטיות.

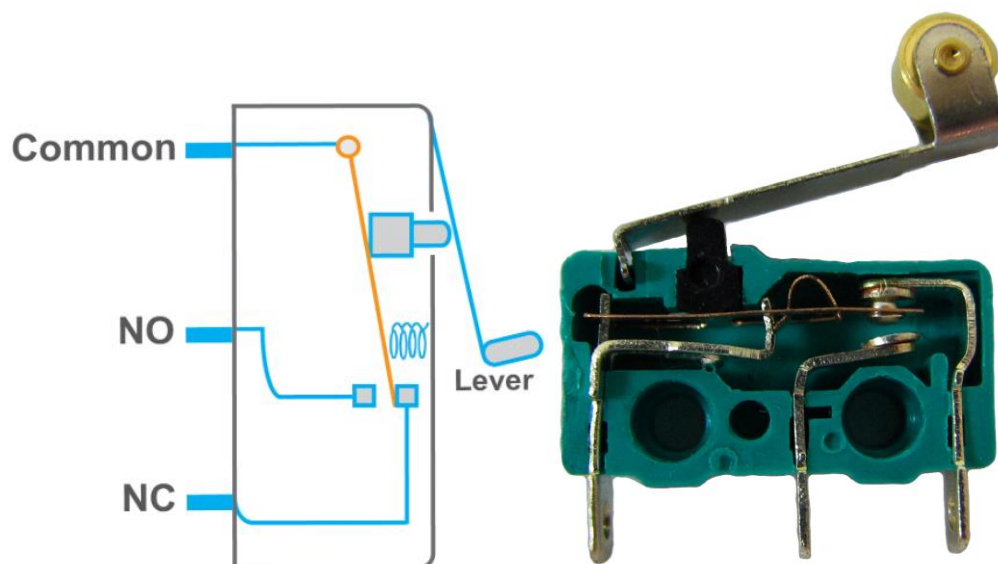
תפקידי הדקים

מס' ההדק	שם	שם מלא	הסבר
1	C	הדק Common	הדק ראשי המתחבר למעגל
2	N/O	הדק Normally Open	מחובר למעגל רק כאשר המתג נסגר
3	N/C	הדק Normally Closed	מחובר למעגל כאשר המתג פתוח

עקרון פעולה של הרכיב

הדק C מחובר למעגל ומחובר בקצר להדק N/C וכאשר המתג הנמצא מעל לחוץ/נסגר נוצר קצר בין הדק C להדק N/O.

מבנה פנימי של הרכיב ועקרון פעולתו

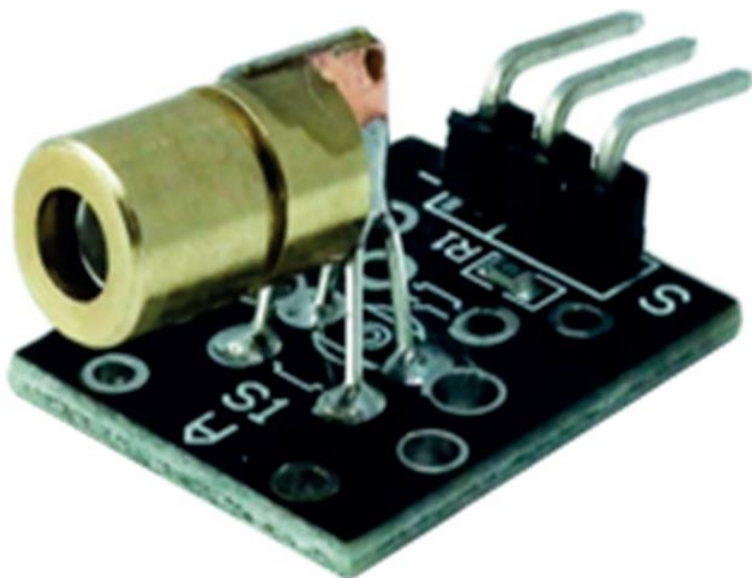


המבנה הפנימי כולל שני מצבים - סגור או פתוח, תלוי במיקום הזרוע המכאנית. הלחיצה על הזרוע גורמת למגעם לזוז ולשנות את מצב המעגל. בדרך כלל יש קפיץ קטן בתוך המתג שמחזיר את הזרוע למקומה לאחר שחרור.

ערכים חשמליים

Item Type:	Micro Limit Switch
Voltage Rating (V):	250 VAC
Current Rating (A):	5A

KY-008 Laser Transmitter Modul Datenblatt



שימושים ויעודים

רכיב זה משמש לשידור אור לייזר בצורה ממוקדת לייצר מצביע לייזר או ליצור מיני מופעי לייזר. בשילוב עם photoresistor הם יכולים להתנהג יחדיו כחוט טריפ.

תפקידי ההדקים

מס' ההדק	שם	פעולה
1	סיגנל	להדליק ולכבות מקבל כניסות דיגיטליות
2	כניסה	5 וולט [כניסה אנלוגית]

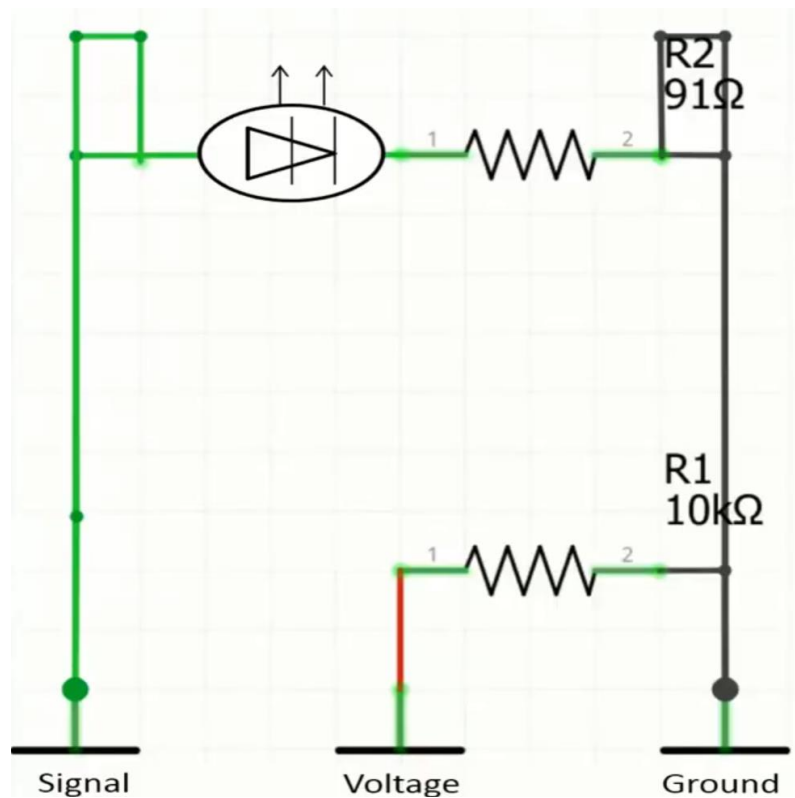
3	אדמה	אדמה (0 וולט)
---	------	---------------

עקרון פעולה של הרכיב

המודל הזה מכיל ראש דיודה לייזר אדומה באורך גל של 650nm.

כאשר עובר בדיודה זרם נוצר לייזר בצבע אדום.

מבנה פנימי של הרכיב ועקרון פעולתו



כאשר מסופק 5 וולט, זורם זרם דרך נגדים מגבילים ואל דיודת הלייזר.

הדיודה ממירה אנרגיה חשמלית לקרן אור רציפה, הפולטת קרן לייזר אדומה הנראית לעין.

הדק הסיגנל מאפשר שליטה דיגיטלית, מה שמקל על הפעלה וכיבוי של הלייזר באמצעות מיקרו-בקר או מעגלים לוגיים אחרים.

ערכים חשמליים

מתח הפעלה: 3-5 וולט

זרם הפעלה: כ 30 מיליאמפר

הספק לייזר: 5 מיליוואט

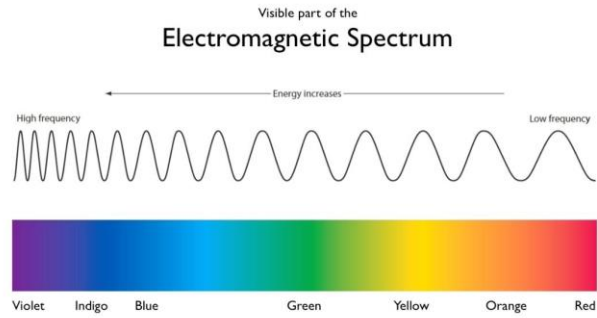
אורך גל הלייזר: 650 ננומטר

גרפים ואופיינים

בשל פשוטו של רכיב זה, גם בדפי נתונים לא מופיעים גרפים או אופיינים.

תופעות פיזיקליות

התופעה הפיזיקלית הראשית ברכיב זה, הוא הצבע האדום הנובע מדיוקן הלייזר האדומה. צבע זה מתאפשר על ידי אורך הגל אשר הדיוקן פולטת. משמעות אורך הגל היא, אורך של מחזור אחד של גל מחזורי, הנמדד מנקודת שיא לנקודת שיא שנייה. לגלים ישנם 2 סוגים של נקודות שיא, תחתונות ועליות, ברגע של מדידת אורך גל, נקודות השיא חייבות להיות מאותו הסוג.



תופעה פיזיקלית נוספת היא מהירות האור אשר מתארת את מהירות התנועה של אור בחלל הריק ומהירותה הגבוהה ביותר בכל הטבע כ-300,000 קילומטרים לשנייה.

GL55 Series Photoresistor



שימושים ויעודים שונים של הרכיב

פוטו-נגד (Photoresistor) הוא נגד עשוי חומר מוליך למחצה, שבו המוליכות משתנה בהתאם לרמות האור. ניתן לייצר פוטו-נגדים בעיצובים שונים ולהשתמש בהם במגוון יישומים בהתבסס על תכונה זו. פוטו-נגדים נפוצים בשימוש בתעשיות רבות, כגון צעצועים, מנורות, מדידת אור אוטומטית במצלמה.

תפקידי הדקים

לפוטו-נגד יש שני הדקים

הדק 1- אדמה

הדק 2- מתח

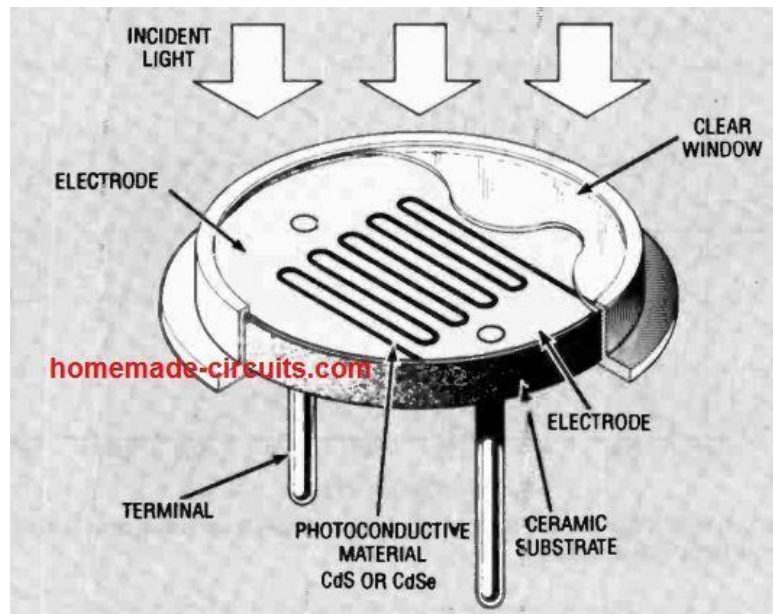
למודול שקיבלנו "LDR Sensor", הפוטו-נגד הוא רכיב משמעותי בו ולו 4 הדקים

מס הדק	שם	פעולה
1	VCC	מתח כניסה 3.3 וולט עד 5 וולט
2	GND	אדמה
3	DO	יציאה דיגיטלית (0 - 5 וולט)
4	AO	יציאה אנלוגית

עקרון פעולה של הרכיב

הפוטו-נגד או הפוטורסיסטור מתנהג כך שככל שהוא נחשף לכמות רבה של אור, ההתנגדות אשר מספק למעגל בו נמצא קטנה, ובכך מעביר זרם גדול יותר.

מבנה פנימי של הרכיב ועקרון פעולתו



כאשר אור מרובה נופל על החומר הפוטוקונדקטיב (כלומר המוליכות שלו מושפעת על ידי האור) ההתנגדות שלו יורדת ובכך מאפשרת זרימה גבוהה יותר של זרם.

ערכים חשמליים

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Cell resistance	10 lux	20	-	100	k Ω
	100 lux	-	5	-	k Ω
Dark resistance	10 lux after 10 sec	20	-	-	M Ω
Spectral response	-	-	550	-	nm
Rise time	10ftc	-	45	-	ms
Fall time	10ftc	-	55	-	ms

גרפים ואופיינים

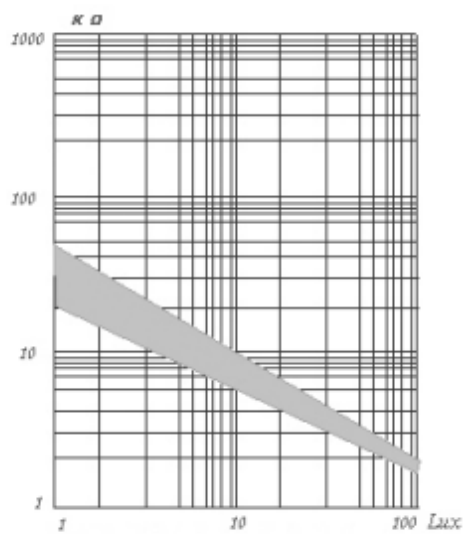
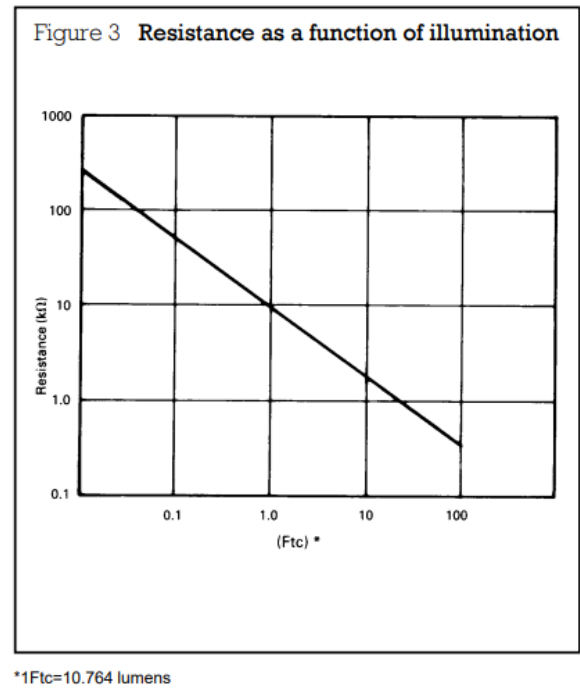
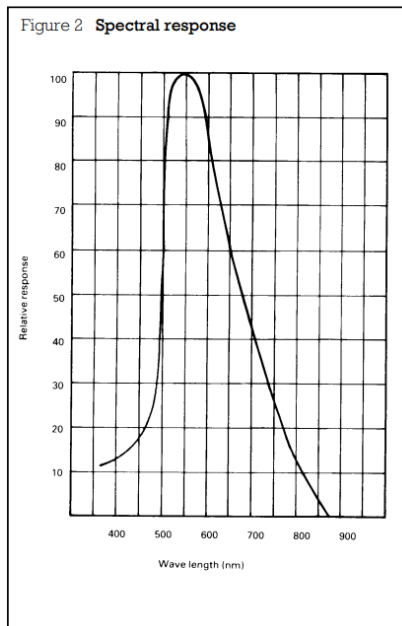


Fig. 1

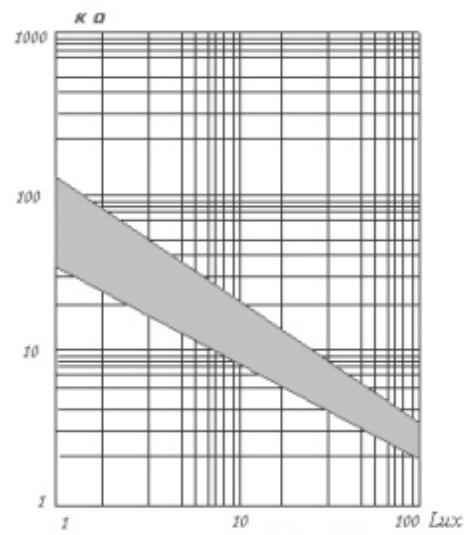


Fig.2

תופעות פיסיקליות

פוטוקונקטיביות היא תופעה פיזיקלית שבה חומרים מסוימים משנים את המוליכות החשמלית שלהם כאשר הם נחשפים לאור. כלומר, כאשר פוטונים מאירים על חומר כזה, האנרגיה שלהם יכולה להרים אלקטרונים מרמות אנרגיה נמוכות יותר לרמות אנרגיה גבוהות יותר, ובכך להגביר את כמות האלקטרונים החופשיים בתוך החומר.

חומרים חצי מוליכים הם חומרים בעלי מוליכות חשמלית הנמצאת בין זו של מוליכים לבין זו של מבודדים. חומרים אלה, כמו סיליקון וגרמניום, משמשים רבות בתחום האלקטרוניקה, בעיקר ברכיבים כמו טרנזיסטורים ונגדים. החומר החצי מוליך יכול לשנות את המוליכות שלו באמצעות תהליכים שונים.

Micro Servo MG90S



שימושים ויעודים

לסרוו יש הספק גבוה לעומת הגודל שלו, והוא בדרך כלל מיועד לשימוש במסוקים, רב-להבים או רובוטים. הסרוו יכול להסתובב כ-180 מעלות (90 מעלות בכל כיוון) ועובד כמו סרוו סטנדרטי, אך בגודל קומפקטי יותר. ניתן להשתמש בכל קוד סרוו, חומרה או ספרייה כדי לשלוט ברכיב זה. שימושים יכולים להיות: התקני הנעה ברובוטים ומערכות היגוי של צעצועי שלט רחוק.

תפקידי כבלים

מס כבל	צבע כבל	שם	פעולה
1	חום	GND	כבל אדמה מחובר לאדמת המערכת
2	אדום	+5V	מפעיל את המנוע, בדרך כלל 5V
3	כתום	PWM	סיגנל PWM מגיע דרך כבל זה להנעת המנוע

עקרון פעולה של הרכיב.

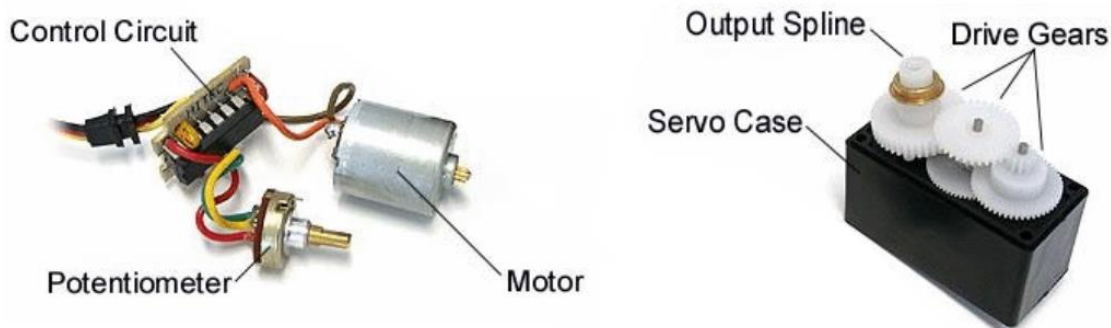
למנוע הסרוו שלושה חוטים: אדום שאותו מחברים למתח של 5 וולט, חום המחובר לאדמה, וכתום המחובר ל-

PWM

כדי לגרום למנוע להסתובב, עלינו לחבר את החוט האדום לחיבור של +5V ואת החוט החום לגראונד. לאחר מכן, יש לשלוח אותות PWM דרך החוט הכתום.

לצורך כך, דרוש לנו מקור שיכול ליצור אותות PWM. זה יכול להיות כל רכיב כמו טיימר 555 או פלטפורמות מיקרו-בקרים שונות, כגון Arduino, PIC, ARM, או אפילו מעבד מיקרו כמו Raspberry Pi.

מבנה פנימי של הרכיב ועקרון פעולתו



המנוע סרוו רכיב המבצע שליטה מדויקת במיקום, במהירות ובתאוצה בעזרת מנוע DC, פוטנציומטר ומעגל בקרה. המנוע מחובר לגלגלי שיניים שמכוונים את מיקום הפלט של הציר. כאשר המנוע זז, הפוטנציומטר מספק משוב על המיקום הנוכחי. מעגל הבקרה משווה את המיקום הזה למיקום הרצוי ומכוון את תנועת המנוע בהתאם.

המנוע משתמש בבקרה פרופורציונלית, כלומר הוא מתאים את מהירותו לפי המרחק מהמיקום הרצוי. הוא מאט כאשר הוא קרוב למטרה ומאיץ כשהוא רחוק ממנה. כאשר המיקום הרצוי מושג, המתח למנוע מופסק, מה שהופך את מנוע הסרוו ליעיל ומדויק בפעולתו.

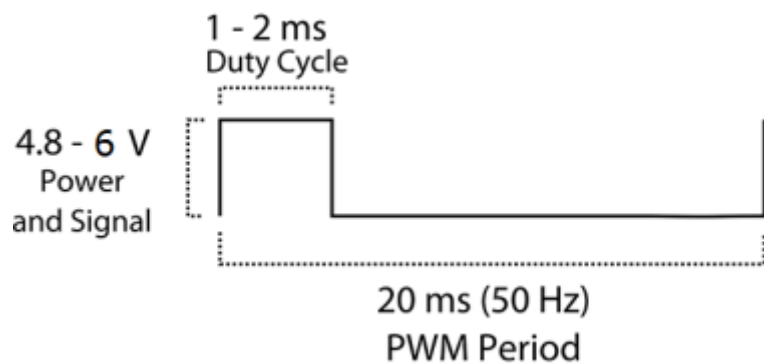
ערכים חשמליים

מתח פעולה 4.8 עד 6 וולט

סיבוב: 180 מעלות

מהירות הפעלה: 0.1 שניות/60 מעלות (4.8 וולט), 0.08 שניות/60 מעלות (6 וולט).

גרפים ואופנים



הסבר מושגים נלווים

גלגלי שיניים: גלגל שיניים הוא רכיב מכני עם שיניים שמתאימות לגלגל שיניים אחר, ומשמש להעברת כוח ותנועה סיבובית בין רכיבים. הוא משמש במכונות כדי לשנות מהירות, כוח או כיוון סיבוב.

פוטנציומטר: רכיב חשמל מצוי המשנה את רמת ההתנגדות שלו על פי ציר הפוטנציומטר שלו. כאשר הציר מסתובב, הוא משנה את כמות הנגד המקוצר.

בקרת פרופורציה: בקרת פרופורציה היא שיטה שבה המערכת מתאימה את התגובה שלה לפי כמה היא רחוקה מהמטרה. ככל שההבדל בין מה שרוצים למה שקורה בפועל גדול יותר, המערכת תגיב בצורה חזקה יותר כדי להתקרב למטרה.

PWM Pulse-Width Modulation:

המנוע סרוו נשלט באמצעות שליחת דופק חשמלי ברוחב משתנה (Pulse-Width Modulation) דרך חוט הבקרה הכתום. כל מנוע סרוו מצפה לקבל דופק כל 20 מילישניות, כאשר אורך הדופק קובע את מיקום הציר. המנוע יכול להסתובב בדרך כלל עד 90 מעלות לכל כיוון, כך שסך התנועה הוא 180 מעלות.

מניפולציית רוחב הדופק (PWM) היא טכניקה שמפחיתה את העוצמה הממוצעת של אות חשמלי על ידי המרתו לרצף של דפקים במקום לאות אנלוגי רציף. הדופק נוצר בעזרת משוואה שמשווה בין האות המודולרי לגל משונן. התוצאה היא דופק כאשר הרוחב שלו תלוי בעוצמת האות.

פרמטרים חשובים ב-PWM כוללים את מחזור העבודה (D.C), המייצג את אחוז הזמן שבו האות נשאר במצב "ON". מחזור עבודה של 100% משמעו שהאות תמיד פועל, בעוד שב-50% האות פועל חצי מהזמן. מתח היציאה תלוי באחוז מחזור העבודה, למשל, ב-50% מחזור העבודה, מתח של V5 יהפוך ל-V2.5.

WS2812B RGB Neopixel LED Ring



שימושים ויעודים

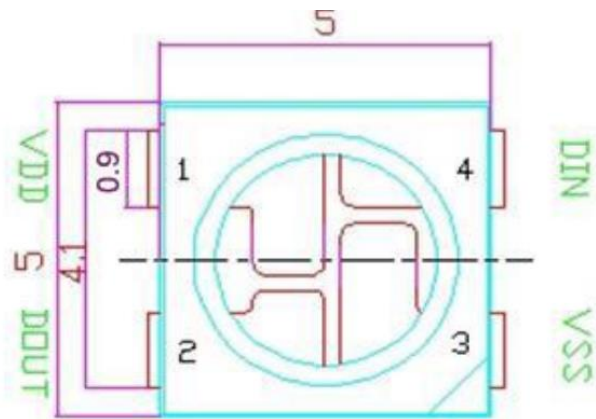
טבעת זו מנצלת את הלדים של WS2812B, שימושים של הלדים שלהם יכולים לכלול: מודול צבע מלא, פס לדים רכים עם צבע מלא. תאורת לד דקורטיבית, מסך לד וידאו לא סדיר לבפנים ולבחוץ.

תפקידי הדקים

נלך על פי ההדקים של WS2812B:

מס הדק	שם	פעולה
1	VDD	מתח הספקה לדים
2	DOUT	יציאת שליטת סיגנל מידע
3	VSS	אדמה
4	DIN	כניסת שליטת סיגנל מידע

מבנה פנימי של הרכיב ועקרון פעולתו



ה-WS2812B הוא מקור אור אינטליגנטי שמשלב בתוכו מעגל בקרה ושבב RGB במארז של רכיב 5050. בתוך הרכיב נמצאים מספר רכיבים פנימיים, מנעול נתונים דיגיטלי פנימי ויחידת הגברת אותות לשחזור סיגנלים.

ברכיב אוסילטור פנימי מדויק ומערכת בקרה על זרם קבוע, המבטיחה שמירת צבע אחיד בין כל נקודות הפיקסל.

הפרוטוקול להעברת הנתונים משתמש בתקשורת NRZ יחידה. לאחר הפעלת הפיקסל ואתחול המערכת, פורט הנתונים (DIN) מקבל נתונים מהבקר הראשי. הפיקסל הראשון אוסף 24 ביט ראשונים של נתונים ושולח אותם למנעול נתונים פנימי. שאר הנתונים, שמועצבים מחדש על ידי מעגל ההגברה הפנימי, נשלחים לפיקסל הבא אחת אחרי השני דרך יציאת הנתונים (DO). לאחר כל פיקסל, הנתונים המועברים מצטמצמים ב-24 ביטים, ובכך ממשיכים להעביר את הסיגנל לפיקסלים נוספים במערכת.

ערכים חשמליים

Electrical Characteristics ($T_A=-20\sim+70^{\circ}\text{C}$, $V_{DD}=4.5\sim5.5\text{V}$, $V_{SS}=0\text{V}$, unless otherwise specified)

Prameter	Smybol	conditions	Min	Tpy	Max	Unit
Input current	I_I	$V_I=V_{DD}/V_{SS}$	—	—	± 1	μA
Input voltage level	V_{IH}	D_{IN} , SET	$0.7V_{DD}$	—	—	V
	V_{IL}	D_{IN} , SET	—	—	$0.3 V_{DD}$	V
Hysteresis voltage	V_H	D_{IN} , SET	—	0.35	—	V

מהירות נתונים: k800 ביטים לשנייה; קצב רענון: fps30

הסבר מושגים נלווים

צבעי RGB: מודל צבעים המשמש לייצוג צבעים באמצעות שילוב של שלושה צבעי יסוד: אדום מסומן ב-R, ירוק מסומן ב-G וכחול מסומן ב-B. כל צבע יסוד מיוצג על ידי ערך מספרי בין 0 ל-255. 0 מייצג היעדר צבע, ו-255 מייצג את עוצמתו המקסימלית. שיטת צבע זאת מופיע לרוב במסכים, תאורות LED ועוד.

פרוטוקולי תקשורת שונים

פרוטוקול NRZ עובד על שיטת קידוד נתונים שבה מייצגים ערכים בינאריים (0 ו-1) באמצעות רמות מתח שונות, ללא חזרה לנקודת האפס בין הביטים.

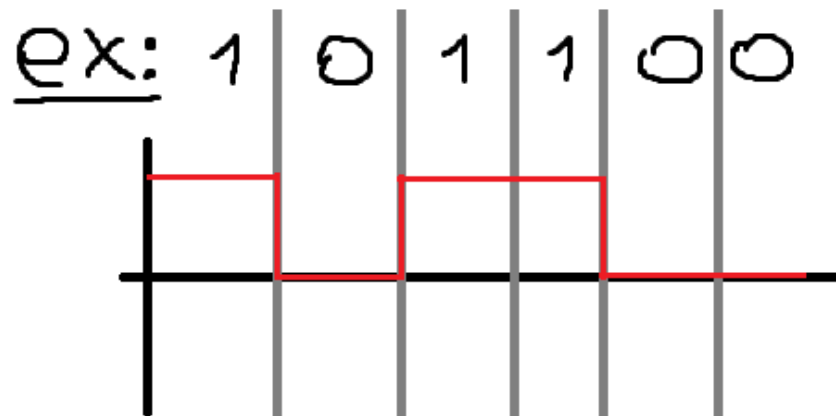
מאפיינים עיקריים:

קידוד: 0 מיוצג ברמת מתח אחת (למשל, נמוכה) ו-1 ברמת מתח אחרת (למשל, גבוהה).

יעילות: חיסכון ברוחב הפס, כיוון שאין צורך בניהול של רמות ביניים.

חסרונות: בעיות במעקב אחר קצב השעון, במיוחד כאשר יש רצפים ארוכים של 0 או 1, מה שעלול להוביל לאובדן סנכרון.

דוגמא:



MAX7219 8x8 LED Matrix Module



שימושים ויעודים

השימושים של רכיב זה יכולים לכלול: שלטים מלדים, שלטי חוצות פרסום, מידע ציבורי, מקומות בילוי, ניטור תעשייתי, הודעות שירותי בריאות, כלים חינוכיים, טכנולוגיה לבישה, התקנות אמנות, פרויקטי אישיים.

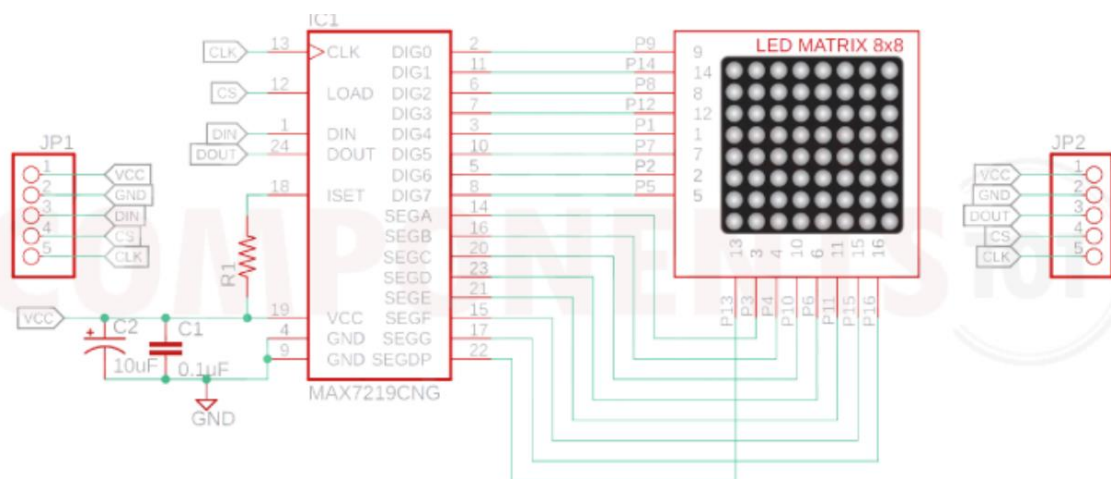
תפקידי הדקים

מס הדק	שם ההדק	פעולה
1,6	VCC	מתח כניסה/יציאה
2,7	GND	אדמה כניסה/יציאה
3	DIN	כניסת דאטא
4,9	CS	בחירת צ'יפ כניסה/יציאה
5,10	CLK	סיגנל שעון כניסה/יציאה
8	DOUT	יציאת דאטא למודול הבא

עקרון פעולה של הרכיב

ה-7219MAX הוא רכיב בקרה המשמש להפעיל מטריצות LED עם ממשק סדרתי פשוט. הוא מקבל מידע דרך Serial Peripheral Interface ויועד לשלוט על 64 לדים במקביל. הרכיב מצמצם את כמות החיבורים הנדרשת בין המיקרו-בקר למטריצה ומשמש גם כמגבר זרם.

מבנה פנימי של הרכיב ועקרון פעולתו



המודול הזה כולל שני רכיבים עיקריים, הראשון הוא ה-7219-MAX שהוא רכיב שמבצע את הסריקה של הלדים לפי הנתונים שמתקבלים מהמיקרו-בקר. והרכיב השני הוא המטריצה עצמה בגודל 8x8 עם 64 לדים המסודרים בשורות ועמודות.

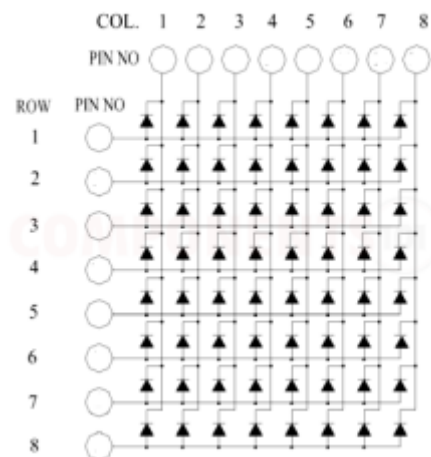
חיבורי הבקרה עבור העמודות והשורות מחוברים בהתאם להוראות שבדפי הנתונים של 7219MAX. בנוסף לכך, מחוברים גם קבלים לסינון רעשים בקווי המתח. קבל סינון וקבל ניפוק מחוברים לקו המתח כדי למנוע הפרעות ולהבטיח אספקת חשמל יציבה לרכיבים. כשהמיקרו-בקר שולח מידע סדרתי ל-7219MAX דרך חיבורי DIN, LOAD ו-CLK, ה-7219MAX משתמש במידע הזה כדי להדליק את הלדים הנכונים במטריצה. הפעולה הזו מתבצעת על ידי סריקה של כל שורה בנפרד (7DIG0-DIG) והפעלת הלדים המתאימים בעמודות (SEG). תהליך זה מתרחש במהירות מרובה כך שהתמונה הנוצרת היא רציפה ואינה מהבהבת.

ערכים חשמליים

מתח פעולה: 3.7 עד 5.3 וולט

זרם כניסה: 380 מיליאמפר

גרפים ואופיינים

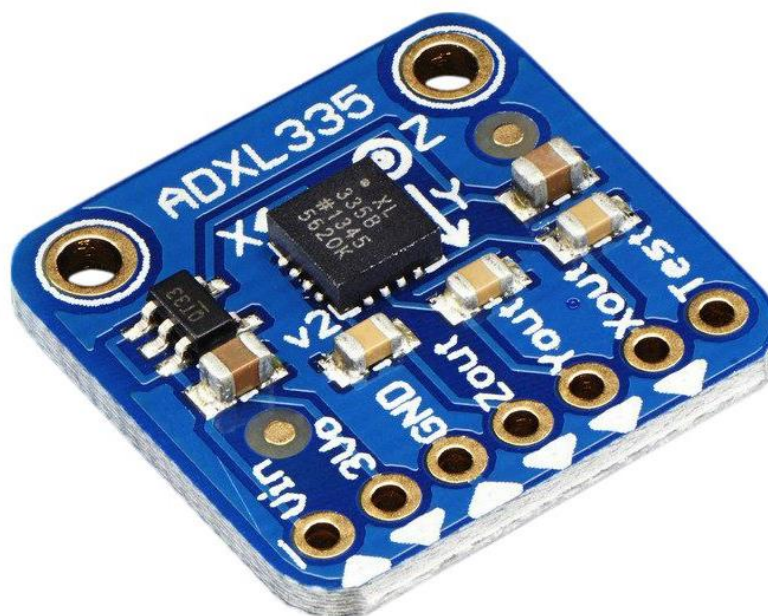


למודל הזה אין גרפים או אופיינים אך הדיאגרמה הזאתי מראה המבנה של המטריצת הלדים.

פרוטוקולים

SPI או Serial Peripheral Interface הוא פרוטוקול לתקשורת סדרתית המאפשר שליחה מהירה של מידע דרך שלושה חיבורים עיקריים: DIN, LOAD ו-CLK. זה מאפשר למיקרו-בקר לשלוח נתונים למספר רב של רכיבים בו-זמנית בצורה יעילה.

ADXL335



שימושים ויעודים

מכשירים ניידים, מערכות משחקים, והתקנים לספורט ובריאות משתמשים בחיישנים לזיהוי תנועה והטיה כדי לשפר את חוויית המשתמש. ייצוב תמונה והגנה על כוננים קשיחים מתבצעים באמצעות חיישנים למניעת נזקי תנועה ותנודות.

תפקידי ההדקים

בדף נתונים אין את ההדקים הספיציפיים למודול, אך נשתמש בתפקידי ההדקים הנתונים ליצירת הטבלה הבאה:

שם הדק	השם המלא של ההדק	תפקיד/ פעולת ההדק
1	Vin	מתח כניסה
2	3Vo	יציאת מתח V3.3
3	GND	אדמה
4	Zout	יציאת ערוץ Z

5	Yout	יציאת ערוץ Y
6	Xout	יציאת ערוץ X
7	Test	בדיקה עצמית

עקרון פעולה

האקסלרטור ADXL335 הוא מודול כאשר על פי מיקומו ביחס לעצמו ולסביבה מוציא את ערכי X,Y,Z שלו. החיישן יכול למדוד את תאוצת הכבידה הסטטית ביישומים של זיהוי הטיה, כמו גם תאוצה דינמית הנובעת מתנועה, פגיעה פתאומית או רטט.

מבנה פנימי של הרכיב ועקרון פעולתו

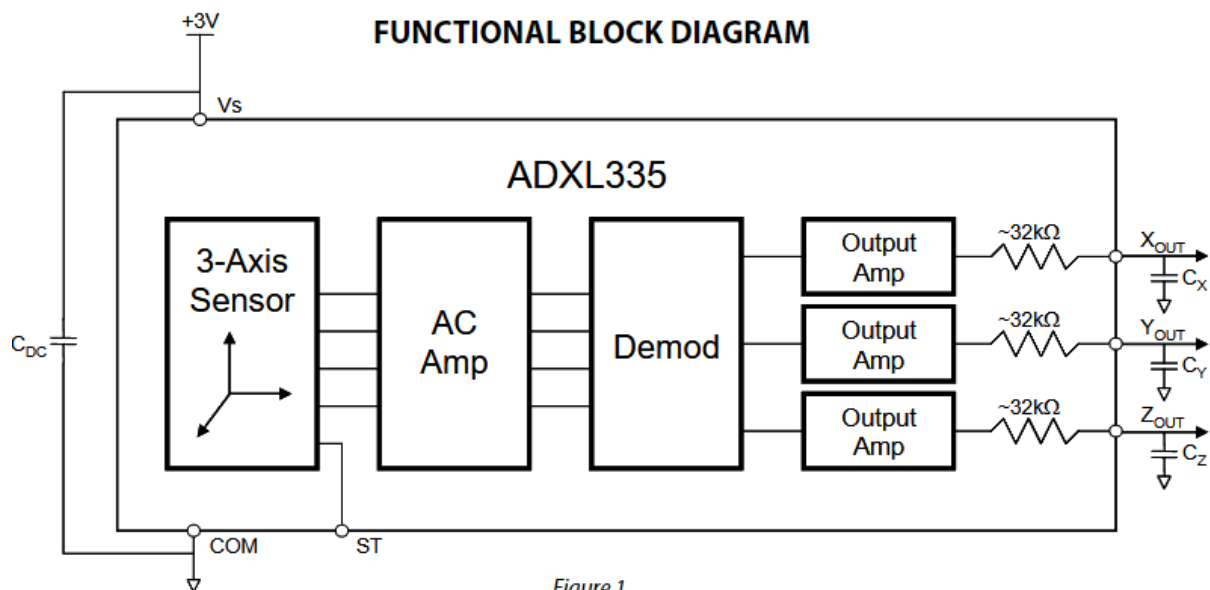


Figure 1.

הרכיב הוא מד תאוצה תלת-צירי המודד תאוצה בצירי X, Y ו-Z. הוא מבוסס על מבנה פוליסיליקון התלוי על ידי קפיצים. הוא מזהה שינויים בתאוצה באמצעות תנועה יחסית של המסה הפנימית. כאשר מתרחשת תאוצה, המבנה זז מעט, והתנועה נמדדת באמצעות קבל דיפרנציאלי, כך שחוסר האיזון בקבל הוא פרופורציונלי לגודל התאוצה.

לאחר מכן, האות הנמוך המתקבל מהחיישן עובר הגברה ראשונית באמצעות ה-AC Amp כמו בדיאגרמה לעיל. הדמודולטור מעבד את האותות המוגברים כדי להפריד את כיווני התאוצה ולחשב את גודלם. כל אחד מהצירים

(X, Y, Z) מוציא בסופו של דבר אותות אנלוגיים אשר מוגברים דרך ה-Output Amp, לאחר מכן הם עוברים דרך נגדי $32k\Omega$ המאפשרים למשתמש לקבוע את רוחב הפס של האות באמצעות הוספת קבלים (CX, CY, CZ).

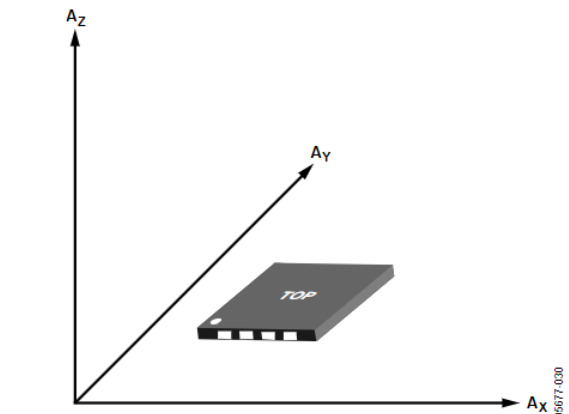
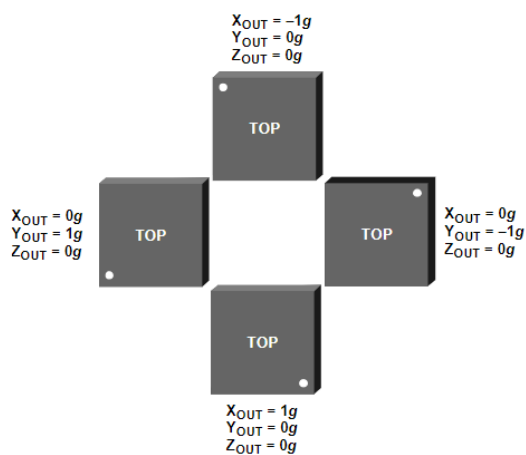
ערכים חשמלים

מתח הפעלה: בין 1.8 וולט ל 3.6 וולט. כאשר המומלץ הוא 3 וולט.

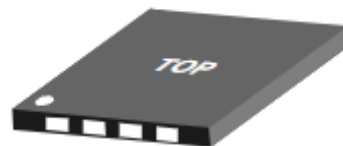
זרם עבודה/טיפוסי: 350 מיקרו-אמפר.

רוחב פס: טווח של 0.5Hz עד 1600Hz לכל אחד מהצירים.

גרפים ואופיינים



GRAVITY



$X_{OUT} = 0g$
 $Y_{OUT} = 0g$
 $Z_{OUT} = 1g$

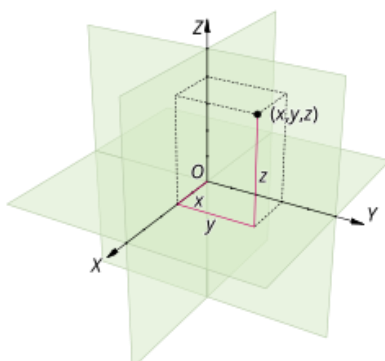


$X_{OUT} = 0g$
 $Y_{OUT} = 0g$
 $Z_{OUT} = -1g$

05677-031

הסבר מושגים נלווים

קונספט XYZ: הקונספט של מערכת הצירים הקרטזית (XYZ) מתאר מערכת של שלושה צירים מאונכים זה לזה המשמשת לתיאור מיקום במרחב. כל ציר מייצג כיוון:



ציר X מציין את המיקום האופקי (שמאל או ימין),

ציר Y מציין את המיקום האנכי (למעלה או למטה),

ציר Z מציין את העומק (קדימה או אחורה).

שיטה זו מאפשרת לקבוע את מיקומו המדויק של כל נקודה במרחב באמצעות שלושה ערכים מספריים, המתארים את המרחק מכל אחד מהצירים.

ביבליוגרפיה

DE10-Lite

- <https://www.intel.com/content/www/us/en/docs/programmable/683658/current/fpga-device-overview.html>
- https://ftp.intel.com/Public/Pub/fpgaup/pub/Intel_Material/Boards/DE10-Lite/DE10_Lite_User_Manual.pdf
- https://digsys.upc.edu/csd/units/DE10_Lite/DE10_Lite.html
- <https://www.techtarget.com/whatis/definition/debouncing>
- <https://www.picotech.com/library/knowledge-bases/oscilloscopes/rs-232-serial-protocol-decoding#:~:text=RS%2D232%20is%20a%20serial,one%20or%20more%20stop%20bits.>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/RS-232>

ESP32--WROOM--32

- https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf
- <https://www.electronicshub.org/esp32-pinout/>
- https://www.researchgate.net/figure/Espressif-SEP32-WiFi-Bluetooth-Microcontroller-Function-Block-Diagram_fig1_357103800
- <https://he.wikipedia.org/wiki/UART>
- <https://www.circuitbasics.com/basics-of-the-i2c-communication-protocol/>
- <https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/articles/introduction-to-spi-interface.html>

<https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/Google-Firebase> -

LM7805

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/82833/FAIRCHILD/LM7805.html> -

<https://www.electronicsforu.com/technology-trends/learn-electronics/7805-ic-voltage-regulator> -

<https://www.watelectronics.com/what-is-7805-voltage-regulator-its-working> -

Quartz Crystal Oscillators

https://en.wikipedia.org/wiki/Crystal_oscillator -

<https://www.electronics-tutorials.ws/oscillator/crystal.html> -

<https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/crystal-oscillator> -

<https://www.farnell.com/datasheets/1806758.pdf> -

<https://kr.chemtronics.com/conductive-epoxy-for-solderless-connections-of-sensitive-components> -

Piezoelectric buzzer

https://product.tdk.com/en/system/files/dam/doc/product/sw_piezo/sw_piezo/piezo-buzzer/catalog/piezoelectronic_buzzer_ps_en.pdf -

<https://www.americanpiezo.com/blog/piezo-buzzers-vs-magnetic-buzzers/> -

<https://www.americanpiezo.com/products-services/buzzers/> -

<https://www.arikporat.com/wp-content/uploads/2022/12/buzzer.pdf> -

<https://www.sameskydevices.com/blog/buzzer-basics-technologies-tones-and-driving-circuits> -

<https://onscale.com/piezoelectricity/what-is-piezoelectricity/> -

ESP32-CAM Development Board

- https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/DFRobot%20PDFs/DFR0602_Web.pdf -
- https://docs.sunfounder.com/projects/galaxy-rvr/en/latest/hardware/cpn_esp_32_cam.html -
- <https://www.handsontec.com/dataspecs/module/ESP32-CAM.pdf> -
- <https://www.arikporat.com/wp-content/uploads/2024/07/%D7%9E%D7%A6%D7%9C%D7%9E%D7%94-ESP32-CAM-%D7%95%D7%94%D7%96%D7%A8%D7%9E%D7%AA-%D7%95%D7%99%D7%93%D7%90%D7%95.pdf> -
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11 -
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi> -
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth> -
- https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_Low_Energy -
- https://davidson.weizmann.ac.il/online/askexpert/technology/%D7%9E%D7%94-%D7%96%D7%94-bluetooth-%D7%9E%D7%A9%D7%94?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwr9m3BhDHARIsANut04ZOORk9Rv8kMt0cL0LozMP1aVd4d-IdxPV5DhvyqdOLUobrzmDf3rMaAsQmEALw_wcB -

ML74LS244P

- <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1617/MITSUBISHI/74LS244.html> -
- https://www.electronicscomp.com/74ls244-octal-3-state-buffer-line-driver-ic-dip-20-package?srsId=AfmBOoqQ_UH8K-x5CUfyH8Om7H0KsgeDL4mYv8wVBPBeobhbNc8R-uHw -
- https://en.wikipedia.org/wiki/Three-state_logic -

Ultrasonic Ranging Module HC-SR04

- <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf> -
- <https://www.handsontec.com/dataspecs/HC-SR04-Ultrasonic.pdf> -
- <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/ultrasonic-sensor-hc-sr04/> -

Limit Micro Switch 3 Pin N/O N/C 5A 250VAC

- <https://www.digikey.jp/htmldatasheets/production/53721/0/0/1/micro-limit-switches.html> -
- <https://robu.in/product/tact-switch-kw11-3z-5a-250v-micro-switch-round-handle-3-pin-n-o-n-c-for-3d-printers/> -
- <https://my.avnet.com/abacus/resources/article/understanding-micro-switches-and-hysteresis/> -

KY-008 Laser Transmitter Modul Datenblatt

- https://datasheet4u.com/download_new.php?id=1415012 -
- <https://www.build-electronic-circuits.com/arduino-laser-module-ky-008/> -
- https://www.youtube.com/watch?v=b8WTdug_xPU -
- <https://scied.ucar.edu/learning-zone/atmosphere/wavelength> -

GL55 Series Photoresistor

- <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/LightImaging/SEN-09088.pdf> -
- <https://www.kth.se/social/files/54ef17dbf27654753f437c56/GL5537.pdf> -
- https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/LDR%20Datasheet.pdf -
- <https://www.sunrom.com/p/light-sensing-module-ldr> -

Micro Servo MG90S

- https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MG90S_Tower-Pro.pdf -
- <https://components101.com/motors/mg90s-metal-gear-servo-motor> -
- <https://www.electroschematics.com/micro-servo/> -
- <https://www.jameco.com/Jameco/workshop/Howitworks/how-servo-motors-work.html> -
- <https://www.techtarget.com/whatis/definition/proportional-control> -
- <https://byjus.com/physics/pulse-width-modulation/> -

WS2812B RGB Neopixel LED Ring

- <https://see-sys.co.il/product/rgb-led-ring-24-bits-leds-ws2812-5050-rgb/> -
- [https://www.handsontec.com/dataspecs/module/WS2812%20Neopixel%20Ringx24.p](https://www.handsontec.com/dataspecs/module/WS2812%20Neopixel%20Ringx24.pdf) -
[df](https://www.handsontec.com/dataspecs/module/WS2812%20Neopixel%20Ringx24.pdf)
- <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/WS2812B.pdf> -

MAX7219 8x8 LED Matrix Module

- [https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/max7219-8x8-](https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/max7219-8x8-led-matrix-module-datasheet.pdf) -
[led-matrix-module-datasheet.pdf](https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/max7219-8x8-led-matrix-module-datasheet.pdf)

ADXL335

- <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/250056/AD/ADXL335.html> -
- https://en.wikipedia.org/wiki/Cartesian_coordinate_system -