

	תוכן עניינים
15	הקדמה.....
17	נושאי הלימוד בספר
19	המלצות ללומדים.....
21	פרק 1 : מבוא למיקרו-בקר ESP32
22	Espressif Systems : רקע וחידושים
22	המיקרו-בקרים של חברת Espressif
23	תכונות המיקרו-בקר ESP32
23	מערכות הפעלה FreeRTOS
23	שפות תכנות נתמכות
24	סביבות פיתוח ל-ESP32.....
26	שימושים פופולריים
26	מיקרו-בקר ESP32-WROOM-32D.....
28	הסבר כללי על סכמה בלוקים של ESP32-WROOM-32D
31	מאפיינים טכניים של ESP32-WROOM-32D
32	הארכיטקטורה של יחידות ה-CPU והזיכרון
34	תרשים חיבורים של מיקרו-בקר ESP32
35	מודולים הכוללים מיקרו-בקרים ESP32 עבור לוחות פיתוח... ..
36	סרטון דרכה להתקנת סביבת Arduino IDE
36	קישור לחוברת התקנה לסביבת Arduino IDE
36	סרטון המסביר בצורה כללית על הדקי GPIO לשל ה-ESP32 ..
36	קישור לדפי נתונים של מיקרו-בקר ESP32-WROOM-32D ...
37	פרק 2: תכנות בשפת Arduino
38	כללים לכתיבת תוכנית בסביבת עבודה עם מעבד Arduino ...
38	הכרת שפת Arduino
39	פתיחת מוניטור תקשורת טורית.....
39	פונקציה begin
40	אתחול יחידת התקשורת של ESP
40	פונקציה print
41	תרגיל דוגמה 1-2.....
41	בסיסים
42	פונקציה println
42	תרגיל דוגמה 2-2.....
43	משתנים.....

43	הגדרת משתנים.....
43	טבלה גדלי טיפוס המשתנים.....
45	אופרטור השמה/ השמה.....
45	אופרטורים (מפעילים).....
46	אופרטורים אריתמטיים.....
46	תרגיל דוגמה 2-3.....
48	הצבה מקוצרת.....
48	אופרטורים של יחס.....
49	ביטויים לוגיים.....
49	אופרטורים לוגיים.....
50	משפטי תנאי.....
50	משפט בקרה if.....
51	ביצוע של מספר הוראות במשפט if.....
51	משפט בקרה if else.....
51	תרגיל דוגמה 2-4.....
53	תרגול.....
54	תנאים מקוננים סולמות.....
54	תרגיל דוגמה 2-5.....
55	מונה.....
56	פונקציה loop.....
56	תרגיל דוגמה 2-5.....
56	פונקציה loop.....
55	מונה.....
56	פונקציה loop.....
56	תרגיל דוגמה 2-6.....
57	פונקציה delay.....
58	הגדרת תווית ע"י שימוש בהוראת #define.....
58	תרגיל דוגמה 2-7.....
60	תרגול.....
61	לולאות.....
61	לולאה - while.....
62	תרגיל דוגמה 2-8.....
63	תרגול while-1.....
64	תרגול while-2.....
65	לולאה do while.....
65	תרגיל דוגמה 2-9.....
67	תרגול do while-1.....
67	תרגול do while-2.....
69	לולאת for.....
70	תרגיל דוגמה 2-10.....

71	תרגול 1-for.....
72	תרגול 2-for.....
73	פונקציה write.....
73	קוד ASCII.....
74	תרגיל דוגמה 11-2.....
76	תרגול.....
67	פרק 3: כתיבה ליציאות דיגיטליות.....
68	הדקי GPIO של המיקרו-בקר ESP32.....
68	טבלת נתונים טכניים של כל הדק GPIO.....
80	חיבור נורת LED.....
81	חיבור נורת LED ליציאת הדק של המיקרו-בקר.....
82	הגדרת כניסות ויציאות דיגיטליות.....
82	כתיבה להדק דיגיטלי.....
82	תרגיל דוגמה 1-3.....
84	חיבור Logic Analyzer.....
84	זמן מחזור.....
85	Duty Cycle.....
85	תדר.....
86	תרגול.....
87	מבוא לחיבור נורת RGB LED.....
87	נורת RGB LED SMD 5050.....
88	תרגיל דוגמה 2-3.....
90	פונקציות.....
90	הגדרת פונקציות.....
91	פונקציה שאינה מקבלת פרמטרים ואינה מחזירה ערך.....
92	תרגיל דוגמה 3-3.....
93	תרגול.....
95	תרגיל דוגמה 4-3.....
94	פונקציה שמקבלת מקבלת פרמטרים ואינה מחזירה ערך.....
96	תרגול.....
96	משתנים לוקליים.....
96	משתנים סטטיים.....
96	משתנים גלובליים.....
98	תרגיל דוגמה 5-3.....
100	פונקציה המחזירה ערך.....
100	תרגיל דוגמה 5-3.....
102	פונקציות קלט.....

103	תרגיל דוגמה 3-5
107	פרק 4: כתיבה ליציאות PWM
108	שינוי התדר של גל ריבועי
108	תרגיל דוגמה 4-1
110	שינוי ה-Duty Cycle על נורת LED
110	השפעת ה-Duty Cycle על נורת LED
110	פונקציה delayMicroseconds
111	תרגיל דוגמה 4-2
113	בקרת הספק באמצעות אפון רוחב פולס PWM
113	מבוא ליחידת PWM של ESP32
113	אופרטורים של יחס
114	יחידת LEDC
114	ארכיטקטורת יחידת LEDC במעבד ESP32
115	ערוצים בעלי מהירות גבוהה
115	ערוצים בעלי מהירות נמוכה
115	תרשים בלוקים של מבנה ותפקוד יחידת LEDC
117	פונקציות לאתחול והפעלת PWM עבור ESP32
118	תרגיל דוגמה 4-3
120	פונקציית analogWrite
121	פתרון תרגיל 4-3 Example באמצעות הפונקציה analogWrite
121	שינוי התדר והרזולוציה
122	תרגיל דוגמה 4-4
122	פקודת break
124	משפט הבקרה switch
125	כללים לכתיבת פסוקי case
126	תרגיל דוגמה 4-5
127	מבוא ליצירת צלילים
128	תדירות הצליל
128	אוקטבה
129	תו (Note)
130	פונקציית tone ליצירת צלילים בשפת Arduino
130	תרגיל דוגמה 4-6
132	הקדמה מערכים
132	מערך חד-ממדי
133	הגדרת מערך חד-ממדי
133	הגדרת גודל המערך
133	קריאת ערך תא מהמערך
134	תרגיל דוגמה 4-6

135	תרגיל דוגמה 4-6
136	פרויקטון לניגון מנגינה באמצעות ה-ESP32.....
137	פרק 5: מחרוזות ומסך גרפי OLED.....
138	עבודה עם מחרוזות ומסך גרפי OLED
138	מערכים.....
138	מחרוזות.....
139	מה זה אובייקט.....
139	אובייקט מסוג String.....
139	Class
139	מהן מתודות
140	אופרטור + במחרוזות
140	הספרייה String
141	המתודה length().....
141	הביטוי String(number)
141	המתודה concat(str).....
141	המתודה toLowerCase().....
141	המתודה toUpperCase().....
142	תרגיל דוגמה 5-1
143	מתודות המשמשות להשוואה
143	מתודה equals().....
143	מתודה equalsIgnoreCase().....
143	מתודה compareTo().....
143	תרגיל דוגמה 5-2
145	תרגיל דוגמה 5-3
146	מסך OLED
147	ספרייה Adafruit_SH110X
148	הגדרות להפעלת המסך.....
149	פונקציות של הספרייה
150	תרגיל דוגמה 5-4
152	תרגיל דוגמה 5-5
153	צורות גרפיות על גבי המסך
154	תרגיל דוגמה 5-6
156	צורות גרפיות על גבי המסך
156	תרגיל דוגמה 5-7
157	כתיבת פונקציות בקבצים נפרדים
158	פרויקטון : מערכת כניסה מבוססת סיסמה
162	פרויקטון ציור בית על גבי המסך

162	פרויקטון : מערכת תאורה אינטראקטיבית עם RGB LED
163	פרק 6: קריאה מכניסות דיגיטליות ואנלוגיות.....
164	מבוא לקריאה מכניסות דיגיטליות ואנלוגיות ב-ESP32.....
164	גדלים דיגיטליים
165	מעגל חשמלי שבעת הלחיצה הערך המתקבל הוא '0' לוגי
165	מעגל חשמלי שבעת הלחיצה הערך המתקבל הוא '1' לוגי
166	הגדרת כניסות ויציאות דיגיטליות
166	קריאת ערך הכניסה מהדק דיגיטלי
166	תרגיל דוגמה 6-1
168	חיבור לחצנים/מתגים למעבד ופתרון בעיות רטט
169	תרגיל דוגמה 6-2
171	תרגיל דוגמה 6-3
173	תרגיל דוגמה 6-4
176	רכיבים אלקטרו-אופטיים
176	פוטודיודה (PhotoDiode)
176	פוטו-טרנזיסטור
176	LED אינפרא אדום
177	חיישן קרבה
177	תרגיל דוגמה 6-5
178	חיישן מרחק אולטרא סוניק
181	תרגיל דוגמה 6-6
185	פרויקטון : מערכת חיישן נסיעה לאחור לרכב.....
185	כניסות אנלוגיות
187	רכיב המרה ADC
188	רזולוציה
189	יחידת ADC במיקרו-בקר ESP32.....
190	הפונקציה analogRead
191	נגד משתנה (פוטנציומטר)
192	תרגיל דוגמה 6-7
195	שינוי רזולוציה.....
196	תרגיל דוגמה 6-8
198	פרויקטון : מערכת שליטה על מעגל צבעים באמצעות פוטנציומטר
199	חיישן LDR
199	תרגיל דוגמה 6-9
202	פרויקטון : מערכת שליטה אוטומטית על תאורת חצר

203	פרק 7: מנוע RC-Servo ומנוע DC
204	מבוא למנועי Servo RC
205	אופן חיבור המנוע
205	שליטה על המנוע RC-Servo
207	מבוא לספריית ESP32Servo
208	פונקציות ספריית ESP32Servo
209	תרגיל דוגמה 7-1
212	תרגיל דוגמה 7-2
214	תרגיל דוגמה 7-3
217	פרויקטון: מערכת רדאר אולטראסוניק
218	מנוע DC
218	רכיב L293D
220	מאוורר 5V
221	תרגיל דוגמה 7-4
224	מבוא לרובוטיקה
225	ערכת CS-CAR-IOT
226	מנוע N20
227	מתח ממוצע למנוע
229	שינוי כיוון סיבובי המנוע ומהירותו
230	תרגיל דוגמה 7-5
234	תרגיל דוגמה 7-6
238	חיישן פס TCRT5000L
238	מודול CS-TCRT-4
239	הנחיות לביצוע פרויקטון - רובוט עוקב קו שחור
241	פרק 8: תקשורת טורית UART
242	מבוא לפרוטוקולים של תקשורת בין רכיבים
243	תקשורת טורית סינכרונית
244	תקשורת טורית אסינכרונית
245	תקשורת טורית UART
245	מבנה פרוטוקול UART
247	תרגול
248	מבוא ליחידת UART במיקרו-בקר ESP32
248	תכונות עיקריות של יחידות ה-UART ב-ESP32
250	פירוט על יחידות ה-UART במיקרו-בקר ESP32
250	יחידת UART0
250	יחידת UART1
250	יחידת UART2

251	..... תרגיל דוגמה 8-1
254	..... כתיבה ליחידה UART2 בסביבת Arduino
255	..... פונקציות להפעלת יחידת UART2
257	..... תרגיל דוגמה 8-2
258	..... חיבור מודול MP3
259	..... מודול MP3 המבוסס על מיקרו-בקר YX5300
262	..... פקודות הפעלה של המודול
263	..... טבלת המרכזת את כל הפקודות
264	..... פונקציות להפעלת המודול MP3
267	..... תרגיל דוגמה 8-3
270	..... השמעת הודעות טקסט באמצעות מודול MP3
270	..... שמירת השירים בכרטיס הזיכרון
272	..... תרגיל דוגמה 8-4
274	..... תרגיל דוגמה 8-5
276	..... פרויקטון- נגן MP3
277	..... פרק 9: נורת LED מסוג WS2812
278	..... מבוא לנורות LED
278	..... נורת LED מסוג WS2812
279	..... מאפיינים עיקריים של WS2812
280	..... טבלת פירוט הדקים ומתחים
280	..... טבלה מאפייני נורות ה-LED
281	..... פרוטוקול WS2812
281	..... מבנה פרוטוקול התקשורת של WS2812
282	..... חיבור של נורות בשיטת שרשרת
283	..... ספריית Adafruit_NeoPixel
284	..... פירוט על ספריית Adafruit_NeoPixel
284	..... הגדרות להפעלת הנורות
285	..... פונקציות הבסיסיות של הספרייה
286	..... תרגיל דוגמה 9-1
288	..... תרגיל דוגמה 9-2
289	..... תרגיל דוגמה 9-3
293	..... הוספת נורות LED שאינן בשרשרת
294	..... תרגיל דוגמה 9-4
296	..... פרויקטון: רכב אוטונומי עם חיישן אולטרא סוניק ותאורת מעקב
297	..... פרק 10: פרוטוקול I²C
298	..... מבוא פרוטוקול I ² C

299	.....I ² C כתובות בפרוטוקול
299	..... מבנה הכתובת
299	.....I ² C מבנה הפרוטוקול
300	..... I ² C שלבי תקשורת בפרוטוקול
300	..... Bytes כתיבה וקריאה ברמת ה-
301	.....I ² C יחידת בקר ESP32
301	..... SDA ו-SCL למיקרו בקר ESP32 חיבורי
302	..... Arduino ספריית Wire המובנית בסביבת העבודה של
303	..... Wire פונקציות בסיסיות של ספריית
305	..... PCF8574 רכיב הרחבה
307	..... קביעת כתובת הרכיב
308	.....Seven Segment תצוגת
308	..... Common Anode (CA)
308	..... Common Cathode (CC)
309	..... 10-1 תרגיל דוגמה
310	..... Seven Segment הצגת ספרות וסימנים בתצוגת
310	..... LUT טבלת קידוד-
312	..... 10-2 תרגיל דוגמה
314	..... Slave פונקציות לקריאת נתונים מרכיבי
315	..... 10-3 תרגיל דוגמה
318	..... חיישני טמפרטורה
319	..... חיישן טמפרטורה מודרני
320	..... AHT10 מד טמפרטורה
321	.....Adafruit AHT10 ספריית
322	..... 10-4 תרגיל דוגמה
325	.....AHT10 תהליך קריאת נתונים מחיישן
326	..... הפקודות לאתחול וקריאת נתונים
327	..... תהליך קריאת נתונים מהחיישן
328	.....AHT10 קריאת נתונים מחיישן
329	.....AHT10 פירוט נתוני הקריאה מחיישן
329	..... תהליך המרת המידע ללחות וטמפרטורה
331	..... 10-5 תרגיל דוגמה
334	..... פרויקטון- מערכת בקרת טמפרטורה
335	.....Bluetooth : 11 פרק
336	..... Bluetooth מבוא לטכנולוגיית
336	..... ESP32 יחידת Bluetooth של מיקרו-בקר
336	..... Bluetooth Classic

337	..... (Bluetooth Low Energy) BLE
337	..... BluetoothSerial הספרייה
338	..... פונקציות להגדרה והפעלה
339	..... תרגיל דוגמה 11-1
342	..... תרגיל דוגמה 11-2
344	..... פרויקטון : רובוט נשלט באמצעות Bluetooth עם ESP32
345	..... פרק 12 : תקשורת WiFi עם ESP32 באמצעות TCP/IP
346	..... מבוא
346	..... אפשרויות חיבור לרשת ה-WiFi
346	..... באמצעות ESP32 המחובר לראוטר (Router)
347	..... באמצעות ESP32 המשמש Access Point
348	..... מושגי יסוד של האינטרנט
348	..... רשת אינטרנט
348	..... (Wireless Fidelity)WiFi
348	..... פרוטוקול TCP/IP
348	..... פרוטוקול IP (Internet Protocol)
349	..... מבנה כתובת IP
349	..... ניתוב (Routing)
350	..... יחידת WiFi במיקרו-בקר ESP32
350	..... הספרייה WiFi
351	..... שימוש בספרייה WiFi.h
351	..... פירוט על פונקציות ספרייה WiFi
352	..... פרוטוקול TCP
353	..... פונקציות עיקריות של פרוטוקול TCP/IP בספרייה WiFi
354	..... WiFiServer
355	..... WiFiClient
357	..... תרגיל דוגמה 12-1
360	..... תרגיל דוגמה 12-2
364	..... פיתוח יישומי TCP/IP עם שני מיקרו-בקרים ESP32
364	..... תרגיל דוגמה 12-3
367	..... תרגיל דוגמה 12-4
370	..... פרויקטון : ניטור טמפרטורת על ידי תקשורת TCP/IP
371	..... הגדרת Access Point באמצעות מיקרו-בקר ESP32
372	..... שלבים להגדרת Access Point באמצעות מיקרו-בקר ESP32
372	..... שימוש בספרייה WiFi להגדרת ESP32 עם Access Point
373	..... תרגיל דוגמה 12-5
375	..... פיתוח יישומי IoT באמצעות שני מיקרו-בקרים AP ESP32

376	תרגיל דוגמה 6-12
377	תרגיל דוגמה 7-12
379	פרויקטון : ניטור טמפרטורת עם שני ESP32 באמצעות AP
380	יחידת RTC במיקרו-בקר ESP32
380	תפקיד יחידת RTC
380	ספריית time.h
381	הספרייה time.h בשפת Arduino, במיוחד עבור מעבד ESP32
381	מבנה struct tm
382	פונקציות עיקריות בספרייה
382	שרתי NTP (Network Time Protocol)
382	פונקציונליות של NTP
382	שימוש ב-NTP עם מיקרו-בקר ESP32
383	תרשים המתאר את התקשורת בין ESP32 לשרת NTP
385	תרגיל דוגמה 7-12
387	פרויקטון 1 : תאורה חצר מתוזמנת
388	פרויקטון 2 : ניטור טמפרטורת באמצעות פרוטוקול TCP/IP
389	פרק 13 : פיתוח יישומי IoT בענן Adafruit באמצעות MQTT
390	מבוא
391	פרוטוקול MQTT
391	תרשים ארכיטקטורת הפרוטוקול
392	תהליך התקשורת בפרוטוקול MQTT
393	מאפיינים מרכזיים של MQTT
394	יחידת WiFi במיקרו-בקר ESP32
394	ספרייה Adafruit MQTT
394	פונקציות מרכזיות של הספרייה
398	ההגדרה Adafruit_MQTT_Subscribe *subscription
399	פונקציות למנויים בפרוטוקול MQTT
400	מבוא לפלטפורמה Adafruit IO
402	תרגיל דוגמה 1-13
408	תרגיל דוגמה 2-13
411	פונקציות לפרסום בפרוטוקול MQTT
412	תרגיל דוגמה 3-13
416	חיבור שני מיקרו-בקרים ESP32 באמצעות פרוטוקול MQTT
416	תרגיל דוגמה 4-13
418	תרגיל דוגמה 5-13
421	פרויקטון : שליטה על רובוט רכב באמצעות פרוטוקול MQTT ...

423	פרק 14 : הגדרת שרת HTTP באמצעות ESP32.....
424	הקמת שרת HTTP על גבי ה-ESP32.....
425	HTML.....
426	מבנה עיקרי של מסמך HTML.....
427	תוכנית בסיסית ב-HTML.....
428	כללים לכתיבת תגיות פתיחה וסגירה.....
430	מאפיין style.....
431	אתר W3Schools.....
432	העלאת דפי HTML למיקרו-בקר ESP32.....
434	ספרייה WebServer.....
434	שימוש בפונקציות של הספרייה WebServer.....
436	שימוש במחרוזות גולמיות לצגת דף HTML.....
437	שילוב משתנים בדף HTML בתוך מחרוזת גולמית.....
439	תרגיל דוגמה 1-14.....
444	יצירת טופס HTML שם לחצנים.....
444	הגדרת פקד ב-HTML.....
446	עיצוב לחצנים באמצעות CSS.....
448	תרגיל דוגמה 2-14.....
449	עיצוב דף ה-HTML.....
438	קריאת נתונים שנשלחים מטופס HTML.....
454	תרגיל דוגמה 3-14.....
457	תרגיל דוגמה 4-14.....
461	מבוא לתיבת קלט.....
463	תרגיל דוגמה 5-14.....
466	פרויקטון : מערכת כניסה עם סיסמה באמצעות דף אינטרנט.....
467	תיבות קלט תחום ב-HTML.....
468	תרגיל דוגמה 6-14.....
471	תרגיל דוגמה 7-14.....
475	עיצוב פקדים בצורה דינמית וגמישה באמצעות Flexbox.....
476	תכונות חשובות של Flexbox.....
476	דוגמאות לשימוש ב-Flexbox בעיצוב פקדים.....
476	יישור ומרכז פקדים.....
481	הצגת פקדים אחד לצד השני.....
481	תרגול.....
482	פרויקט סיכום המשלב בין רוב הנושאים שנלמדו בספר.....