

משרד החינוך
המינהל למדע ולטכנולוגיה
הפיקוח על מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים
ומגמת מערכות בקרה ואנרגיה

הנחיות לביצוע

עבודת גמר בהיקף 5 יח"ל

ופרויקט גמר בהיקף 3 יח"ל

במגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

בחטיבה העליונה

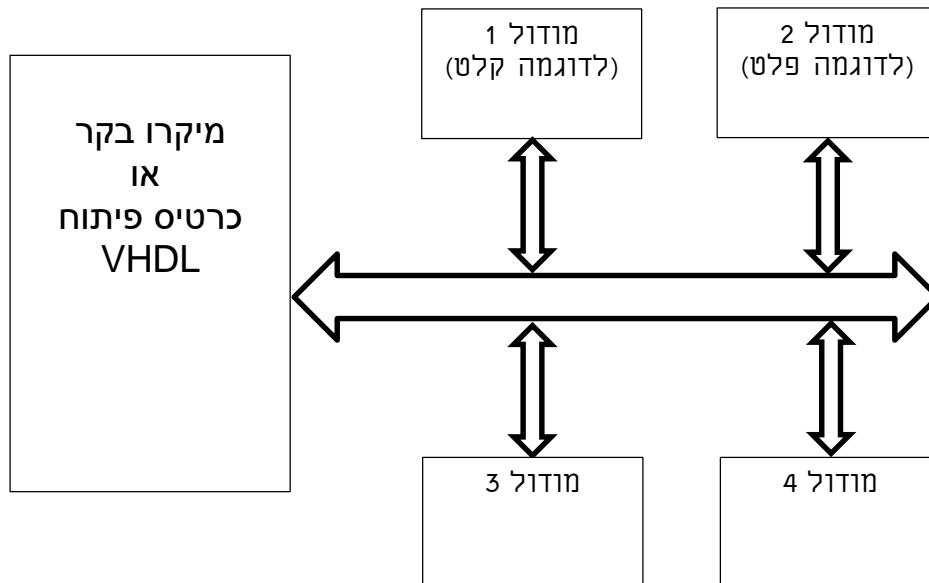
עדכון : אב תשע"ט (אוגוסט 2019)

1. כללי

- 1.1 לצורך פשטות הניסוח, המונח פרויקט המופיע במסמך זה מתייחס לעבודת גמר - שאלון מספר 841589 ולפרויקט גמר - שאלון מספר 841387 כאחד, אלא אם כן מצויין אחרת.
- 1.2 בסעיפים הבאים מתוארות כלל ההנחיות לביצוע פרויקט שעל התלמיד, הרכז והמנחה לפעול לפיהן לשם ביצוע מלא ותקין של פרויקט.
- 1.3 מטרתו המרכזית של פרויקט היא להביא לידי מימוש את הידע שרכש התלמיד במהלך לימודיו תוך הפגנת יכולתו היצירתית והיישומית.
- 1.4 במהלך ביצוע פרויקט על התלמיד לתכנן ולבנות מכשיר אלקטרוני ולכתוב חוברת פרויקט המתעדת את תהליכי התכנון והבניה של הפרויקט. מבנה החוברת מפורט בהמשך.
- 1.5 הפרויקט חייב להתבסס על התכנים שהתלמיד לומד במסגרת לימודי ההתמחות בהן בחר. בעבודת גמר ברמה של 5 יח"ל יש לתת דגש על יישום פרויקט מחקר/פתוחי ברמה נאותה. יודגש כי פרויקט ברמה של 5 יח"ל חייב להתבסס על צורך או בעיה הכולל חקר של הצעות לפתרון ולפתור אחת מהן באופן מלא, **כולל יישום אב טיפוס מתפקד**. ביצוע פרויקט אינו פוטר את התלמיד מלימוד של כל התכנים המופיעים בתכנית הלימודים של מקצועות ההתמחות ובהתאם לחלופה שלמד.
- 1.6 ביצוע פרויקטים בכיתה ייעשה ביחידים או בזוגות, כאשר פרויקט בזוג צריך להכיל הגדרה ברורה של היקף העבודה (חומרה ותוכנה) **בדגש על ידע, מיומנויות והרגלים** לכל אחד מהלומדים.
 - 1.6.1 ברמה של 3 יח"ל: כשהכיתה מונה פחות מ-20 תלמידים. יחידים יכולים לבצע עד שני פרויקטים זהים כאשר לכל אחד תוצר אישי וספר תיעוד ייחודי לו. כאשר הכיתה מונה יותר מ-20 תלמידים ניתן לבצע עד שלושה פרויקטים זהים כאשר התוצרים והתיעוד אישיים.
 - 1.6.2 ברמה של 5 יח"ל: כל תלמיד או זוג מתבקשים לבצע פרויקט ייחודי המבוסס על **צורך או בעיה מוגדרת**.
 - 1.6.3 הצעות פרויקט גמר בהיקף 3 יח"ל (שאלון מספר 841387) והצעות לעבודת גמר בהיקף 5 יח"ל (שאלון מספר 841589) תוגשנה כולם באתר מוקד מקצוע לטיפול וועדה מאשרת.
 - 1.6.4 קיימים שני מועדים להגשת הצעות פרויקטים. האחד עד סוף חודש יולי (עבור הצעות פרויקטים לשנת הלימודים הבאה) והשני עד ה- 15 נובמבר (עבור הצעות פרויקטים בשנת הלימודים הנוכחית).

2. קריטריונים מזערים לביצוע פרויקטים

- 2.1 כאמור לעיל, הפרויקט חייב לעסוק בתכנים ונושאים הלקוחים מתוך תחום ההתמחות (החלופה) שאותה לומד התלמיד.
- 2.2 התוצר הסופי של הפרויקט הוא התקן ממוחשב המבוסס גם על חומרה ותוכנה.
- 2.3 כתיבת חוברת פרויקט הערוכה בהתאם להנחיות המפורטות בסעיף 5.
- 2.4 פרוט רכיבי החומרה החייבים להיכלל בפרויקט בהיקף של 3 י"ל ובעבודת גמר בהיקף של 5 י"ל:
 - 2.4.1 שימוש לפחות בהתקן מתוכנת אחד כגון: PC, μP , μC , ARDUINO וכדומה.
 - 2.4.2 שימוש לפחות בארבעה מרכיבי החומרה כגון: חיישנים, מעגלים משולבים, התקני קלט, התקני פלט, רכיבי תקשורת וכדומה. (זאת מעבר לרכיבים חשמליים או אלקטרוניים בדידים נדרשים, כדוגמת קבלים, נגדים, מתגים, נוריות דפ"א).



- 2.4.3 דוגמאות למודולים: חיישן מרחק, מודול GPS, מודול תקשורת RF, מודול תקשורת Wi-Fi, מודול שעון RTC, מודול תאוצה, מודול ממסר עם מצמד אופטי, מודול הקלטה/השמעה של קול, מודול זיהוי קול, מודול טביעת אצבע, תצוגת 7 מקטעים, מטריצת לדים 8*8, LCD, TFT, OLED, חיישנים כמו: לחץ, צבע, טמפרטורה, לחות וכו'.
- 2.4.4 כתיבת תכנית שאותה כתב התלמיד, המבצעת את הלוגיקה הראשית של הפרויקט תוך שימוש בפעולות או פונקציות שאותן כתב הלומד וגם בפעולות/פונקציות מוכנות שאותן לא כתב. בכל המקרים על התלמיד להבין את תפקיד פונקציות הספרייה שבהן השתמש (מה נשלח לפונקציה מה חוזר מהפונקציה ומה היא מבצעת).
- 2.4.5 במידה ובתכנית נעשה שימוש בפונקציות, על התלמיד לדעת את תפקידן, אופן השימוש בפרמטרים שלהן ולתעד אותן בספר הפרויקט. למשל, אם נעשה שימוש בפונקציה המממשת פרוטוקולי תקשורת כגון: I2C, SPI, UART על התלמיד לדעת להסביר את תפקיד פרוטוקול התקשורת, לדוגמה: Serial.begin (9600) – הפונקציה מיועדת לאתחול ביצוע של תקשורת טורית בקצב העברת הנתונים של 9600 bps. בנוסף על התלמיד לדעת להסביר סוגים של תקשורת טורית וכללית.
- 2.4.6 הפרויקט ייבנה על כרטיס מחורר wire wrap, בהלחמות או על גבי מעגל מודפס שנבנה על ידי הלומד. בין המודולים השונים יהיה חיבור יציב ואסטטי (רצוי בעזרת קונקטורים, מחברים, וכבלים מתאימים מסוג זכר ונקבה). יודגש כי לא ניתן להגיש פרויקט כל גבי מטריצת חיבורים.

3. הצעה למפגש פתיחה לקראת תחילת הלמידה סביב פרויקט

- 3.1 הצגת העקרונות ללמידה מבוססת פרויקטים תוך דגש על מטרות העל:
- 3.1.1 טיפוח לומד בעל הכוונה עצמית.
 - 3.1.2 חינוך לחשיבה במסגרת למידה מבוססת פרויקטים.
 - 3.1.3 טיפוח מיומנויות עבודת צוות.
- 3.2 הצגת דוגמאות לפרויקטים ודיון קצר בשאלה-מה מעניין אותי?
- 3.3 קביעת מטרות הלמידה ובניית מחוונים שיגדירו הצלחה באופן מדויק ומדיד.
- 3.4 קביעת תאריכים לאבני דרך תוך כדי התהליך, כולל תכנון אירוע להצגת התוצרים.
- 3.5 בניית תרבות למידה כיתתית שיתופית, מקדמת ומכבדת.
- 3.6 פתיחת LMS (learning management system - מערכת ממוחשבת לניהול למידה) המלווה את הלמידה וקביעת תדירות הכתיבה בה במהלך הלמידה.

4. הגשת הצעת פרויקט

- 4.1 על התלמיד להגיש מסמך הצעת פרויקט המכיל מענה לסעיפים 5.1.1 עד 5.1.4
- 4.2 יש להגיש את מסמך הצעת הפרויקט שהתלמידים כתבו באמצעות אתר מוקד מקצוע.



- 4.3 על מרכז המגמה למלא את הפרטים הבאים בטופס הממוחשב המופיע עם בחירת הקישור הזמנת בוחנים/תשובונים, כמודגש באיור.

- א. מספר ת.ז. של התלמיד (חובה);
- ב. שם התלמיד (חובה);
- ג. כיתה (חובה);
- ד. נושא (חובה);
- ה. תאור הנושא (חובה);
- ו. הערות המורה (חובה לציין אם הפרויקט מבוצע באמצעות תלמיד יחיד או זוג תלמידים).
- ז. מסמך הצעת הפרויקט שהתלמיד הכין כמסמך PDF אחד. (חובה).

- 4.4 את ההצעות לפרויקט שהתלמידים הכינו יש להגיש עד ל-15 בנובמבר של שנה"ל.

- א. תלמיד שלא יגיש הצעת פרויקט לא יוכל להבחן בסוף השנה.
- ב. אתר הגשת המסמכים ייסגר להזנת הצעות חדשות ב-15 בנובמבר ולא ניתן יהיה להגיש הצעות חדשות.
- ג. על פי תוכנית הלימודים החדשה לימדי ההתמחות מתחילים כבר בכיתה י' על כן מומלץ להקדים ולהגיש את הצעות פרויקט כבר בסוף שנה הלימודים של כיתה י', במצב זה התאריך האחרון להגשת הפרויקט יהיה סוף יולי.

5. תהליך ביצוע פרויקט

ביצוע פרויקט הוא תהליך למידה המתבצע במהלך שנת הלימודים כולה. במהלך ביצוע הפרויקט רוכש ומחזק התלמיד את המיומנויות הבאות: חקר, תכנון, ניתוח, תיעוד, בניית פרויקט, עמידה

בלוח זמנים ורפלקציה על התהליך ועל התוצאה. להלן תאור שלבי בניית פרויקט שהקפדה על ביצועם חשוב להפקת המרב מתהליך לימודי זה.

- 5.1 תכנון וכתיבת הצעת פרויקט (מומלץ ששלב זה ילמד כבר בכיתה י' במסגרת שעות ההתמחות)
- 5.1.1 התלמיד, ורק הוא, יבחר את נושא הפרויקט ויקבל על כך אישור ממנחה הפרויקט שלו.
- 5.1.2 התלמיד יחקור את נושא הפרויקט ויבחן את הדרכים האפשריות למימושו.
- 5.1.3 התלמיד יתאר במילים שלו את תפקיד הפרויקט, מבנהו ואופן פעולתו.
- 5.1.4 התלמיד ישרטט את תרשים המלבנים של מערכת הפרויקט.
- 5.1.5 התלמיד ישרטט, באמצעות כלי תוכנה יעודיים, את המעגל החשמלי המממש את תרשים המלבנים של מערכת הפרויקט.
- 5.2 בניית הפרויקט (יש לתעד כל אחד מהשלבים הבאים כחלק מרכזי בספר הפרויקט)
- 5.2.1 בניית המעגל החשמלי תתבצע בשלבים. בכל שלב ייבנה מנגנון אחד.
- 5.2.2 לאחר תכנון של כל שלב במעגל החשמלי, ישתמש התלמיד בתוכנת הדמיה לשם ביצוע מדידות במעגל ולתיקון שגיאות התכנון.
- 5.2.3 לאחר בניית כל שלב במעגל, יבצע בו התלמיד מדידות חשמליות לאישור תקינותו, ולאיתור ותיקון תקלות.
- 5.2.4 בניית פרויקט מלווה בדרך כלל בהתמודדות עם תקלות ובעיות שלא נצפו מראש. על המנחה לראות בהופעתן של תקלות ובעיות כאלה הזדמנות לאתגר את התלמיד ולדרבן אותו להעמיק את הבנתו באופן פעולת הפרויקט.
- 5.2.5 כאשר מופיעה תקלה, המנחה צריך להימנע מלטפל בה בעצמו. עליו לכוון את התלמיד לבצע תהליך איתור שיטתי של התקלה ולתקנה. **תהליך איתור תקלה ותיקונה הוא אחד מהיעדים החינוכיים בבניית פרויקט.**

5.3 תיעוד

- 5.3.1 חלק חשוב בתהליך העבודה על פרויקט הוא תיעוד השלבים השונים של ביצועו. על התלמיד לנהל מסמך תיעוד (המשותף לו ולמנחה הפרויקט שלו) ובו רישום מדויק הכולל את הנושאים הבאים:
- 5.3.1.1 ניהול יומן פעילות בו יהיה רשם, עבור כל פגישת עבודה (עם המנחה או בלעדיו), את מועדה, מטרתה והפעילות שנעשתה במהלכה.
- 5.3.1.2 על התלמיד לתעד את הדמיות המעגלים שביצע ואת תוצאות המדידות שהתקבלו באמצעותן.
- 5.3.1.3 על התלמיד לצלם את המעגל לאחר כל אחד משלבי הבנייה ולתעד בכתב ובצילום את המדידות שביצע, מוצע גם בוידאו.
- 5.3.1.4 התלמיד יפרט בכתב את ההבדלים, אם קיימים כאלה, בין תוצאות המדידות בפועל לתוצאות בהדמיה ויסביר את מקורם.
- 5.3.1.5 במידה ובמהלך הבנייה נעשים שינויים בסטיה מהתכנון המקורי על התלמיד לפרט כל שינוי כזה ולהסביר את סיבותיו.
- 5.3.1.6 על התלמיד לתעד את התקלות שהופיעו במעגל, כיצד אותרו ותוקנו.
- 5.3.2 בסיום בניית הפרויקט יתעד התלמיד, בתמונות ובסרטון, את הפרויקט בפעולה. תיעוד זה נדרש במקרה של תקלה בפרויקט בעת בחינת ההגנה. במקרה כזה ניתן יהיה להיעזר בתיעוד זה להצגת פעולה תקינה של הפרויקט.
- 5.3.3 התיעוד הכתוב והמצולם יהווה חלק בלתי נפרד מחוברת הפרויקט (ראה פרק 6 להלן) וישמש את בוחן הפרויקט לצורך הערכת תהליך העבודה.

5.4 סיכום והפקת לקחים

בסיום העבודה יתקיים דיון, לשם הפקת לקחים, שבו יקחו חלק הבוחן והתלמיד. בדיון יסקרו השלבים השונים ותהליך העבודה על הפרויקט, כולל השלבים בהם הופיעו תקלות ובעיות. בדיון תהיה התייחסות לשאלה: "לו היית מתחיל היום את העבודה, לאור הנסיון שצברת מה

היית משנה בתהליך העבודה, במעגלי החומרה ובתוכנת הפרויקט שנבנתה? - על התלמיד לשלב את תוצאות דיון זה בחוברת הפרויקט בפרק "סיכום ולקחים".

6. חוברת הפרויקט

חוברת הפרויקט משמשת כמסמך המתעד את **תהליך העבודה** על הפרויקט, על המסמך להציג את המפרט הטכני המייצג את המבנה, אופן פעולתו ותהליך בנייתו של הפרויקט. החוברת מציגה את מבנה ופעולת הפרויקט **מהכלל אל הפרט** תוך שימוש בשירטוטים ותרשימים מתאימים. החוברת משקפת את הידע המצטבר של התלמיד כתוצאה מתהליך הלמידה שעבר – משלב הרעיון הבסיסי ועד להשלמת הפרויקט, ואת תהליך העבודה על הפרויקט תוך הדגשת דרכי ההתמודדות של התלמיד עם הקשיים שהופיעו בשלבים השונים של ביצוע הפרויקט.

לנוחות מנחה פרויקט והלומדים מצ"ב קישור למסמך המרכז את דרישות התיעוד כמסמך תבנית שעליו ניתן לעבוד תוך כדי העבודה על הפרויקט. [לקישור לחץ כאן](#).

6.1.1 מבנה של חוברת הפרויקט

X2 – עמוד כריכה חיצוני (ראה שרטוט 6.1)

X3 – עמוד כריכה פנימי (ראה שרטוט 6.1)

<p>(שם ביה"ס + סמל)</p> <p>(שם העבודה)</p> <p>(עבודת/פרויקט) גמר במגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים בהתמחות מערכות אלקטרוניות בחלופה (שם החלופה) סמל שאלון (סמל שאלון)</p> <p>מאת: (שם התלמיד)</p> <p>מספר תעודת זהות: (ת"ז)</p> <p>בהנחיית: (שם המנחה)</p> <p>שנה"ל תש__</p>

שרטוט 6.1 – עמוד הכריכה החיצוני והפנימי

- 6.1.2 הצהרת התלמיד (חתומה ע"י התלמיד והמנחה).
- 6.1.3 דף להבעת תודה או לרישום הקדשה כרצון התלמיד (לא חובה).
- 6.1.4 תוכן עניינים – חלוקה לפרקים, סעיפים, טבלאות ושרטוטים.
- 6.1.5 הסבר המבנה של הפרויקט – הסבר פונקציונלי המסתמך על תרשימים מלבנים מפורט.
- 6.1.6 הסבר מפורט של המעגל החשמלי – הסבר מפורט של התהליכים העקריים המתרחשים במעגל תוך התייחסות לשילוב בין פעולת הבקר לשאר רכיבי החומרה. יש לצרף שרטוטים של צורות גלים המתקבלות בצמתים ראשיים של הפרויקט (חשוב לצלם את תוצאות המדידות!).
- 6.1.7 תיעוד מהלך העבודה כמפורט בכל אחד מסעיפים 5.3.1.1 עד 5.3.1.6 **עבור על אחד ממרכיב המעגל** בהתאם להתקדמות העבודה על הפרויקט. על התיעוד להכיל הסבר תפקיד ופעולת

רכיבים עבור כל אחד ממנגנוני הפרויקט. על התיעוד להכיל את קודי התוכנה שבעזרתם נבדקו אותם מנגנונים.

6.1.8 תכנה סופית – תכנית מפורטת: קובץ מקור של התכנה (קובץ LIST כאשר רלוונטי). כאשר התוכנה כתובה בשפה עלית, כדוגמת שפת C ועושה שימוש בפונקציות, יש לצרף טבלה שבה מופיעות העמודות הבאות (אין חובה או צורך לפתח תרשימי זרימה אלה רק במקרים שיש צורך או קושי להסביר אלגוריתם מורכב):
א. שם הפונקציה.

ב. מהו תפקידה של הפונקציה.

ג. מהו המבוא לפונקציה, מה הפונקציה "מקבלת".

ד. מהו המוצא מהפונקציה, מה הפונקציה "מחזירה".

6.1.9 רשימה ביבליוגרפית / רשימת מקורות: באופן כללי רצוי להסביר לתלמידים שהמבנה של המקורות צריך להיות על פי כללי APA. יש להבדיל בין רשימת מקורות שהיא ציון המקורות לציטוטים בטקסט לבין רשימה ביבליוגרפית המציינת ספרות שכוללת תכנים ששימשו להכנת עבודת הגמר אך אין ציטוט מהם בתוך הטקסט.

6.1.10 נספחים

א. נספח א' – רשימת רכיבים.

ב. נספח ב' – דפי נתונים – לרכיבים משמעותיים בלבד, לא כולל את המעבדים והבקרים למיניהם. לדוגמא, חיישנים, מנועים, רכיבים מוכללים ברי תכנות. יש לכלול את הנתונים החשמליים של הרכיבים במלואם ללא נתונים מכניים. למען הסר ספק, אין להסתפק בעמוד הראשון של דף הנתונים.

יש להגיש לעיון הבוחן **שבועיים לפני מועד הבחינה** את הקבצים הבאים:

א. מסמך תיעוד הפרויקט **כקובץ PDF אחד ויחיד** הכולל את כל הסעיפים המרכיבים את ספר תיעוד הפרויקט.

ב. קובץ דחוס בפורמט ZIP הכולל את כל קוד התוכנה או המימוש ב-VHDL **כולל קודי מקור של הפעולות או הפונקציות החיצוניות שנעשה בהם שימוש בפרויקט**.

ג. קובץ Text בשם readme.txt הכולל הסבר על האופן שיש לקחת את קודי המקור של הפרויקט ולהפעיל אותם, במסמך זה יש לציין מה סביבת הפיתוח שנעשה בה שימוש, כיצד מחברים את החומרה החיצונית לצורך הפעלת הקוד וכל ידע נוסף החשוב להפעלת הקוד.

במעמד הבחינה יש לאפשר לבוחן ולתלמיד גישה מלאה לעמדת מחשב הכוללת את חוברת הפרויקט כל קודי התוכנית זמינים לעיון ועותק מודפס אחד של חוברת הפרויקט.

7. הזמנת בוחנים ותאום מועד בחינות ההגנה

7.1 העלת הצעות פרויקט באתר [מוקד מקצוע](#) מהווה הזמנת בוחן, אין צורך בשליחת הזמנה נוספת.

7.2 כתב המינוי לבוחן יישלח לבית-הספר על-ידי אגף הבחינות.

6.3 על רכז המגמה לתאם עם הבוחן את מועד בחינת ההגנה. **אין לקיים את הבחינה לאחר המועד שיקבע מדי שנה על-ידי אגף הבחינות.**

6.4 על רכז המגמה לוודא שחוברת הפרויקט תגיע לבוחן שבועיים לפחות לפני מועד הבחינה כשהיא מלווה במכתב ממנחה הפרויקט המאשר את ההגשה לבחינה.

8. מרכיבי ציון בחינת ההגנה על פרויקט

בטבלה 8.1 להלן מפורטים המרכיבים של בחינת ההגנה על פרויקט.

מספר הנקודות עבור כל מרכיב	פירוט		מרכיב ראשי
	עבודות גמר (5 יח"ל)	פרויקט גמר (3 יח"ל)	
10	10		מידת מורכבות, תקינות פעולה, נראות אסתטית וגימור של פרויקט (30 נקודות ב- 5 יח"ל) (40 נקודות ב- 3 יח"ל)
20	5		
10	5		
--	10		
20	20		בקיאות בנושא הפרויקט (50 נקודות ב- 5 יח"ל) (30 נקודות ב- 3 יח"ל)
10	10		
--	10		
--	10		
5	5		איכות חוברת העבודה (מידת ההתאמה לדרישות המצויינות בקריטריונים לביצוע פרויקטים) (20 נקודות ב- 5 יח"ל) (30 נקודות ב- 3 יח"ל)
5	5		
10	5		
10	5		
100	100		
100	100		סה"כ:

טבלה 8.1 – מרכיבי ציון

שלומי אחנין
מפקח מרכז על
מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים
ומגמת מדעית הנדסית