

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"ז (יולי 2017)

1. כללי

- 1.1 לצורך פשטות הניסוח, המונח **פרויקט המופיע** במסמך זה מתייחס **לעבודת גמר ולפרויקט גמר** 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-יישומית.
- 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 חלק משמעותי מהתכנים שהתלמיד לומד במסגרת לימודי ההתמחות בהן בחר.
- 1.6 ביצוע פרויקט אינו פוטר את התלמיד מלימוד של כל התכנים המופיעים בתכנית הלימודים של מקצועות ההתמחות.
- 1.7 ביצוע פרויקטים בכיתה ייעשה ביחידים או בזוגות. כאשר יחידים מבצעים פרויקט ניתן לבצע שניים פרויקטים זהים - כשהכיתה מונה פחות מ-20 תלמידים - ושלושה פרויקטים זהים כאשר הכיתה מונה יותר מ-20 תלמידים.
- 1.8 **סימלי השאלונים שהנחיות תקפות לגביהם**

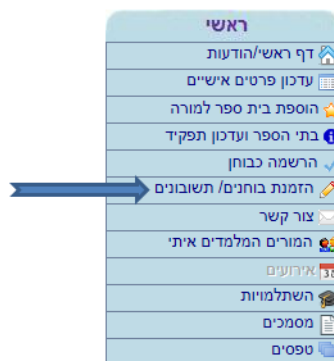
עבודת גמר בהיקף 5 יח"ל : 8XX589
 פרויקט גמר בהיקף 3 יח"ל : 8XX387

2. קריטריונים מזעריים 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 מוצר/התקן ממוחשב המבוסס על חומרה ותוכנה.
- 2.3 פרוט רכיבי החומרה החייבים להיכלל בעבודת גמר בהיקף של 5 י"ל:
 - 2.3.1 שימוש לפחות בהתקן מתוכנת אחד כגון: PC, μP , μC , ARDUINO וכדומה.
 - 2.3.2 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).
 - 2.3.3 במידה והפרויקט מבוסס על רכיבים מתכנתים (כגון FPGA) עליו לכלול לפחות שלושה ממרכיבי 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 פרוט מרכיבי התוכנה החייבים להיכלל בעבודת גמר בהיקף של 5 י"ל:
 - 2.4.1 כתיבת תכנית באחת משפות התכנות.
 - 2.4.2 במידה וקיים בתכנית שימוש בפונקציות על התלמיד לדעת את תפקידן ואת אופן השימוש בפרמטרים שלהן. 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 סוג של תקשורת טורית וכלליה.
- 2.5 פרוט רכיבי החומרה החייבים להיכלל בעבודת גמר בהיקף של 3 י"ל:
 - 2.5.1 שימוש לפחות בהתקן מתוכנת אחד מתוך הרכיבים כגון: PC, μP , μC , ARDUINO וכדומה.
 - 2.5.2 שימוש לפחות בשלושה 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).
- 2.6 פרוט מרכיבי התוכנה החייבים להיכלל בעבודת גמר בהיקף של 3 י"ל:
 - 2.6.1 כתיבת תכנית באחת משפות התכנות העיליות.
 - 2.6.2 במידה וקיים שימוש בפונקציות בתכנית על התלמיד לדעת לתאר את תפקידן.
- 2.7 כתיבת חוברת פרויקט הערוכה בהתאם להנחיות המפורטות בסעיף 5.

3. הגשת הצעת פרויקט

- 3.1 החל משנה"ל תשע"ז הגשת הצעות לביצוע פרויקט תיעשה באמצעות ה אתר [מוקד מקצוע](#) בלבד.



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

- א. מספר ת.ז. של התלמיד ;
- 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).

3.3 את הצעות לפרויקט יש להגיש עד ל-6 בנובמבר של שנה"ל.

הערה: החל משנה"ל תשע"ח אין צורך בקבלת אישור על הצעת פרויקט. אחראיות על מורכבות הפרויקט מוטלת על מרכז מגמה. רמת הפרויקט מהווה חלק מציון בחינה ותוערך ע"י בוחן.

4. 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 ועמידה בלוח זמנים. להלן תאור שלבי בניית פרויקט שהקפדה על ביצועם חשוב להפקת המרב מתהליך לימודי זה.

4.1 תכנון וכתובת הצעת פרויקט

- 4.1.1 התלמיד בשיתוף המנחה יבחרו את נושא הפרויקט.
- 4.1.2 התלמיד יחקור את נושא הפרויקט ויבחן את הדרכים האפשריות למימוש.
- 4.1.3 התלמיד יתאר במילים את תפקיד הפרויקט, מבנהו ואופן פעולתו.
- 4.1.4 התלמיד ישרטט את תרשים המלבנים של מערכת הפרויקט.
- 4.1.5 התלמיד ישרטט, באמצעות כלי תוכנה יעודיים, את המעגל החשמלי המממש את תרשים המלבנים של מערכת הפרויקט.

4.2 בניית הפרויקט

- 4.2.1 בניית המעגל החשמלי תתבצע בשלבים.
- 4.2.2 לאחר תכנון של כל שלב במעגל החשמלי ישתמש התלמיד בתכנת הדמיה לשם ביצוע מדידות במעגל בהדמיה ולתיקון שגיאות התכנון.
- 4.2.3 לאחר בניית כל שלב במעגל יבצע בו התלמיד מדידות חשמליות לאישור תקינותו, ולאיתור ותיקון תקלות
- 4.2.4 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.
- 4.2.5 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 המרכזיים בבניית פרויקט.**

4.3 תיעוד

- 4.3.1 חלק חשוב בתהליך העבודה על פרויקט הוא תיעוד השלבים השונים של ביצועו. על התלמיד לנהל יומן פעילות בו ירשום, עבור כל פגישת עבודה (עם המנחה או בלעדיו), את מועדה, מטרתה והפעילות שנעשתה במהלכה.
- 4.3.2 על התלמיד לתעד את הדמייות המעגלים שביצע ואת תוצאות המדידות שהתקבלו באמצעותן.
- 4.3.3 על התלמיד לצלם את המעגל לאחר כל אחד משלבי הבניה ולתעד בכתב ובצילום את המדידות שביצע.
- 4.3.4 התלמיד יפרט בכתב את הבדלים, אם קיימים כאלה, בין תוצאות המדידות בפועל לתוצאות בהדמיה ויסביר את מקורם.
- 4.3.5 במידה ובמהלך הבניה נעשים שינויים בסטיה מהתכנון המקורי על התלמיד לפרט כל שינוי כזה ולהסביר את סיבותיו.
- 4.3.6 על התלמיד לתעד את התקלות שהופיעו במעגל, כיצד אותרו ותוקנו.
- 4.3.7 מומלץ שבסיום בנית הפרויקט יתעד התלמיד, בתמונות ובסרטון, את הפרויקט בפעולתה. תיעוד זה נדרש במקרה של תקלה בפרויקט בעת בחינת ההגנה. במקרה כזה ניתן יהיה להיעזר בתיעוד זה להצגת פעולה תקינה של הפרויקט.
- 4.3.8 התיעוד הכתוב והמצולם יהווה חלק בלתי נפרד מחוברת הפרויקט (ראה פרק 5 להלן) וישמש את בוחן הפרויקט לצורך הערכת העבודה.

4.4 סיכום והפקת לקחים

בסיום העבודה יתקיים דיון, לשם הפקת לקחים, שבו יקחו חלק הבוחן והתלמיד. בדיון יסקרו השלבים השונים תהליך 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".

5. חוברת הפרויקט

חוברת הפרויקט משמשת כמסמך הטכני המייצג את המבנה, אופן פעולתו ותהליך בנייתו של הפרוייקט. החוברת מציגה את מבנה ופעולת הפרוייקט **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 הפרוייקט תוך הדגשת דרכי ההתמודדות של התלמיד עם הקשיים שהופיעו בשלבים השונים של ביצוע הפרוייקט.

5.1.1 מבנה של חוברת הפרוייקט

- X1 – מעטפת כריכה חיצונית שקופה
- X2 – עמוד כריכה חיצוני (ראה שרטוט 5.1)
- X3 – עמוד כריכה פנימי (ראה שרטוט 5.1)

(שם ביה"ס)

(שם העבודה)

**(עבודת/פרויקט) גמר במגמת
הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים
במקצוע (שם המקצוע) סמל שאלון (סמל שאלון)**

**מאת:
(שם התלמיד)**

**בהנחיית:
(שם המנחה)**

שנה"ל תשע__

שרטוט 5.1 – עמוד הכריכה החיצוני והפנימי

- 5.1.2 הצהרת התלמיד (חתומה ע"י התלמיד והמנחה).
- 5.1.3 דף להבעת תודה או לרישום הקדשה כרצון התלמיד (לא חובה).
- 5.1.4 תוכן עניינים – חלוקה לפרקים, סעיפים, טבלאות ושרטוטים כמופיע בנספח 2.
- 5.1.5 הסבר המבנה של הפרויקט – הסבר פונקציונלי המסתמך על תרשים מלבנים מפורט.
- 5.1.6 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 (מותר ורצוי לצלם את תוצאות המדידות!).
- 5.1.7 הסבר תפקיד ופעולת רכיבים – ההתייחסות היא לרכיבים ראשיים בלבד.
- 5.1.8 תכנה – 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:
- א. שם הפונקציה
 - ב. מהו תפקידה של הפונקציה.
 - ג. מהו המבוא לפונקציה, מה הפונקציה "מקבלת".
 - ד. מהו המוצא מהפונקציה, מה הפונקציה "מחזירה".
- 5.1.9 תאור תהליך העבודה על הפרויקט – תאור תהליך ההתקדמות בבניית הפרויקט, תקלות מיוחדות, הבנות, הארות ורפלקציות, סיכום, לקחים וכדומה. פרק זה חשוב לקביעת הציון של החוברת.
- 5.1.10 נספחים
- א. נספח א' – רשימת רכיבים.
 - ב. נספח ב' – דפי נתונים – לרכיבים משמעותיים בלבד, לא כולל את המעבדים והבקרים למיינייהם. 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.
- X4 – עמוד כריכה ריק (רצוי מקרטון).
- X5 – כיסוי כריכה חיצוני שקוף.

6. הזמנת בוחנים ותאום מועד בחינות ההגנה

- 6.1 הזמנת הבוחנים תתבצע אף היא באמצעות אתר [מוקד מקצוע](#) בשורה "הזמנת בוחנים" על-ידי הוספת מספרי ת.ז. להצעות שאושרו ושליחתן שוב לבוחן.
- 6.2 כתב המינוי לבוחן ישלח לבית-הספר על-ידי אגף הבחינות.
- 6.3 על מרכז המגמה לתאם עם הבוחן את מועד בחינת ההגנה. **אין לקיים את הבחינה לאחר המועד שיקבע מדי שנה על-ידי אגף הבחינות.**
- 6.4 על מרכז המגמה לוודא שחוברת הפרויקט תגיע לבוחן שבועיים לפחות לפני מועד הבחינה כשהיא מלוות במכתב ממנחה הפרויקט המאשר את ההגשה לבחינה.

7. מעמד בחינת ההגנה

- 7.1 לקראת הבחינה על מרכז המגמה להכין את:
- 7.1.1 טופס 9588 שפרטי הנבחנים רשומים בו ומנהל ביה"ס חתום עליו.
- 7.1.2 קובץ דפי הנתונים של הרכיבים הכלולים בפרויקטים של הנבחנים.
- 7.2 על המנחים חלה חובה להיות נוכחים במעמד הבחינה.
- 7.3 על פי דרישות הבוחן הנבחן יציג את עבודתו, יסביר את פעולת הפרויקט שבנה, ידגים את פעולתו, יתאר את אופן פעולת המעגל החשמלי והתוכנה שבפרויקט, ויבצע מדידות במעגל. הנבחן יתאר את מהלך העבודה על הפרויקט, יתאר שינויים שביצע בסטיה מהתכנון המקורי (אם היו כאלה) ואת הסיבות שגרמו לשינויים אלה. כמו כן הנבחן יתאר תקלות שהתרחשו בפרויקט במהלך עבודתו וכיצד איתר ותיקן אותן.
- 7.4 במקרה שבמהלך הבחינה תתרחש תקלה בפרויקט שפעולתו תועדה באופן ברור בתמונות ו/או בסרטון, כמומלץ בסעיף 4.4.7 ניתן יהיה לעשות שימוש בתעוד זה להצגת פעולת פרויקט תקינה.
- 7.5 בסיום הבחינה יעביר בית-הספר לתחנת הקליטה את טופס 9588 כשהפרטים הדרושים רשומים בו והוא חתום על-ידי הבוחן ומנהל ביה"ס.

8. מרכיבי ציון בחינת ההגנה על פרויקט

בטבלה 8.1 להלן מפורטים המרכיבים של בחינת ההגנה על פרויקט.

מספר הנקודות עבור כל מרכיב		מרכיבים
פרויקט גמר (3 יח"ל)	עבודות גמר (5 יח"ל)	
40	40	1. מידת מורכבות, תקינות פעולה ויכולת ביצוע מדידות
40	40	2. בקיאות בנושא הפרויקט
20	20	3. איכות חוברת העבודה
100	100	סה"כ

טבלה 8.1 – מרכיבי ציון

שלומי אחנין
מפקח מרכז על
מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים
ומגמת מערכות בקרה ואנרגיה

נספחים

נספח 1

ת.ז. של התלמיד:

שם מלא:

נושא:

תאור קצר של הפרוייקט:

↑

↓

הערות המורה (יש לציין נבחן משנה, בחינה חוזרת, בעיות או המלצות מיוחדות):

↑

↓

הוסף