

תחילת מושבי המעבדה - מסמך הנחיות

נא לעבוד ע"פ ההוראות המוצגות כאן בלבד – זהו הנוסח העדכני והקובע.
כל ההוראות הרלוונטיות לצורך התכוננות למעבדה מוסברות כאן באופן סגור.

על כל סטודנט לקרוא את קובץ הוראות הבטיחות ב-MOODLE, ולחתום באופן דיגיטלי במודל על כך שקרא, הבין, ויפעל בהתאם להוראות הבטיחות בכל זמן היותו במעבדה. רק מי שיחתום על הוראות הבטיחות לפני הגעתו למעבדה יורשה להיכנס ולבצע את המעבדה. נא לקחת בחשבון, ולהיערך בהתאם.

!!! לא יהיו יוצאי דופן, ולא יינתנו הנחות בנושא החתימה על הוראות הבטיחות !!!

גם השנה אנחנו נשתדל להתחשב בציבור הסטודנטים משרתי מילואים פעילים במבצע חרבות ברזל, ולא להשאיר שנקלעו לקשיים כתוצאה ממנה ולא יכולים לגשת למעבדה, יינתנו אישורים חריגים על ידי המרצה על בסיס פרטני לביצוע חלקי או ביטול חובות בתוכנית. נא לשים לב כי יש לקבל אישור כתוב (מייל) מהמרצה עבור כל אחד שמבקש לקבל הקלות.

1. מבוא

המעבדה הינה חלק אינטגרלי של הקורס " Switch-Mode Power Supplies " וכוללת שלושה ניסויים. כל ניסוי עוסק במבנה אחר של ממיר DC-DC, ונערך בפגישה נפרדת.

שלוש טופולוגיות בסיסיות הנלמדות במהלך המעבדה הן: Buck, Boost, Flyback. המעבדה מאפשרת להרכיב כל אחד מהממירים (בעזרת מדגם), להפעילו, לבחון צורות גלים, לבצע מדידות, לייצב ממיר בעזרת חוג משוב, לבחון פעולה והשפעה של snubber ולהפעיל ממיר במצב DCM.

העבודה במעבדה זו מתבססת על היכרות מעמיקה עם החומר התיאורטי של הקורס ועל ידע מעשי מקדים בעבודה נכונה עם מכשירי מדידה בסיסיים. על מנת להצליח לעמוד בזמני הניסוי יש להתכונן מראש ולהכיר את אופן הפעלת המכשור כחלק מעבודת ההכנה לניסוי. כדרישה, יש צורך להכיר את הסקופ, עבודה עם ספקי כוח וציוד המדידה ברמה גבוהה. העניין כולל את הנקודות הבאות:

Trigger usage	Scope math functions	Scope cursors & scaling	Exporting pictures
AC/DC coupling meaning	DMM's		

זמן הניסוי הינו מוגבל, ועיכובים על הנושאים הנ"ל יגרעו מהיכולת לסיים את המטלות באופן מיטבי, לכן חשוב לרענן את הזיכרון במידה ואינכם מרגישים בטוחים.

המסמכים הרלוונטיים למעבדה נמצאים באתר הקורס, תחת הלינק Laboratory.

- **חובה** להביא Disk-On-Key או כל מדיה אחרת (USB) לצורך שמירת התמונות.
- חובה למלא מראש את החלקים במדריך הניסוי שבהם נדרשת תוצאה תיאורטית מחושבת.
- מומלץ להגיע עם טבלאות אקסל שהכנתם מראש אשר בנויות לפי הטבלאות שיש למלא במסמך הניסוי (כולל גרפים) למילוי אפקטיבי של תוצאות הניסוי. מאוד יקל עליכם מבחינת לויז המעבדה - לא חובה.

המעבדה בה מתבצע הניסוי אינה מעבדת הוראה. לפיכך, יש לאפשר סביבת עבודה תקינה, לגלות אחריות על שמירת הציוד, ולהשאיר עמדה נקייה ומסודרת כפי שהתקבלה בתחילת הניסוי. כמו כן, חל איסור גישה לשולחנות העבודה שאינם מוגדרים כחלק ממתחם העבודה.

אזהרה חשובה!

ממיר ממותג הינו מכשיר שמעביר אנרגיה, לכן טעות בחיבור או באופן ההפעלה יכולה להביא לשריפת רכיב או חלק של המעגל! נא להקפיד על ההוראות שבחוברת ההדרכה ולבצע את הניסוי ביתר זהירות! חובה למלא אחר כל הוראות הבטיחות בכניסה למעבדה ולהישמע כל העת למדריך. בפרט, יש להגיע בנעליים סגורות.

2. בוחן כניסה

בכל מעבדה יהיה בוחן כניסה שבנוי מ-2 שאלות קצרות. פרק הזמן המוקדש הינו 20 דק'.
בוחן הכניסה למעבדה הוא רחב היקף ונועד לבחון את היכרותך עם כל הנושאים הקשורים בניסוי.
הבוחן יכלול שאלות מהתחומים הבאים:

- חומר תיאורטי רלוונטי מהקורס (כולל נוסחאות)
- נושאים משאלות ההכנה (כולל מעבודת הסימולציה)
- שאלות הקשורות לעבודה עם ציוד המעבדה
- תחום הבקרה

השאלות בנויות כך שאחת משתי השאלות תהיה מתחום הבקרה ושאלה נוספת משאר החומר. יש חובה להכיר את מבנה הבקר (הקונטרולר), חישוב תדרי הברך, גרפים ($\beta/1$, A_{cl} , A_{ol}) וחוגי משוב אפשריים.

3. שאלות הכנה

נא לפנות לחוברת ההדרכה, עמ' 3.
מוגש באופן חד פעמי בתחילת הניסוי הראשון – נא להגיש במייל, או בצורה מודפסת ביום הניסוי הראשון **כתנאי חובה** להתחלת הניסוי. זוג שיגיע למושב ללא שאלות ההכנה לא ייגש לניסוי.

4. עבודת סימולציות ופיתוחים תיאורטיים

הסימולציות הנדרשות בפרק זה חייבות להיות מוכנות לפני המעבדה הספציפית ומוגשות למדריך המעבדה בתחילת כל ניסוי. כלומר, אם נניח השבוע מתוכננת מעבדת Boost, אז הפיתוחים הרלוונטיים והסימולציות חייבות להיות מוכנות לפני תחילת המושב! זוג שלא יציג סימולציות לא יבצע את המעבדה.

נא לשים לב, אותם נגדים וקבלים שתבחרו עבור הסימולציה במחשב ישמשו אתכם גם פיזית במעבדה, לכן חשוב לוודא שבחרתם ערכים הגיוניים לסגירת החוג במחשב, ערכים אשר קיימים גם במציאות.

מודל ממוצע וסימולציית חוג פתוח

א. פתח בצורה תיאורטית את התגובה בתדר של דרגת ההספק:

$$\frac{V_{out}}{d}$$

ב. השתמש בנתונים שבטבלה על מנת לבנות מודל ממוצע. עבור כל טופולוגיה בצע אנליזת AC על מנת למצוא את תגובת הממיר לחוג פתוח:

	BUCK	BOOST	FLYBACK
V_{in} [V]	10-20	10-20	10-20
V_{out} [V]	5	24	5
F_{sw} [kHz]	50	50	50
L [μ H]	75 (L_2)	300(L_1)	300(L_1) ; 75 (L_2)
C_{out} [μ F]	100	100	100
ESR [Ω]	0.3	0.3	0.3
R_{load} [Ω]	4.9	300	4.9
V_d [V]	0.5	0.5	0.5

ג. באמצעות דפי המפרט של הבקר UC3843 בנה את המודל התיאורטי של מגבר השגיאה, הצג בסימולציה את A_{ol} הגבר החוג הפתוח.

סימולציות חוג סגור

א. יש לבחור מתוך הסדרה הסטרנדרטית E24, ערכי הנגדים והקבלים C_s, R_c, R_d, R_b על מנת לסגור חוג בשיטת **קוטב דומיננטי**. יש להציג את הגראפים הבאים עבור כל אחד ממתחי הכניסה: 10v, 15v, v.

$$\beta/1, (\text{Loop-Gain}) A_{cl}, A_{ol}$$

ב. יש לבחור מתוך הסדרה הסטרנדרטית E24, ערכי הנגדים והקבלים C_b, C_s, R_c, R_s, R_b על מנת לסגור חוג בשיטת **קוטב כפול**. יש להציג את הגרפים הבאים עבור כל אחד ממתחי הכניסה: $v, 15v, 20v10$

$$\beta/1, (\text{Loop-Gain}) A_{cl}, A_{ol}$$

אנליזת Transient (בחוג פתוח וחוג סגור)

נגדיר כעת בתכנה אנליזת Transient. יש להפריד בין שני **צורות עבודה**: חוג סגור וחוג פתוח. עבור כל **צורת עבודה** יש לבחון ולהציג את תגובת הממיר במקרים הבאים:

- למדרגה במתח V_{Ref} (עבור מתחי הכניסה הבאים: $v, 15v, 20v10$)
- למדרגה במתח הכניסה כאשר העומס קבוע (לדוגמה מ- $v12.5$ עד $v15$)
- למדרגה בעומס עבור מתח כניסה קבוע של $v15$ (כלומר, יש לתת שינוי מהיר לנגד המוצא)

ממיר Boost בלבד

תכנן רשת פיזי לחוג משוב עם בקרת זרם עבור ממיר Boost (Peak Current Mode Control). ערך נגד הדגימה $\Omega 1$ (ראה סכמה חשמלית בנספח).

4. דו"ח מסכם

ערוך דו"ח מסכם מאוחד עבור שלושת הניסויים:

- רכז את תוצאות כל הסעיפים לכדי קובץ אחד מסודר ומאורגן.
- הוסף פסקת מסקנות מסודרת בסוף כל ניסוי וחווה את דעתך בנוגע לנקודות שנראות לך שונות (או דומות) דרך השוואה בין תוצאות הסימולציות/תוצאות מחושבות/עבודה מעשית במעבדה – פירוט איכותי יוערך.
- עבור סעיפים שלא הספקת לבצע, יש להסביר את התוצאות שהיו צפויות להתקבל.
- יש למלא את הטבלה (מילולית ומספרית, במקומות המתאימים) ולהוסיפה לסוף הדו"ח:

FLYBACK	BOOST	BUCK	תכונה
			יחס המרה
			הגבר DC [dB] (לפי סימולציה)
			יציבות (בחוג פתוח)
			קוטב דומיננטי
			קוטב כפול
			עמידות לשינויי מתח מבוא
			עמידות לשינויי עומס
			עבודה בזרם לא רציף
			השפעת SNUBBER (דיודה)
			השפעת CLAMP (טרנזיסטור)
			מאמצים על הטרנזיסטור
			תלות ב-ESR
			זרם מבוא
			זרם מוצא

בנוסף למצוין לעיל, לסוף הדו"ח יש לצרף גם את שאלות ההכנה וגם את מסמכי הסימולציות שהגשמתם לפני כל ניסוי. את הדו"ח המסכם יש להגיש בקובץ PDF אחד. התאריך האחרון להגשה הוא תאריך המבחן.

← את הדוחות, בתצורת PDF, יש לשלוח למייל: evzelman@post.bgu.ac.il

5. ציוד לניסוי

בנוסף לציוד האישי שנמצא בערכה (מדגם SMPS) ובמעבדה, לכל עמדה מצורף הציוד הבא:

- מחשב
- ספק כוח שני ערוצים
- $2 \times$ מד מתח \ זרם DMM
- אוסצילוסקופ

6. אחוזי הרכב הציוד

מבחן 75%, מעבדה 25%. בתוך המעבדה: בוחן כניסה 20%, שאלות הכנה 10%, דוח מסכם 30% ועבודה במעבדה (+הגשת סימולציות) 40%.