

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
הפקולטה להנדסת חשמל



מעבדה 1

ניסוי M.S.S. Mixed Signal System

תדריך ודו"ח מעבדה

גרסה 1.36

חורף 2017

ערכה:

ליאת שורץ

על פי חוברת של אלכסנדר קינקו ורוני לביא
שנכתבה בהנחיית אלי שושן

29.11.17	תאריך ביצוע הניסוי / הגשת דו"ח מסכם
דימה	שם המדריך הקבוע / שם המדריך בפועל

סטודנט	שם פרטי	שם משפחה
1	אריאל	ליבשיץ
2	עידו	גלבוע

תוכן עניינים – ניסוי MSS

1	מטרות הניסוי.....	2
2	מעגל הופך מופע, מיישר חצי גל וגל שלם,.....	3
3	2.1 הכנה להורדת התכן לכרטיס.....	3
4	2.2 בניית מערכת והורדת התכן לכרטיס.....	4
10	2.3 אנומליה במקרה קיצון.....	10
12	3 בניית מסנן החלקה אנלוגי (<i>Analog smoothing LPF</i>).....	12
16	4 מיני פרויקט מודרך – הקלטה דיגיטלית – סינוס טהור.....	16
17	4.1 בניית מערכת והורדת התכן לכרטיס.....	17
20	5 הקלטת אות דיבור.....	20
24	6 מחולל אותות.....	24
24	6.1 מחולל גל סינוס.....	24
26	6.2 יצירת פונקציה באמצעות טבלה.....	26
27	7 פרויקט.....	27

רשום את השעה בה התחלת את המעבדה:

1 מטרות הניסוי

- הכרת מערכות המכילות אותות אנלוגיים ואותות דיגיטליים.
- הכרת תכן מערכות *M.S.S.*
- התנסות בתכנון מערכות *M.S.S.*
- התנסות בתכן עיבוד דיגיטלי של אותות אנלוגיים.

נבצע מספר תרגילים על מנת להכיר את פלטפורמת ה-*M.S.S.* התרגילים ידגימו מספר יישומים אנלוגיים, שניתן ליישם באופן דיגיטלי.

1. מעגל הופך מופע, מיישר חצי גל וגל שלם, שאותו תכננת בשאלות ההכנה
2. מכשיר הקלטה של אות שמע (אנלוגי)
3. יצירת אות דיגיטלי סינטטי והשמעתו (כאות אנלוגי)

2 מעגל הופך מופע, מיישר חצי גל וגל שלם

נממש בצורה ספרתית מעגל שיכול לבצע כל אחת מהפעולות של המעגלים שתוכננו בעבודת ההכנה ע"י בחירת אופן ההפעלה המתאים.

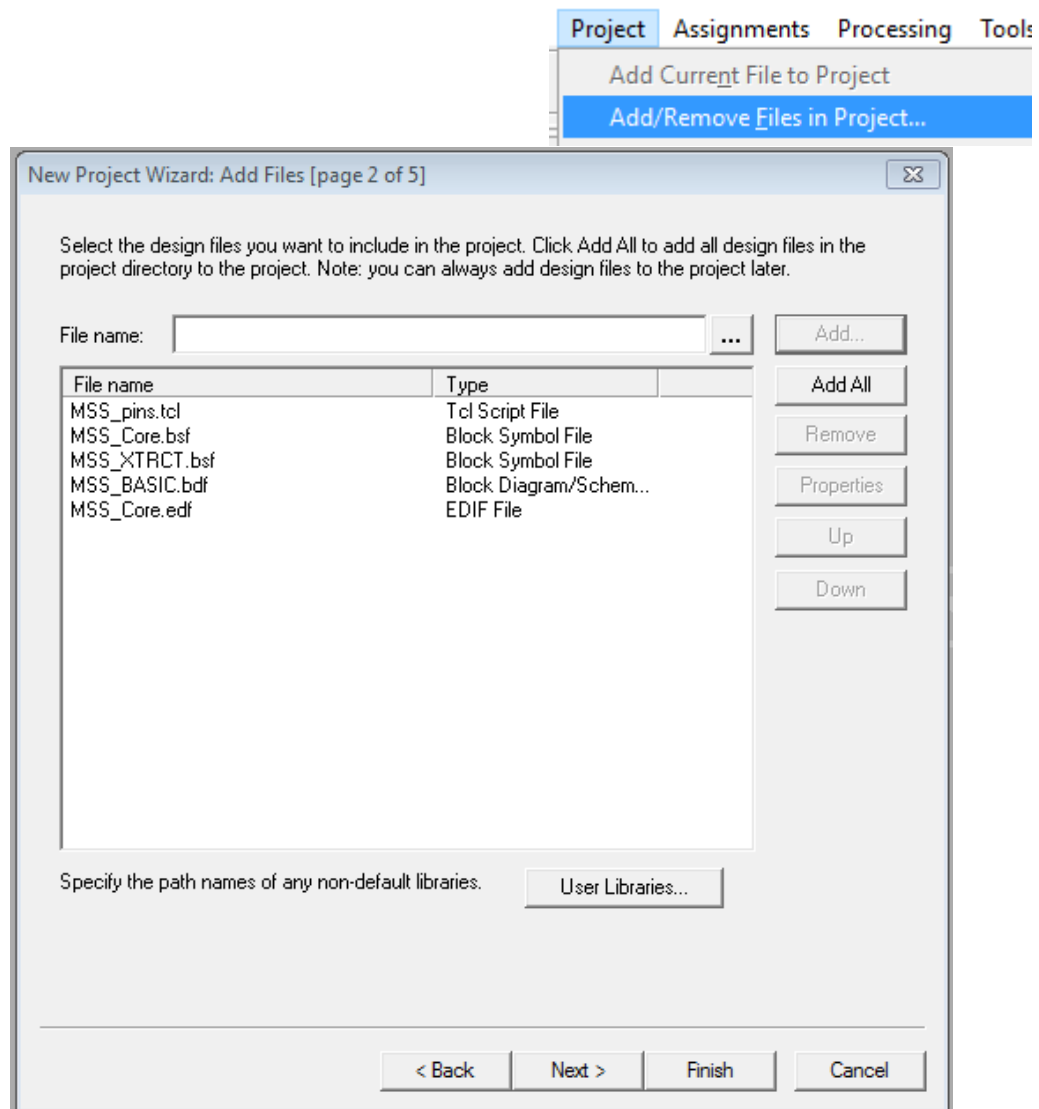
2.1 הכנה להורדת התכן לכרטיס

צור ספרייה חדשה בשם `z:\MSS`.

העתק לתוך ספרייה זו מה- Moodle את כל הקבצים הנתונים בקובץ `MSS_FILES.ZIP` :

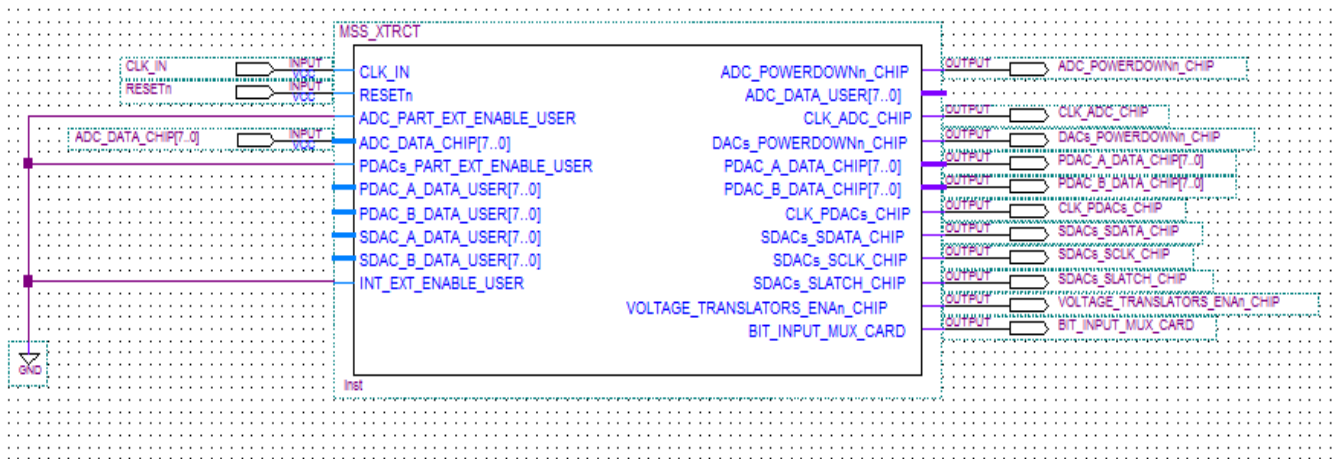
הפעל את תוכנת ה- *Quartus II*. פתח פרויקט חדש, בספרייה `z:\MSS`, דרך אשף הפרויקטים וקרא לו `MSS`.

הוסף לפי צורך את קבצים לפרויקט: המסך צריך להראות בערך כך :



אל תשכחו לבחור את הרכיב בו אנו משתמשים. לאחר מכן, ניתן ללחוץ על "Finish".

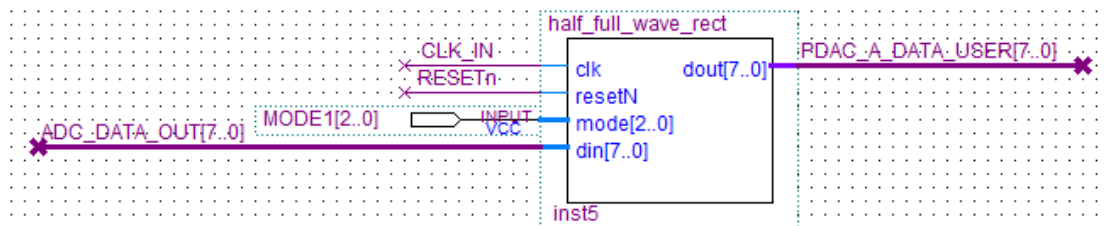
פתח את הקובץ *MSS_BASIC.bdf*. השרטוט צריך להיראות כך :



2.2 בניית מערכת והורדת התכן לכרטיס

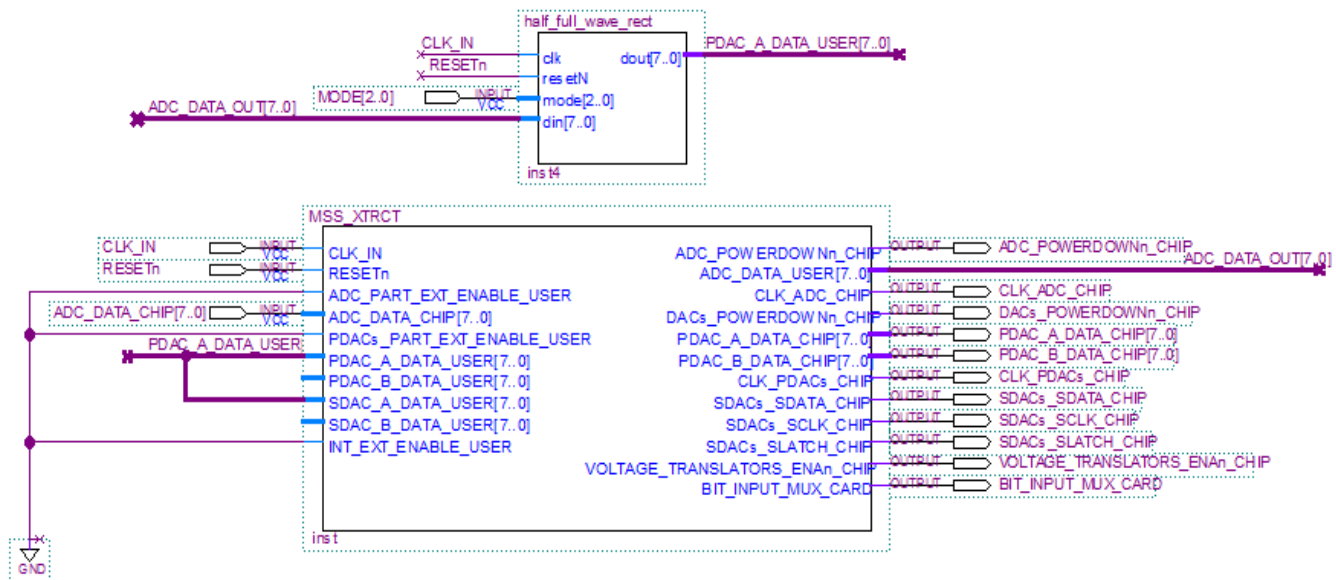
הוסף את קובץ ה-VHDL שהכנת בשאלות ההכנה (*half_full_wave_rect.vhd*) לפרויקט וצור ממנו סימבול. הוסף את הסימבול לתכן ושמור את התכן בשם חדש *MSS_FULL_WAVE.bdf*. קבע אותו כהיררכיה עליונה. חווט את הסימבול *half_full_wave_rect* כמתואר להלן :

- חבר את יציאת ה-ADC במודול *MSS_XTRCT* לכניסת המודול *half_full_wave_rect.vhd*.
- חבר את יציאת המודול *half_full_wave_rect.vhd* לכניסות של *PDAC_A* (המקבילית) ו-*SDAC_A* (הטורית) כדי שאפשר יהיה לראות את אות היציאה.



זכור, ניתן להשתמש בקווים בעלי שמות זהים ולא חייבים למתוח קווים פיזית !!!

התכן הכולל צריך להיראות כך :



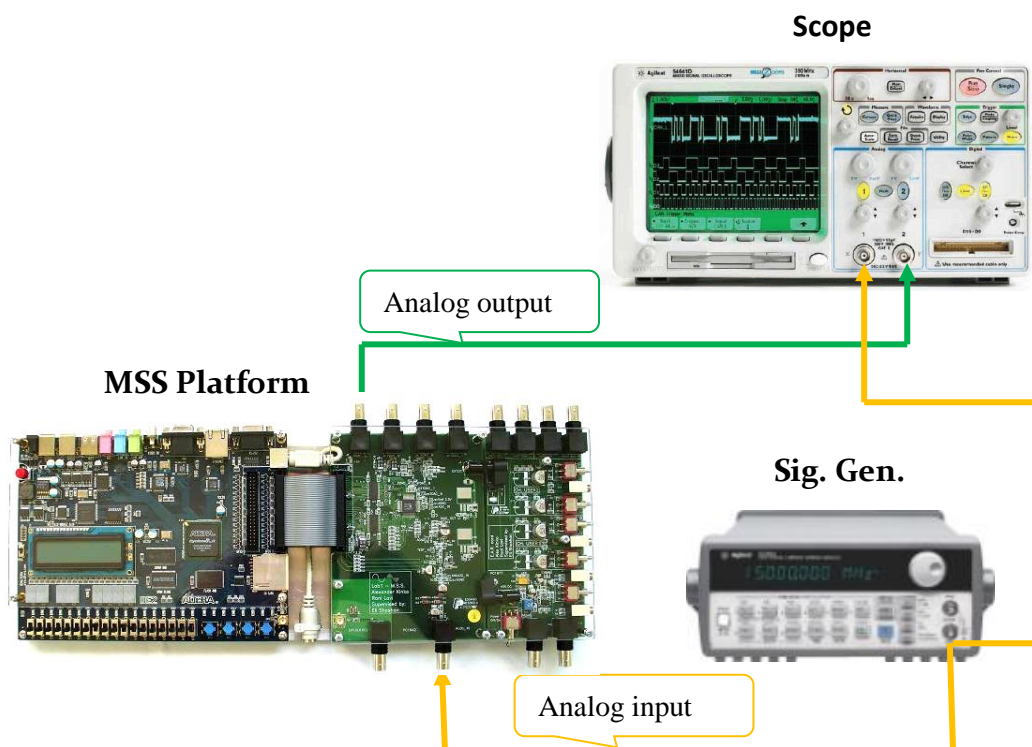
קובץ הפינים הנתון, *MSS_pins.tcl*, מכיל את כל החיבורים של *MSS_XTRCT*, כולל שעון ו-*RESETn*. פתח אותו והוסף לו את חיבורי כל הקווים של כניסת ה-*mode* למתגים SW17-15 בכרטיס DE2

הערה: אות ה-*RESETn* הגלובלי ממופה ע"י קובץ ה-*tcl* ללחצן *KEY0* הנמצא על כרטיס ה-DE2 והשעון *CLK_IN* ממופה לשעון הכרטיס (50 MHz).

הרץ את קובץ ה-*tcl*. בצע קומפילציה לתכן והורד לפלטפורמה.

כוון את מחולל האותות כך שיפיק אות סינוסי בתדר של $100[Hz]$ ובאמפליטודה של $2V_{pp}$

ורק אז חבר אותו לכניסת הפלטפורמה ולערוץ הראשון בסקופ. חבר את היציאה האנלוגית המתאימה של כרטיס הדגימה והשחזור לערוץ השני בסקופ, כך:



- עמוד 5 - MSS , תדריך מעבדה ,

איור 1: אופן ההתחברות לפלטפורמת ה- MSS

בדוק את כל אופני הפעולה של הרכיב *half_full_wave_rect*.

האם הרכיב פועל נכון בכל המצבים? אם לא, מדוע (אל תנסה לתקן את הקוד)

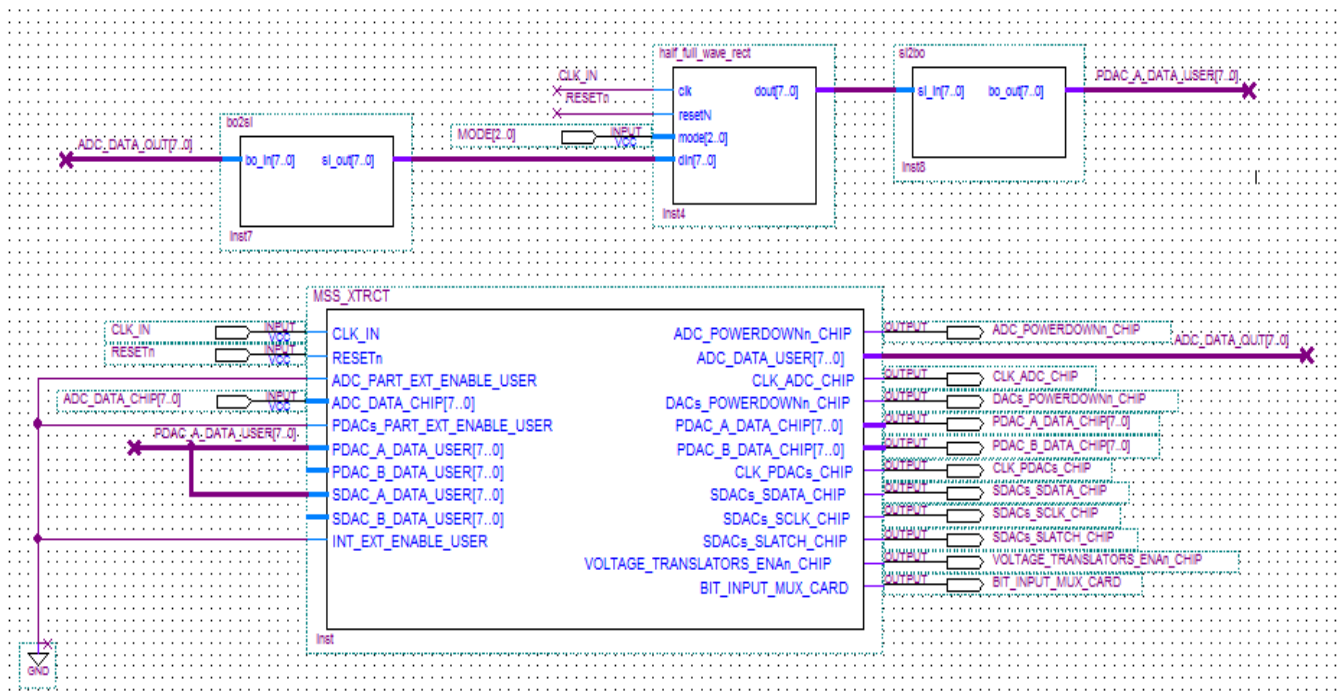
תשובה: לא, מכיוון שהתרגום לא נכון. רכיב ה-*half_full_wave_rect* הוא בשפת 2^s

complement והכרטיס MSS ב-*binary offset*.

כדי לתקן הוסף לתכן את שני המודולים שהכנת בעבודת ההכנה, להמרה בין שני הייצוגים, ה-

Offset Binary וה- (Signed Interpretation) Two's Complement.

התכן המתוקן צריך להיראות כך:



קמפל את התכן המתוקן והורד לפלטפורמה. בדוק שוב את כל אופני הפעולה של הרכיב

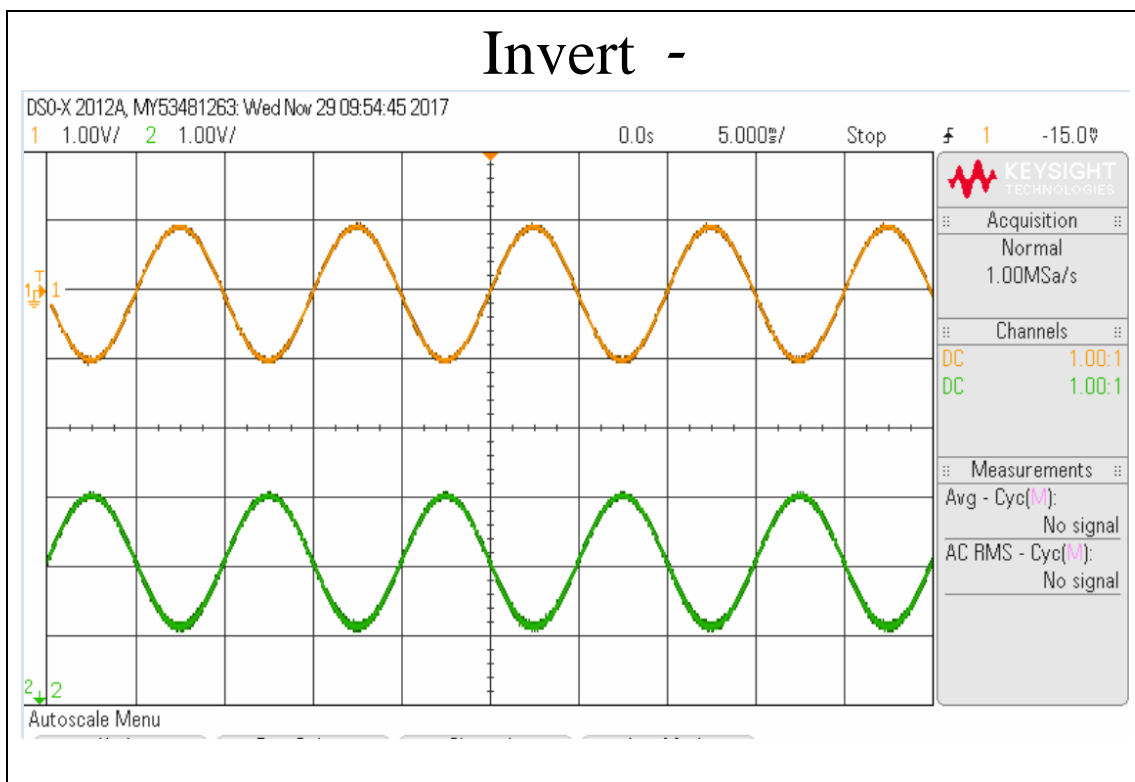
half_full_wave_rect.

האם הרכיב פועל נכון בכל המצבים? אם כן, איך התיקון השפיע?

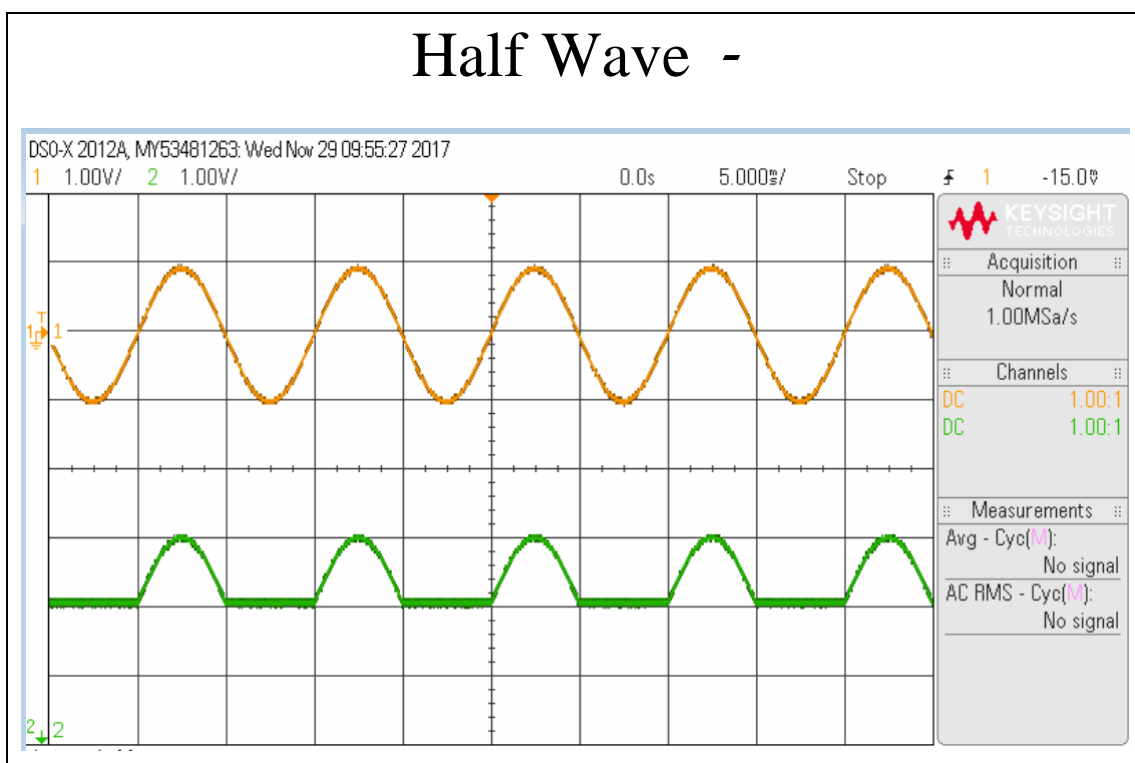
תשובה: כן, התיקון עבד

צרף תמונה של הסקופ לדו"ח המסכם עבור אופני הפעולה:

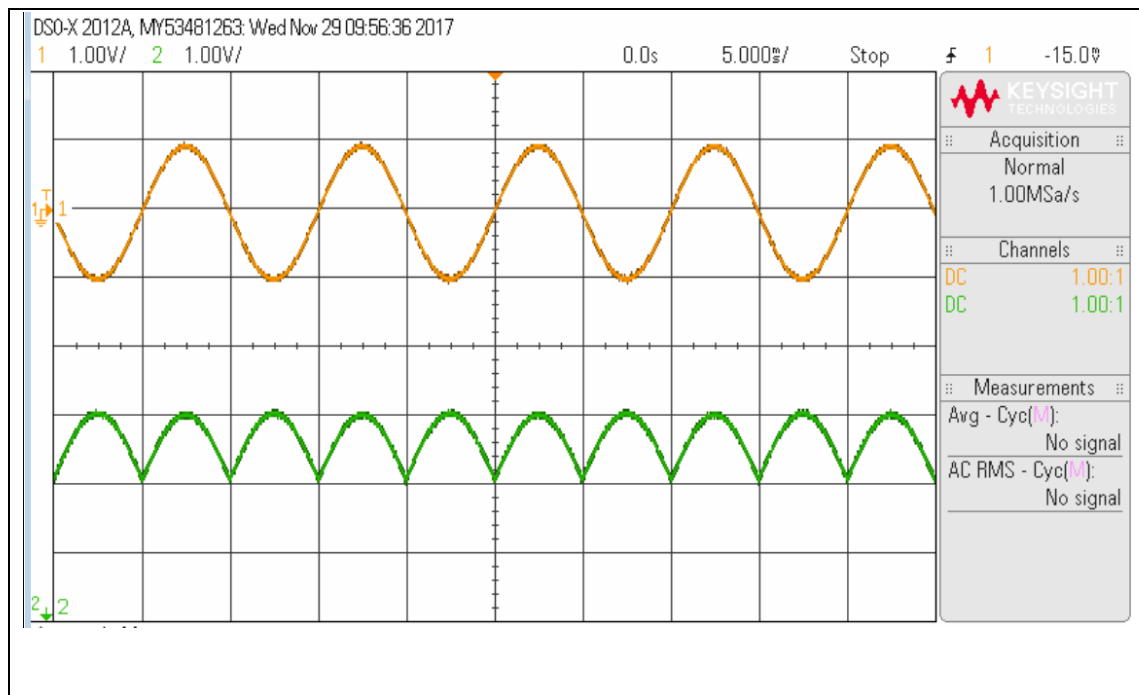
Invert -



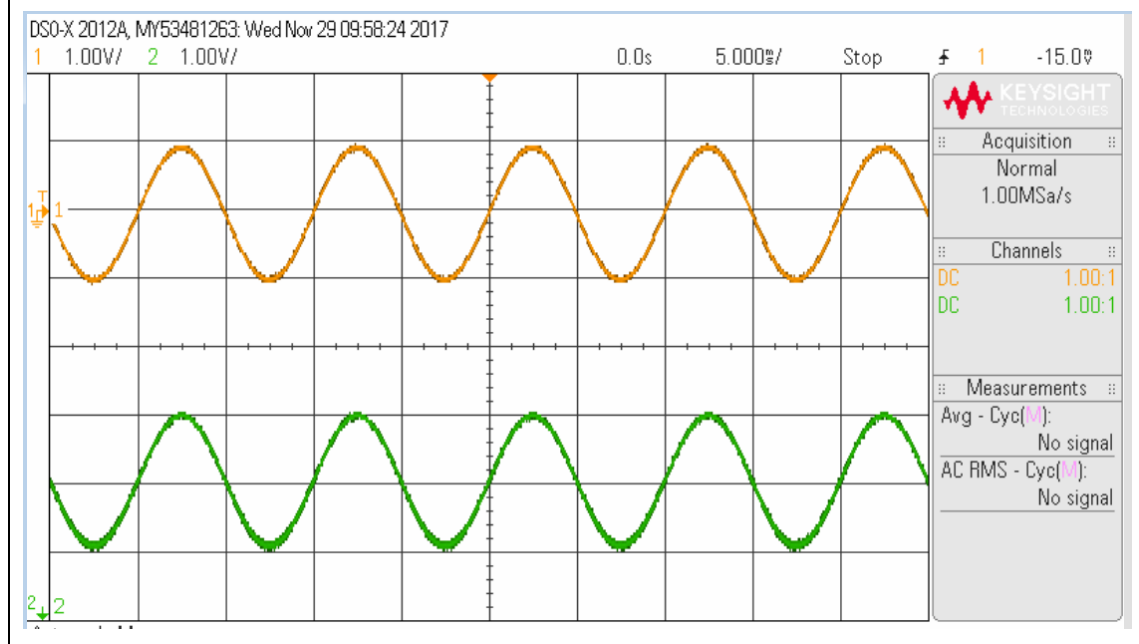
Half Wave -



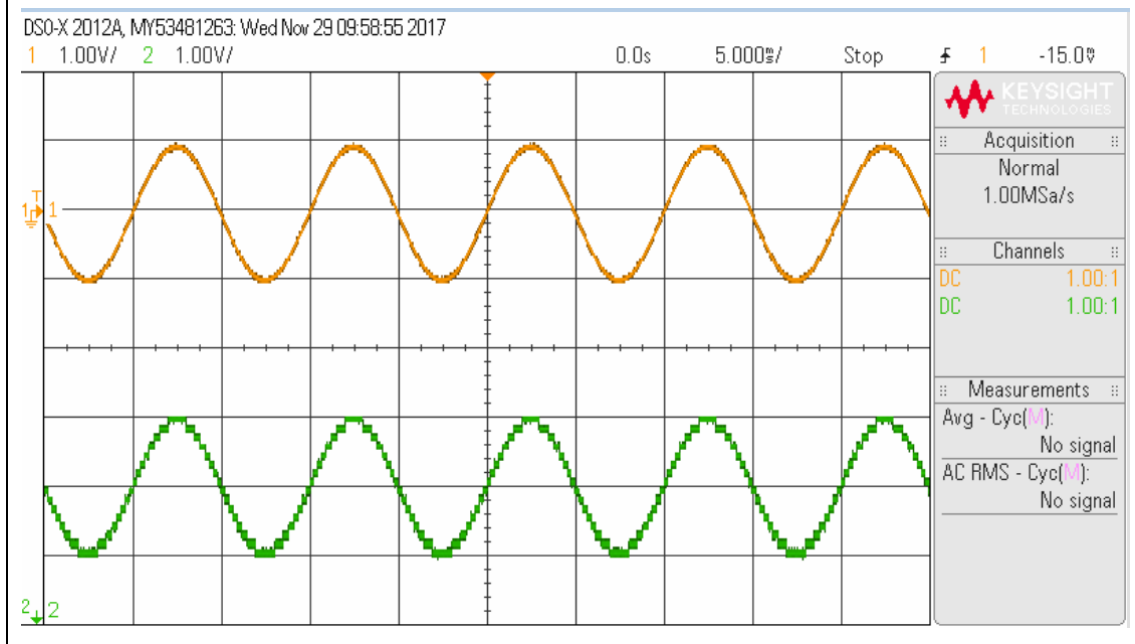
Full Wave -



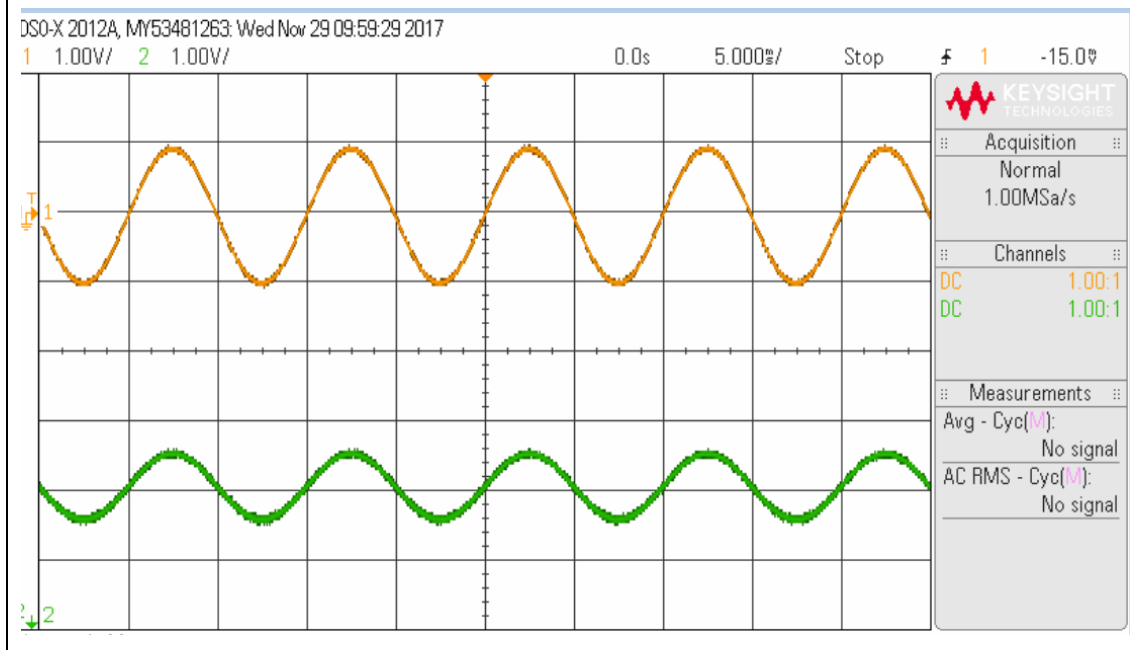
Quantization-Two -



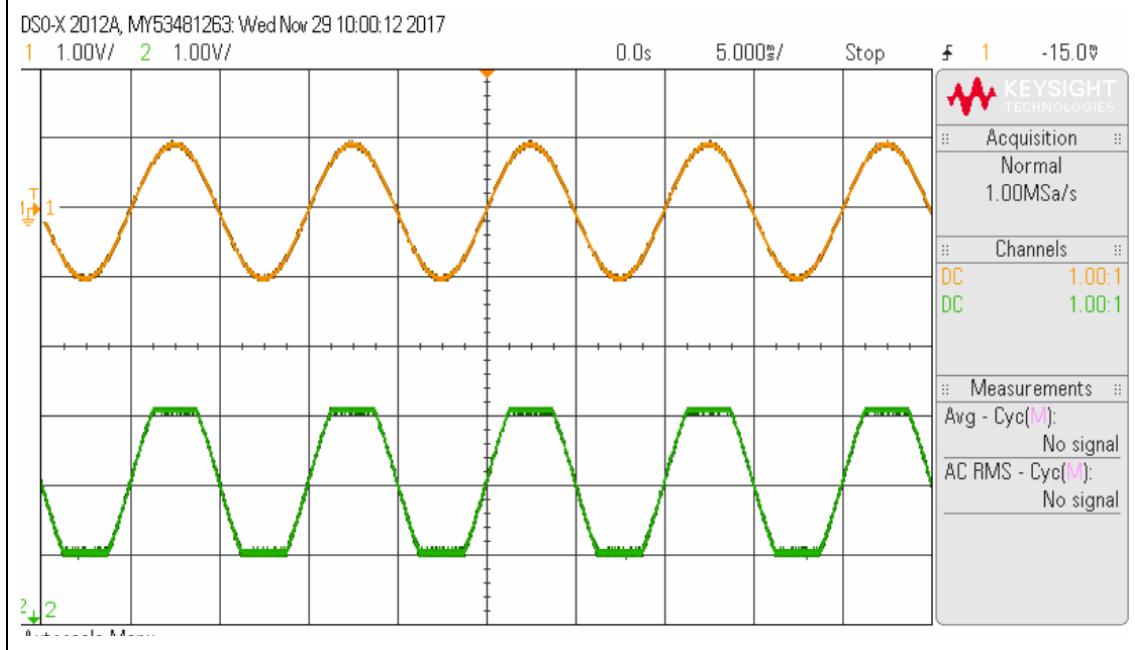
Quantization Four -



HALF -



OneFiftyPercent -



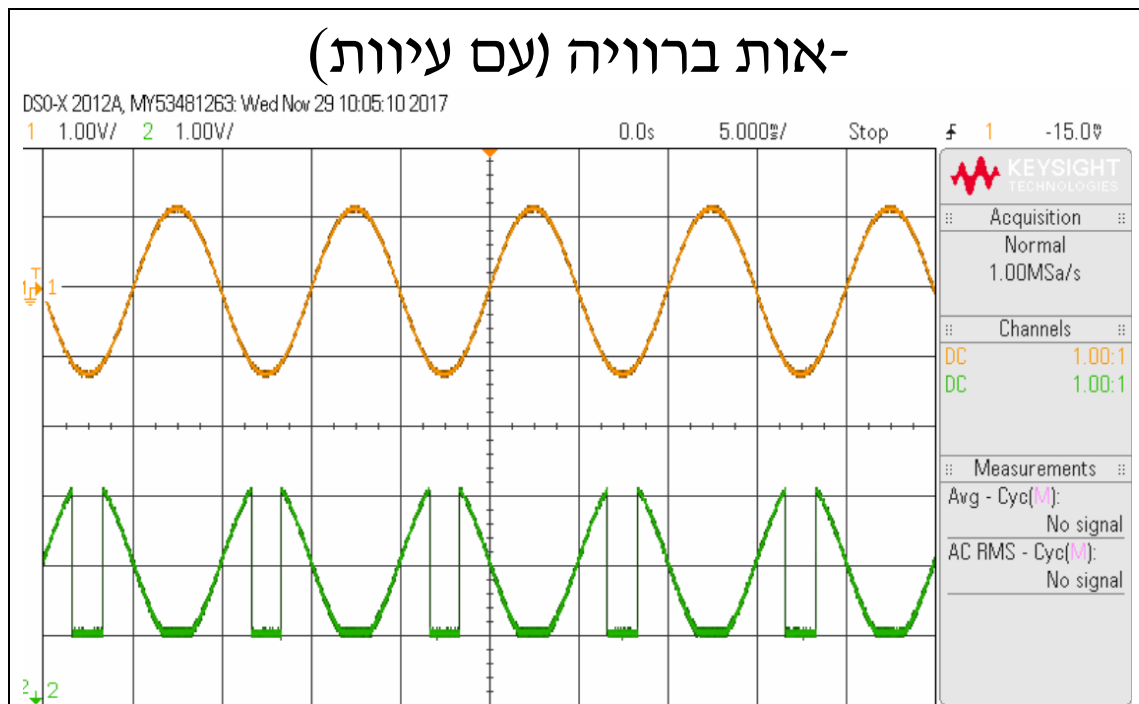
2.3 אנומליה במקרה קיצון

בחר במצב INVERT. העלה את מתח המחולל מעט מעל $2V_{PP}$.

האם מתקבל עיוות באות המוצא (הכוונה היא לעיוות בנוסף לרעיוה)? בדוק את יתר המצבים.
באילו מצבים מתקבל העיוות?

תשובה: במצב INVERT ו-FULLWAVE

במקרה שקיים אצלך עיוות באות צרף תמונה של האות המעוות ברוויה לדו"ח:



מהו הערך הבינארי שבו יש בעיה?

תשובה: 10000000

מה הערך שחושב ומה הערך הנכון שצריך להיות?

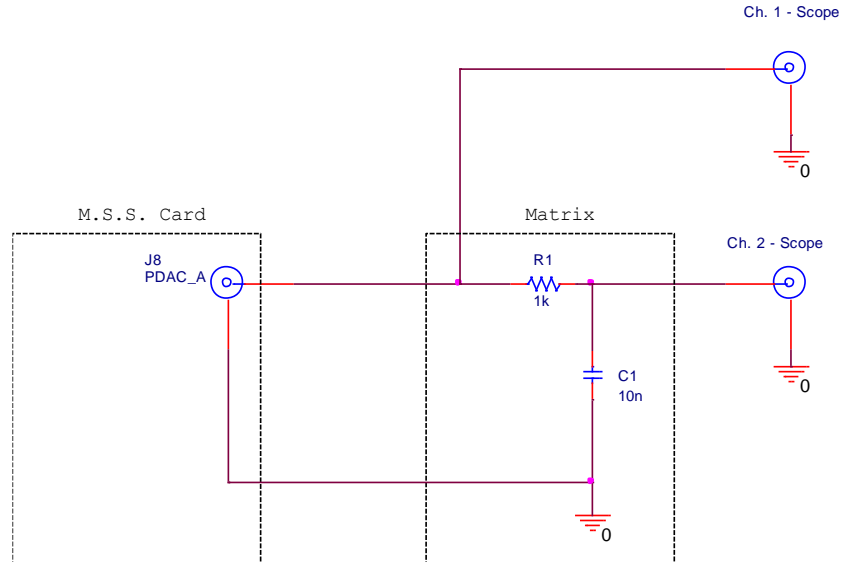
תשובה: הערך שחושב הוא 00000000 והערך שהיה צריך להיות הוא 01111111

תקן את הקובץ שלך `half_full_wave_rect.vhd` כדי שלא ייווצר עיוות. בדוק שהתיקון עזר.

קרא למדריך, רשום את השעה בה הוא ראה את המעגל: 10:41

3 בניית מסנן החלקה אנלוגי (Analog smoothing LPF)

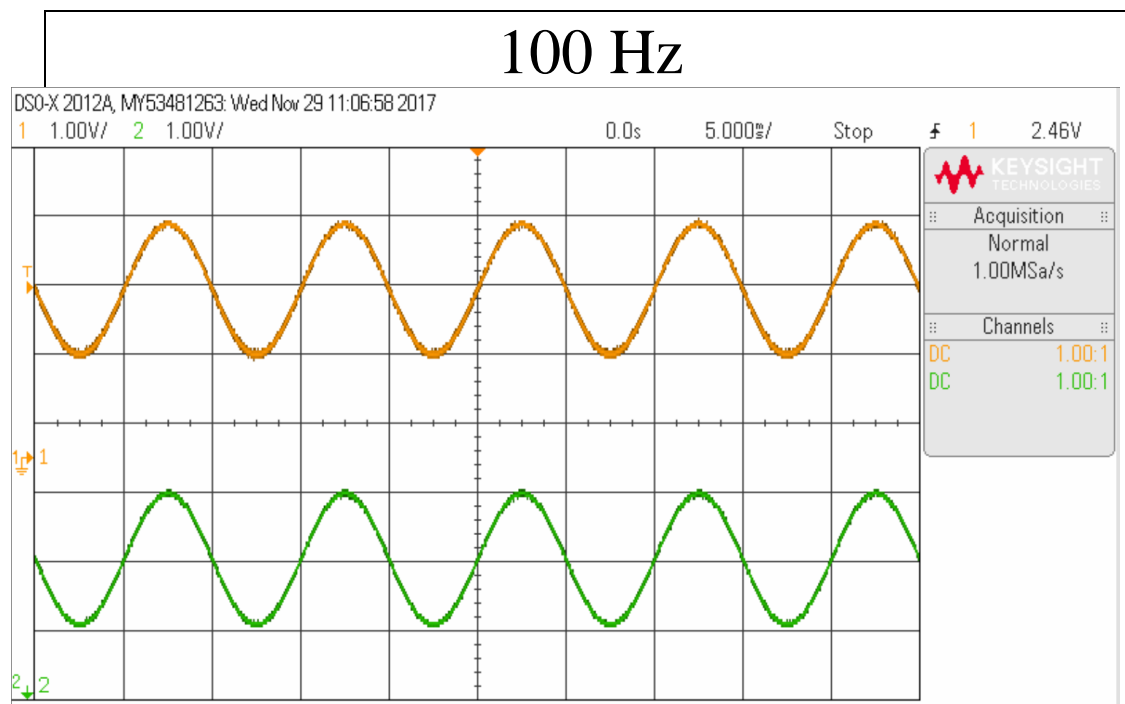
כדי לסנן את ה-"קוונטיזציה" של אות המוצא שעבר דגימה ושיחזור אפשר להעבירו דרך מסנן אנלוגי. לשם כך יש לבנות על המטריצה את המעגל הבא (שהינו מסנן LPF):



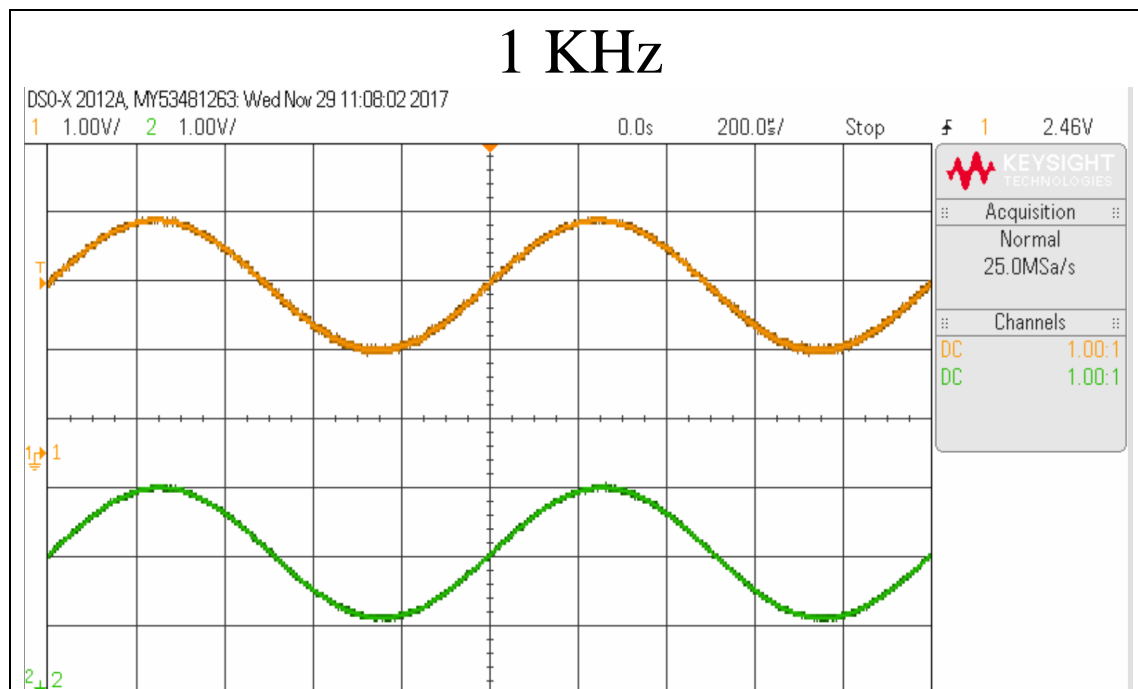
איור 2: תצורת חיבור מסנן החלקה

חיבור המסנן לכרטיס ה-M.S.S.

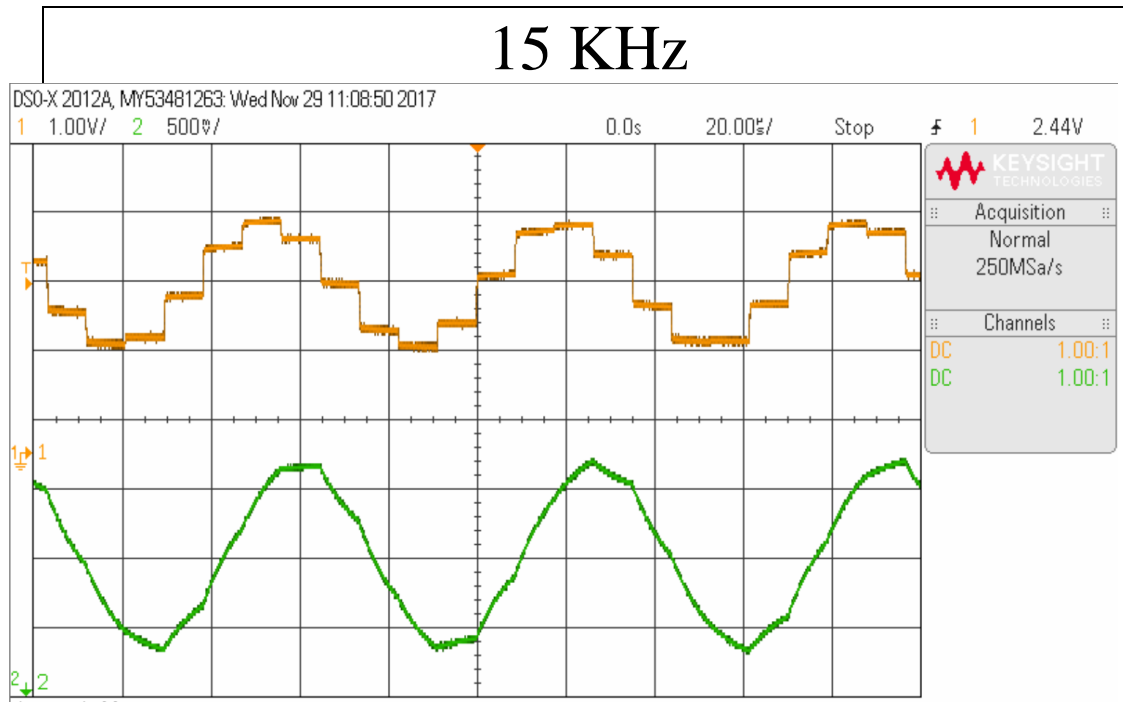
- חבר את יציאת J8 PDAC_A של כרטיס ה-M.S.S. לכניסת המעגל LPF. כמו כן, חבר את שני ערוצי הסקופ בנקודות המופיעות באיור הנ"ל
- השתמש במעגל משעורי הבית במוד **BYPASS**
- וודא שלכניסת הכרטיס מחובר אות כניסה תקין (אות סינוסי באמפליטודה של $2V_{pp}$)
- קבע את תדר המחולל ל- $100 [Hz]$ ודגום את האותות לדו"ח



- קבע את תדר המחולל ל- 1 [kHz] ודגום את האותות לדו"ח



- קבע את תדר המחולל ל-15 [kHz] ודגום את האותות לדו"ח

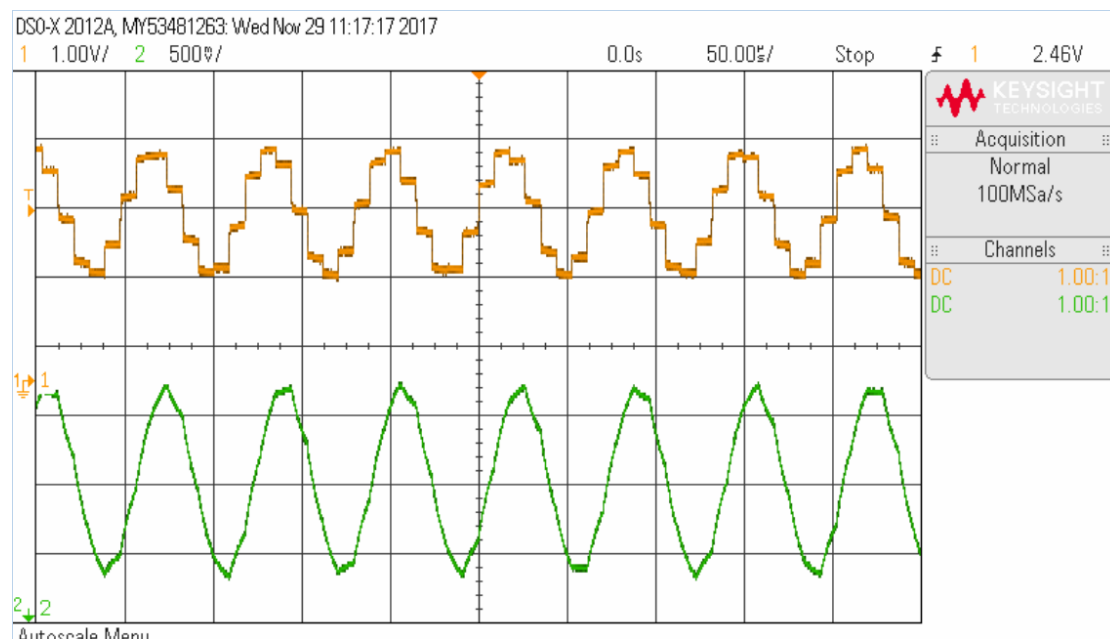


- שנה את הרזולוציה על ידי שימוש במצבים Quantization-2 ו- Quantization-4 וחזור על הניסוי (שינוי שלושת התדרים) (הפעם אין צורך להעתיק את כל המסכים לדו"ח).

מהם התדר והמצב Quantization שבו השפעת הפילטר היא הכי ניכרת לעין?

תשובה: תדר 15Khz, במצב 4, כלומר קוונטיזציה 2.

הצג מצב זה ודגום את התמונה של מצב מסונן זה לדו"ח.



הסק את המסקנות לגבי הצורך במסנן החלקה ותפקידו.

- עמוד 14 - MSS, תדריך מעבדה,

תשובה : עיבוד דיגיטלי של אות המוצא מייצר מוצא שהוא מודולציה של תדר המקור עם תדרים גבוהים יותר שרוכבים עליו. מעגל ה-LPF מנחית תדרים אלו, ומחליק את המוצא.

פרק את המטריצה והחזר למקום

קרא למדריך, רשום את השעה בה הוא ראה את המעגל: 11:18

4 מיני פרויקט מודרך – הקלטה דיגיטלית – סינוס טהור

כיום מכשירי הקלטה אנלוגיים (וידאו, טייפ) כמעט ולא קיימים, ורוב מכשירי ההקלטה הם דיגיטליים (מצלמות וידאו דיגיטליות, מכשירי הקלטה על גבי כוננים קשיחים או DVD). כעת ניצור במעבדה "מכשיר הקלטה" דיגיטלי.

העתק לתיקית הפרויקט שלך מקובץ ה- *MSS_FILES.ZIP* גם את הקבצים הבאים, :
Clk_Divider.bsf, *Clk_Divider.vhd*

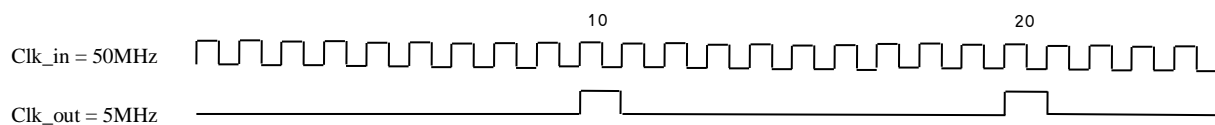
פתח את הקובץ *MSS_dr.bdf*.

הוסף 2 מימושים *instances* של המונה שהבאת מהמודל לתכנן. שנה את השם *inst1* ל-*wr_counter* ואת השם *inst2* לשם *rd_counter* (על ידי מקש ימני בעכבר ובחירת *Properties*). ראה את שרטוט התכנן הבא.

הוסף את סימבול של מחלק השעון *Clk_Divider* להירארכיה העליונה (לא צריך לייצר אותו, הוא כבר קיים!). המודול מחלק את השעון ($50[MHz]$) בגורם החלוקה *Div*. כזכור, אם נרצה לעבוד בקצב דגימה השונה מ- $100[KHz]$, אנו נשתמש במודול הזה, כאשר תדר השעון ביציאה יהיה:

$$Clk_out = \frac{Clk_in}{Div}$$

להלן **דוגמא** כיצד מתבצעת חלוקת שעון ביחס של $1/10$:



מה יהיה תדר הדגימה כאשר גורם החלוקה הוא 500?

תשובה: התדר יהיה 100KHz

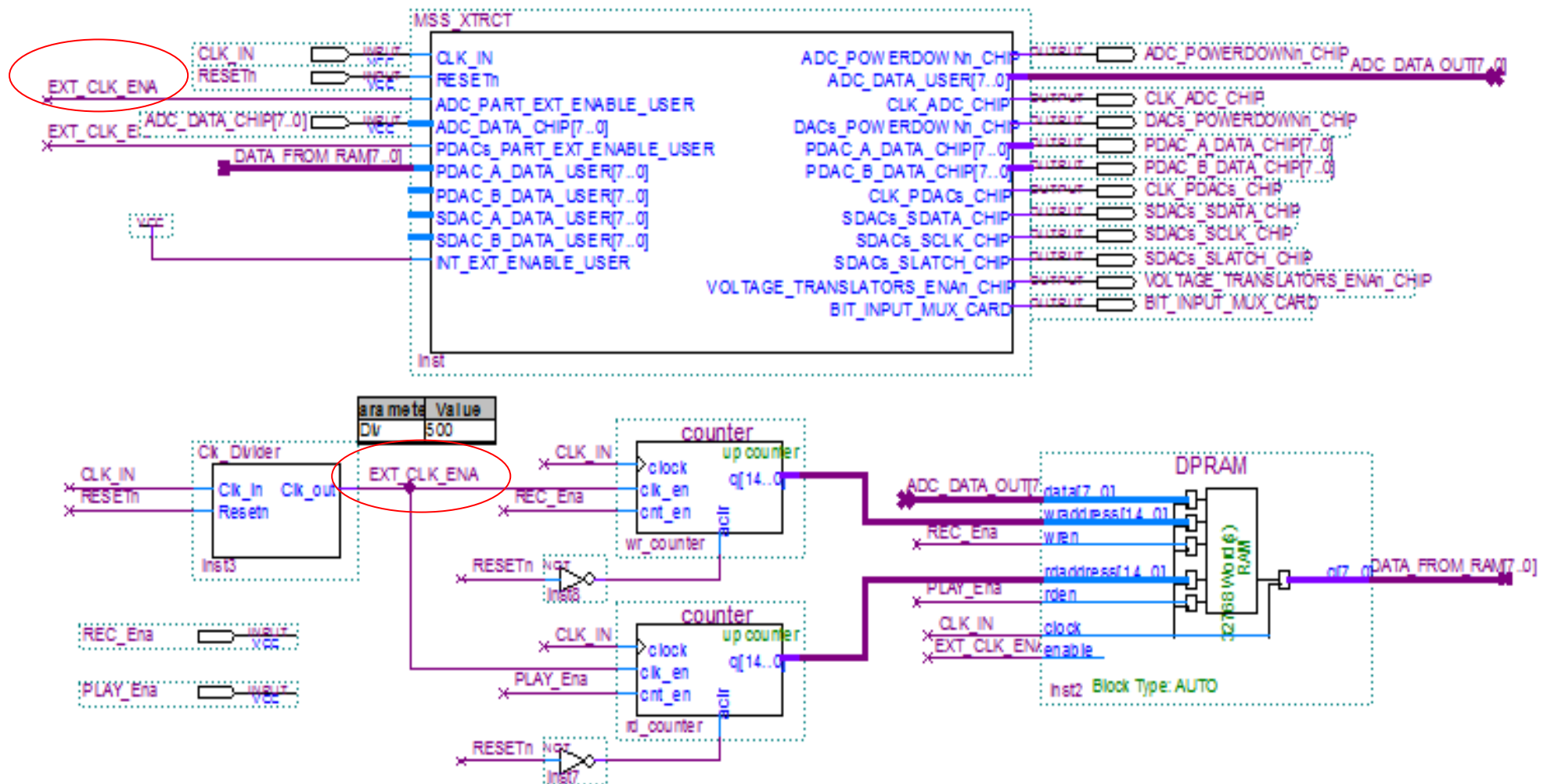
אם דרושה השהיה של שניה, חשב את גודל הזכרון הדרוש, למשל, עבור תדר הדגימה שחשבת קודם.

תשובה: הזכרון שדרוש 100KB

הערה: כאשר אנו עובדים עם שעון חיצוני, אנו עובדים כאן רק עם ה-D/A ים המקביליים.

4.1 בניית מערכת והורדת התכן לכרטיס

חבר את כל המודולים שיצרת כמו בשרטוט הבא. בדף הבא תוכל לראות את מימוש התכן המלא.
שים לב שאם שני סטודנטים רוצים לשמוע בו זמנית את ההקלטה יש להזרים את הדגימות
במקביל גם ל- PDAC_B_DATA_USER[7..0].

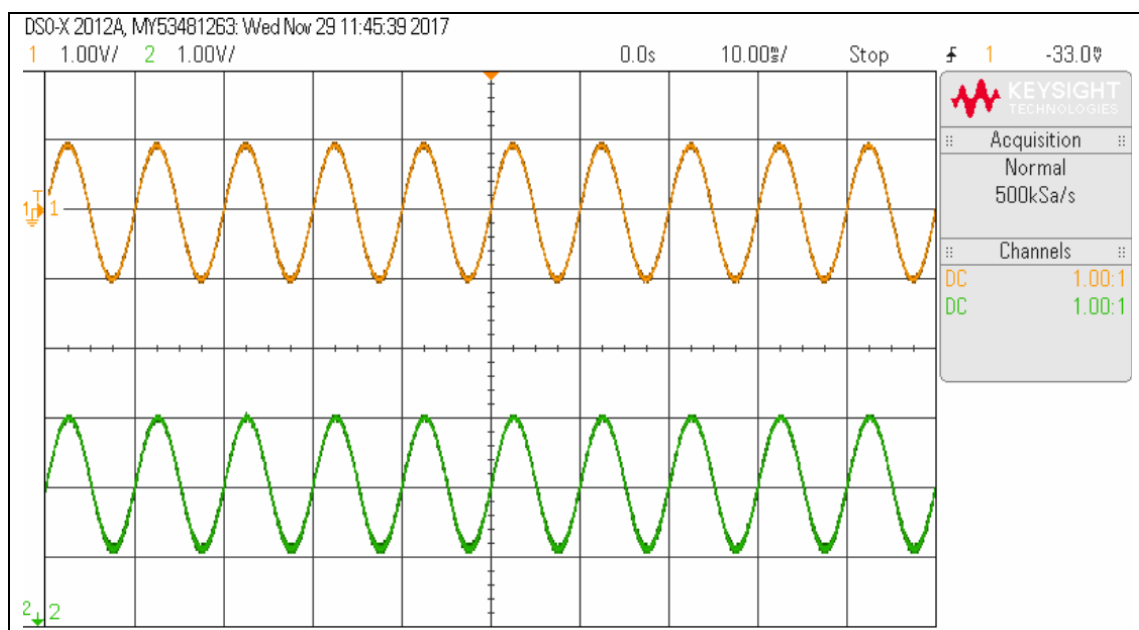


פתח את קובץ הפינים, הורד את סימן ההערה מהשורות של SW0 – SW1, שמור אותו בשם חדש *MSS_dr_pins.tcl* והרץ אותו. קמפל והורד את התכן לפלטפורמה. וודא שהמחולל מכוון לאות סינוסי בתדר של $100[Hz]$ ובאמפליטודה של $2V_{pp}$ ($\pm 1[V]$), **ורק אז** חבר לכניסת הפלטפורמה.

חבר את היציאות האנלוגיות המתאימות לסקופ.

בצע הקלטה של אות הכניסה ע"י אילוץ '1' לוגי בקו *REC_Ena* (מפסק *SW0*). לאחר מכן, הפסק הקלטה ובצע השמעה ע"י אילוץ '1' לוגי בקו *PLAY_Ena* (מפסק *SW1*).
הראה למדריך שהתכן עובד.

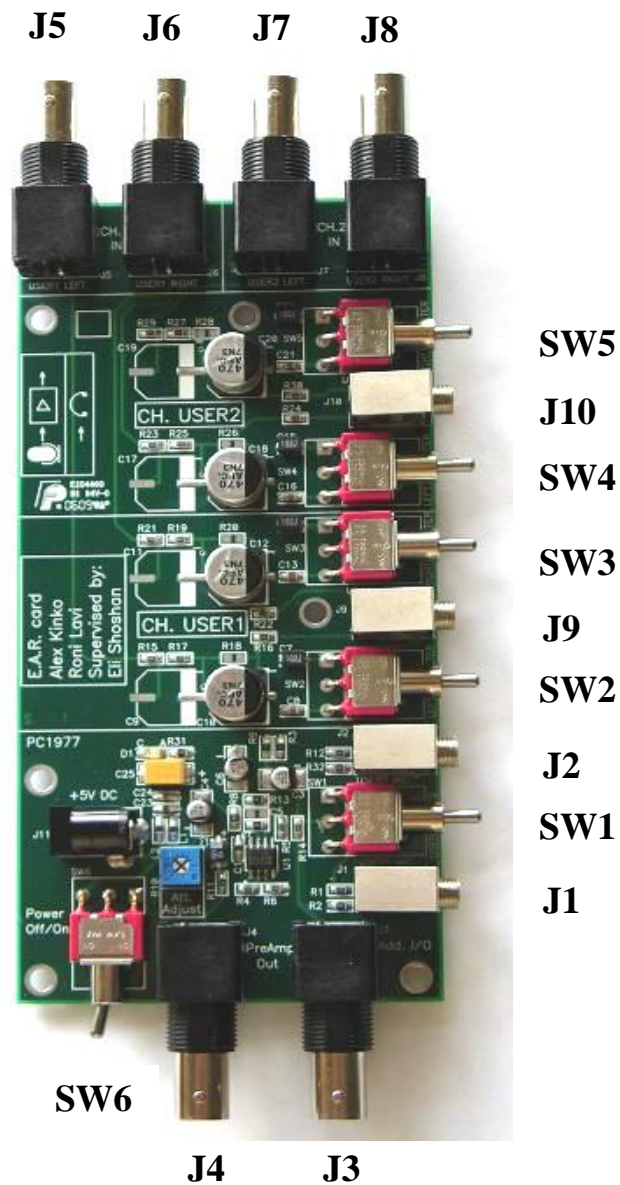
צרף תמונת הקלטה של הסקופ לדו"ח המסכם.



קרא למדריך, רשום את השעה בה הוא ראה את המעגל: 11:44

5 הקלטת אות דיבור

כעת נרצה להקליט אות דיבור, אך תחילה נכיר את כרטיס השמע, ה-E.A.R. Card.



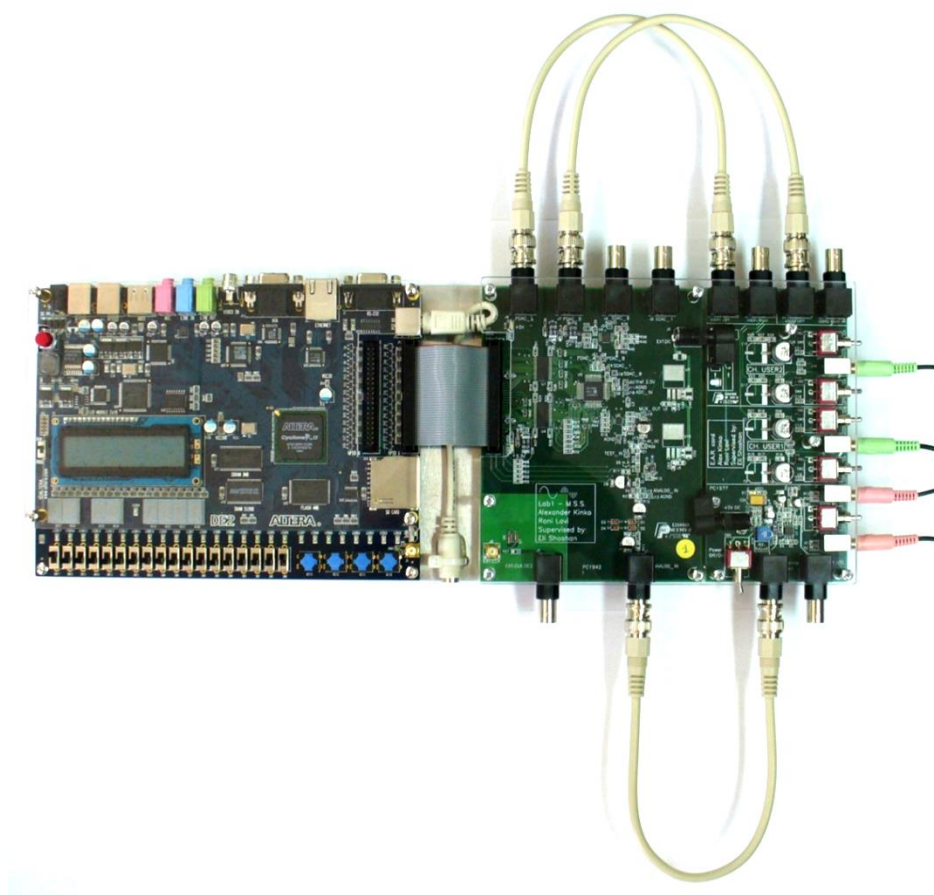
איור 3: כרטיס השמע (E.A.R. Card)

להלן המקרא של הכרטיס :

המחבר/ המתג	צד	משתמש מספר	תפקיד
J1	כללי	1	כניסת מיקרופון
J2	כללי	2	כניסת מיקרופון
J3	כללי		כניסה/יציאה אופציונאלית של אות אנלוגי. קיימות 3 אפשרויות שתלויות במצב המתג <i>SW1</i> : אם <i>SW1</i> :
		כללי	• במצב האמצעי – <i>J3</i> הוא כניסה לאות אנלוגי חיצוני
		1	• במצב תחתון – <i>J3</i> מוציא את האות המגיע ל- <i>J1</i> (לסקופ למשל)
		2	• במצב עליון – <i>J3</i> מוציא את האות המגיע ל- <i>J2</i> (לסקופ למשל)
J4	כללי	כללי	יציאת אות השמע של יחידת ההגברה
J5	ערוץ שמאל	1	כניסה אנלוגיות מה- <i>D/A</i>
J6	ערוץ ימין	1	כניסה אנלוגיות מה- <i>D/A</i>
J7	ערוץ שמאל	2	כניסה אנלוגיות מה- <i>D/A</i>
J8	ערוץ ימין	2	כניסה אנלוגיות מה- <i>D/A</i>
J9	כללי	1	יציאה לאוזניות
J10	כללי	2	יציאה לאוזניות
SW1	כללי		בורר בין כניסה/יציאות אנלוגיות לכרטיס :
		כללי	• מצב אמצעי – כניסת אות אנלוגי למחבר <i>J3</i>
		1	• מצב תחתון – יציאה מהמיקרופון (מהמחבר <i>J1</i> למחבר <i>J3</i>)
		2	• מצב עליון – יציאה מהמיקרופון (מהמחבר <i>J2</i> למחבר <i>J3</i>)
SW2+5			בחירת סוג מסנן (של הכניסות מה- <i>D/A</i>)
SW2	ערוץ שמאל	1	<i>LPF</i> (מצב עליון) <i>HPF</i> (מצב תחתון) <i>Bypass</i> (מצב אמצעי)
SW3	ערוץ ימין	1	<i>LPF</i> (מצב עליון) <i>HPF</i> (מצב תחתון) <i>Bypass</i> (מצב אמצעי)
SW4	ערוץ שמאל	2	<i>LPF</i> (מצב עליון) <i>HPF</i> (מצב תחתון) <i>Bypass</i> (מצב אמצעי)
SW5	ערוץ ימין	2	<i>LPF</i> (מצב עליון) <i>HPF</i> (מצב תחתון) <i>Bypass</i> (מצב אמצעי)
SW6 <i>Power Off/On</i>	כללי	כללי	מתג הפעלה של יחידת ההגברה (קדם מגבר).
			• מצב ימני קיצוני – יחידת ההגברה מופעלת <i>ON</i>
			• מצב שמאלי ביותר – יחידת ההגברה לא מופעלת <i>OFF</i>

טבלה 4: מקרא הכרטיס (ה-*E.A.R. Card*)

כעת חבר את המיקרופונים (מחבר ורוד) ואת האוזניות (מחבר ירוק) למחברים המתאימים. לאחר החיבור הפלטפורמה צריכה להיראות כך.



איור 4: חיבור הפלטפורמה להקלטת אוד שמע

כעת נרצה לאפשר משך הקלטה מרבי ככל שניתן. לשם כך צריך להקטין את קצב הדגימה (על חשבון פגיעה מסוימת באיכות האוד המוקלט כתוצאה מקצב דגימה נמוך יותר), לכן נקבע קבוע חלוקה $Div = 5000$ במודול `Clk_Divider`. קמפל והורד את התכן לכרטיס.

דגשים חשובים:

- בדוק שכפתור שליטה על ה-*Volume* באוזניות לא נמצא במינימום, אחרת לא יושמע האוד המוקלט. הכפתור הנ"ל נראה כך:



איור 5: תיאור בקר ה-*Volume* של האוזניות

- יש לחבר 2 זוגות של אוזניות כדי ששני סטודנטים יוכלו לשמוע בו זמנית את האות המוקלט. **שים לב שבכל זוג אוזניות יושמע האות רק באחד הערוצים.**
- כמו כן, ניתן לחבר שני מיקרופונים לכרטיס השמע (מחברים J1 ו-J2) ולברור ביניהם ע"י מתג בחירת מקור השמע הנמצא על ה-*E.A.R. Card (SW1)*. אם המתג *SW1* נמצא במצבו העליון, אז יגיע אות מהמיקרופון המחובר למחבר J2. כאשר נמצא במצבו התחתון יגיע האות מהמיקרופון המחובר למחבר J1.

הראה למדריך שהתכן עובד, שניתן להקליט קול ולהשמיע את ההקלטה.

שים את שני המתגים SW0 ו-SW1 ככרטיס DE2 ב-"1" לוגי (שימ לב, שאתה שומע מיד את ההקלטה).

האם יש חשיבות למשך הזמן שעובר בין הפעלת מפסק ההקלטה ומפסק ההשמעה

לא, אין חשיבות, במידה ומפסק ההקלטה דלוק, כשמתג ההשמעה יופעל האודיו יתחיל לנגן.

חשב מה אמורה להיות ההשהייה המכסימלית בין הקלטת קול להשמעתו. רמז: ההשהייה תלויה בגודל הזכרון וקצב הרישום.

פרט את החישוב והסבר את התוצאה:

$$delay = \frac{1}{10000} \frac{[sec]}{[byte]} \cdot 2^{15} [byte] = \frac{2^{15}}{10000} [sec] = 3.2768 [sec]$$

השמע קול קצר למיקרופון. בדוק בעזרת סטופר (בשעון היד או בטלפון הסלולרי) את ההשהייה עד לשמיעת הקול המוקלט.

זמן ההשהייה הנמדד: O(3) sec.

אם הזמן הנמדד קצר מזמן ההשהייה המכסימלי שחישבת, מה צריך לעשות כדי לקבל השהייה מכסימלית?

תשובה:

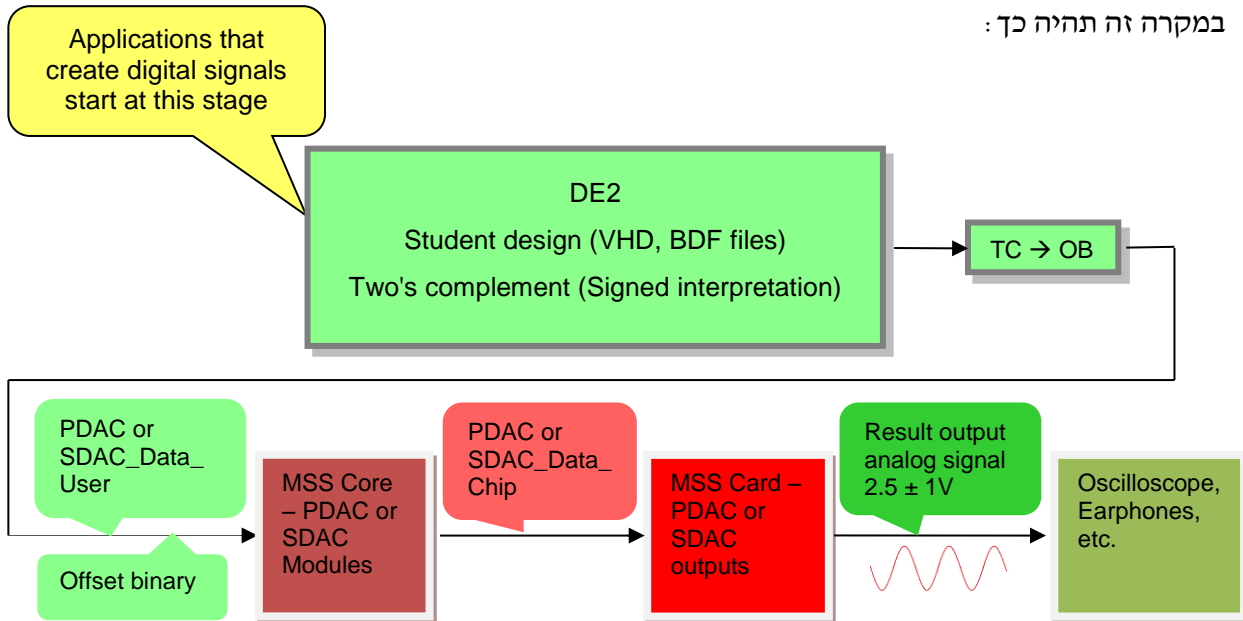
להנמיך את תדר הדגימה.

קרא למדריך, רשום את השעה בה הוא ראה את המעגל: 12:00

6 מחולל אותות

6.1 מחולל גל סינוס

ישנן אפליקציות בהן נדרש להשתמש באות דיגיטלי סינטי ולא בקלט אנלוגי. זרימת הנתונים במקרה זה תהיה כך:



בתרגיל זה תלמד ליצור אות דיגיטלי כזה, לדוגמה אות סינוס בתדר משתנה ופונקציה ריבועית, ולהשתמש בו בפלטפורמת ה-MSS.

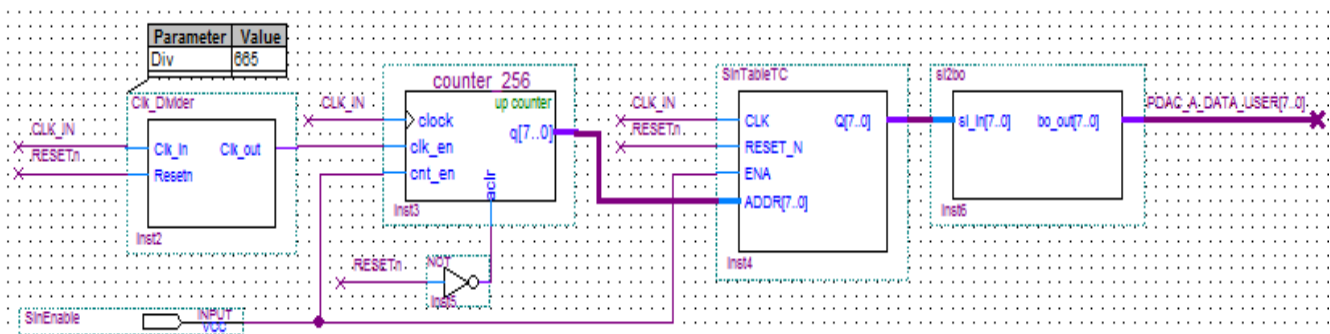
פתח פרוייקט חדש,

העתק לתיקית הפרויקט את הקבצים הבאים מקבצי דוח ההכנה: וגם הוסף לקבצי הפרויקט

SinTableTC.vhd, *SinTableTC.bsf*.

הוסף את הקובץ *SinTableTC.bsf* לפרויקט. פתח את הקובץ *MSS_BASIC.bdf* ושמור אותו בשם

חדש *Signal_gen.bdf*. הוסף לו את התכן הבא, ליצירת אות סינוס:



שים לב שבתכן זה עליך להשתמש במונה של 8 ביט (0 עד 255) ולא כמו בתרגיל הקודם. לשם כך הוסף לתכן רכיב שנקרא *lpm_counter* (וודא כי מסומן v על האפשרות *Launch Mega Wizard Plug-In*). קרא לרכיב בשם *counter_256*. הפעל את האשף וצור מונה בהתאם להנחיות המופיעות בפרק המתאים במדריך למשתמש של *QUARTUS COOK BOOK* ו/או ב-

מעגל זה עובד כך :

- הרכיב *SinTableTC* הוא זיכרון בגודל 256X8 שמכיל 256 דגימות של מחזור סינוס אחד, בייצוג (Signed Integer) Two's Complement.
- הרכיב *si2bo* ממיר מייצוג Two's Complement לייצוג Offset Binary – עליך להרכיב בתכן את הרכיב שבנית בדו"ח ההכנה, כפי שהשתמשת בו בתרגיל הראשון במעבדה זו.
- הרכיב *counter256* הוא מונה 8 ביט שמספק את 256 הכתובות של הזיכרון.
- הכניסה *SinEnable* מאפשרת להפעיל/להפסיק את מחולל הסינוס. חבר אותה למתג *SW2*.
- הרכיב *Clk_Divider* הוא מחלק תדר של השעון המרכזי והוא קובע את התדר של אות הסינוס.

כדי לקבל אות סינוס בתדר fHz, גורם החלוקה n של ה- *Clk_Divider* יהיה :

$$n = \frac{50,000,000}{256 \times f}$$

עם שעון מרכזי של 50 MHz התדר הגבוה ביותר שניתן להשיג הוא :

$$f_{\max} = \frac{50,000,000}{256}$$

חבר את מוצא הממיר *si2bo* לכניסות *PDAC_A* ו- *PDAC_B* של *MSS_XTRCT*, וודא שהתכן שבנית עובר קומפילציה. אל תשכח להריץ את קובץ הפינים. הורד לכרטיס ובדוק שהתכן עובד. הצג את האות הנוצר בערוץ הראשון של הסקופ (מהמוצא *PDAC_A*). כמו כן, חבר אוזניות לפלטפורמה ושמע את צליל האות שיצרת (מהמוצא *PDAC_B*).

שנה את גורם החלוקה של הרכיב *Clk_Divider*, קמפל והורד לכרטיס.

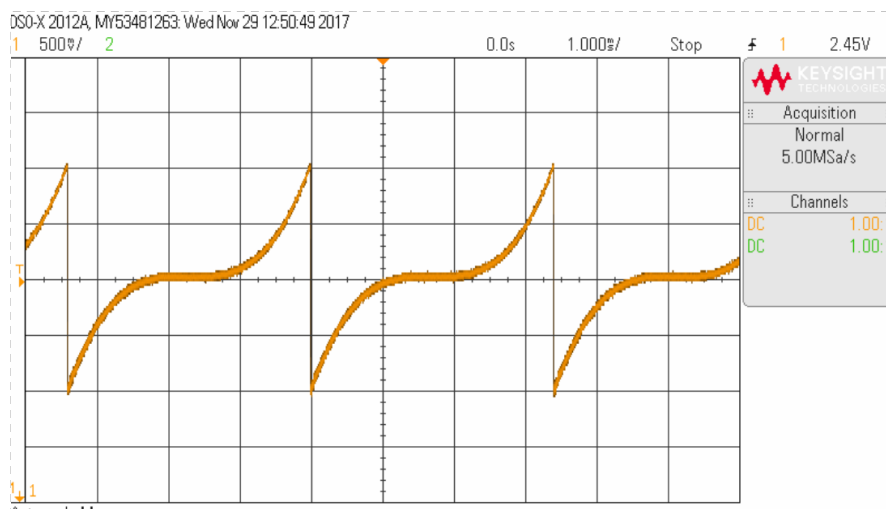
האם יש הבדל בצליל? מדוע?

תשובה : כן, יש הבדל בצליל בגלל ששינוי תדר הדגימה משנה את תדר המוצא.

6.2 יצירת פונקציה באמצעות טבלה

הוסף את הקובץ שהכנת בבית לפרויקט וצור ממנו סימבול גרפי. החלף את המודול *SinTableTC* ב-קובץ מעבודת ההכנה. הצג את תמונת האות על מסך הסקופ ודגום אותה לדו"ח.

וודא אם הקובץ שיצרת עובד ב SIGNED INTEGER (היכן מוגדר האפס)



קרא למדריך, רשום את השעה בה הוא ראה את המעגל: 11:49

7 פרויקט

קבל מהמדריך את פרויקט הסיום.

רשום כאן את שמו.

שם הפרויקט : עמדת DJ

רשום את השעה בה סיימת את המעבדה: 12:49

רשום כמה זמן הקדשתם במעבדה לטובת הפרויקט : 4.25 שעות

