



תוצאות עבור פרויקט

מערכי פילטרים על גבי FPGA

פרויקט מס' 22-1-1-2538

מבצעים:

ליעד פנקר 315991109

דורית בס 320471410

מנחים:

מאיר אלון

מקום ביצוע הפרויקט:

אוניברסיטת תל אביב

1. ניתוח תוצאות

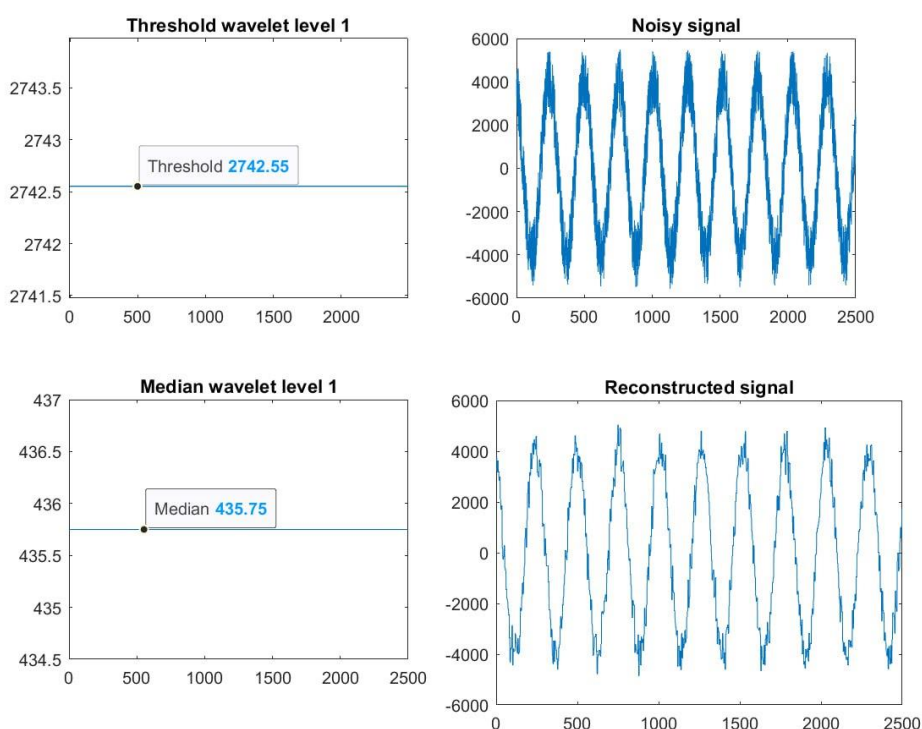
1.1. השוואות בין תוצאות הסימולציה לעבודה בזמן אמת

לאורך הפרויקט ביצענו מספר סימולציות MATLAB וכן Vivado לבדיקת היתכנות וכן לצורך אימות תוצאות ונכונות השיטה.

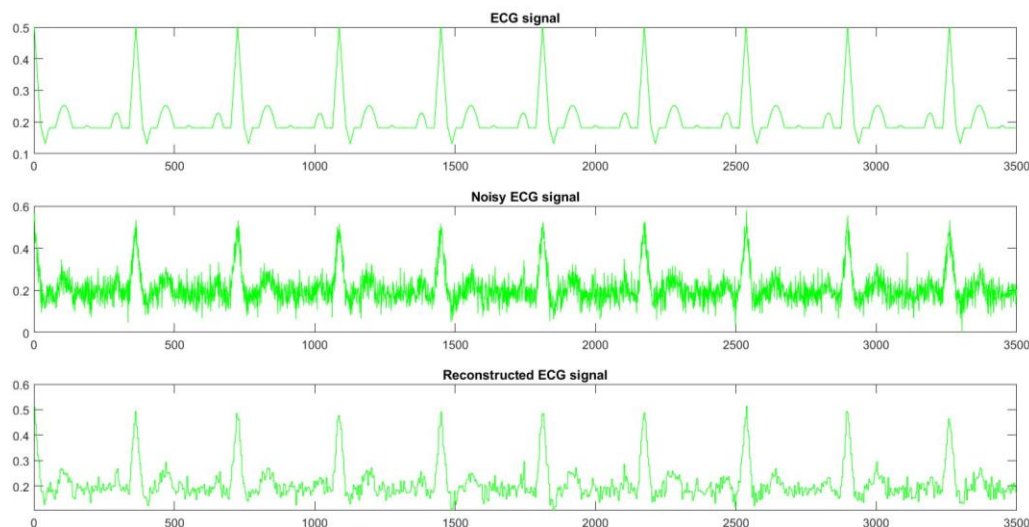
מודל MATLAB - נכתב מודל MATLAB שמבצע בתוכנה את האלגוריתמים שתוארו ברקע התיאורטי וב-FPGA בכדי לבדוק את התיאוריה ולהשוות תוצאות עם הביצועים שאנחנו מקבלים ב-FPGA.

המודל מקבל וקטור של סיגנל, מוסיף לו רעש גאוס, עושה לו discrete wavelet transform ל-2 levels, מחשב את ה-universal threshold, מנקה רעש לפי soft threshold, ובונה את הסיגנל מחדש.

בדקנו את המודל עם גל סינוס, כדי לדמות את מה שאנחנו עושים בסימולציית Vivado, ומודל נוסף שמריץ את הקוד על סיגנל ECG בלולאה, כאשר בלולאה אנחנו משנים את variance של הרעש, ובכך בודקים את המודל בתנאי רעש שונים. באיור 26 אנו יכולים לראות את תוצאות סימולציית ה-MATLAB עבור גל הסינוס יחד עם תוצאת חישוב החציון האופטימאלי. נוכל לראות כי קיבלנו הפחתה ויזואלית ומשמעותית ברעש הסינוס וכמו כן גם את התוצאה עבור חישוב החציון שיצא 435 וחישבו הסף השווה ל-2742.



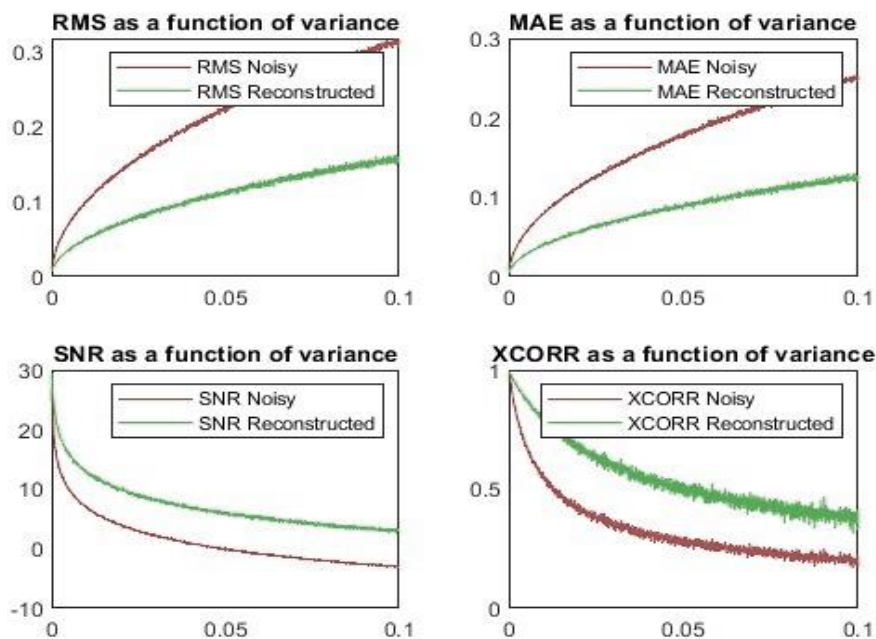
איור 1- תוצאות סימולציית MATLAB עבור גל סינוס



איור 2- תוצאות סימולציות מאטלאב עבור עצמות רעש שונות

באיור 27 ניתן לראות את סיגל ה-ECG הנקי מרעשים, הלבשה על רעש עם שונות של 0.0017 (לצורך הדוגמא) ולאחריו האות לאחר סינון הרעשים בעזרת Wavelet transform.

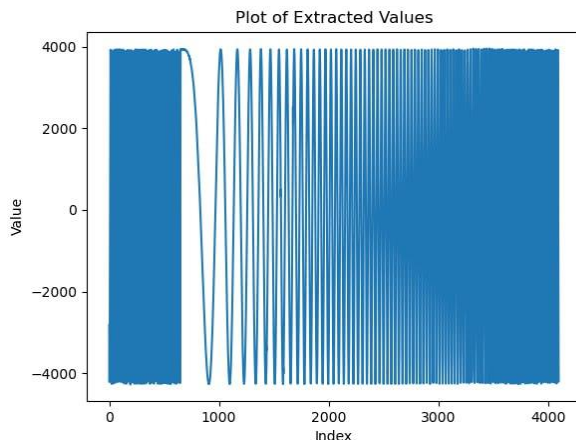
בנוסף בדקנו פרמטרי רעש שונים עבור עוצמות רעש שונות שהולבשו על הסיגל וההבדלים בין הפרמטרים עם וללא סינון.



איור 3- התנהגות פרמטרי רעש עבור עצמות רעש שונות לפני ואחרי סינון הרעש

קל לראות כי ביצוע סינון הרעשים בעזרת Wavelet transform אכן משפר את כל הפרמטרים עבור טווח רוח של עצמות רעש.

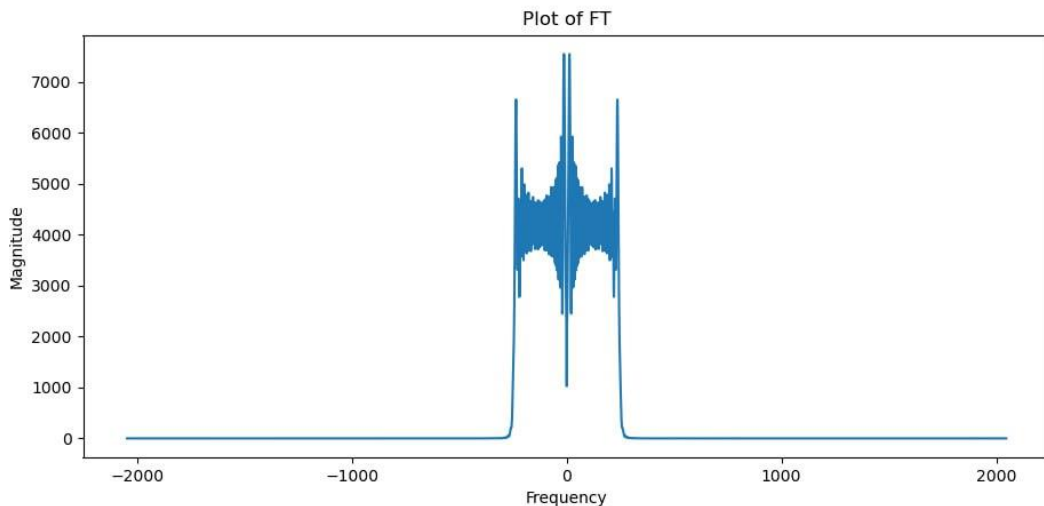
נציג כעת את התוצאות בזמן אמת עבור מימוש ה-FT וה-STFT. הכנסנו למערכת את הסיגל הבא:



איור 4-סיגנל כניסה לבדיקת STFT

זהו אות אשר רץ בין התדרים 0Hz ל-250Hz. במחזוריות. בחרנו להראות סיגנל זה שכן בעזרתו נוכל לראות בצורה נוחה וברורה את ההתמרות ואת הצלחתן.

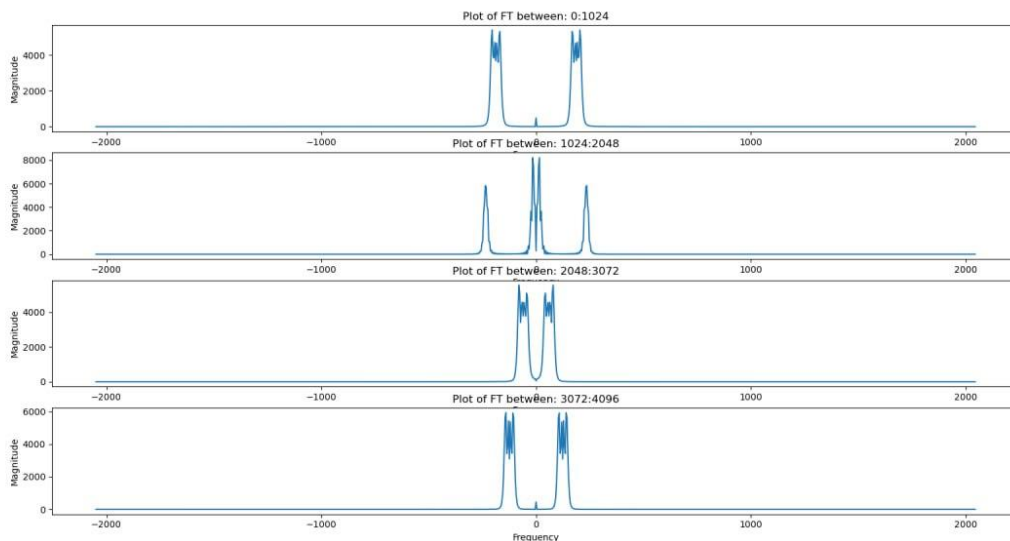
ניתן לראות את מוצא המערכת המבצעת FFT עבור הסיגנל שהוצג למעלה באורך של 4096. כפי שציפינו המערכת הוציא גל המזכיר גל ריבועי המכיל את תחום התדרים של האות מאיור 32.



איור 5- תוצאות המערכת עבור התמרת פורייה של האות מאיור 32

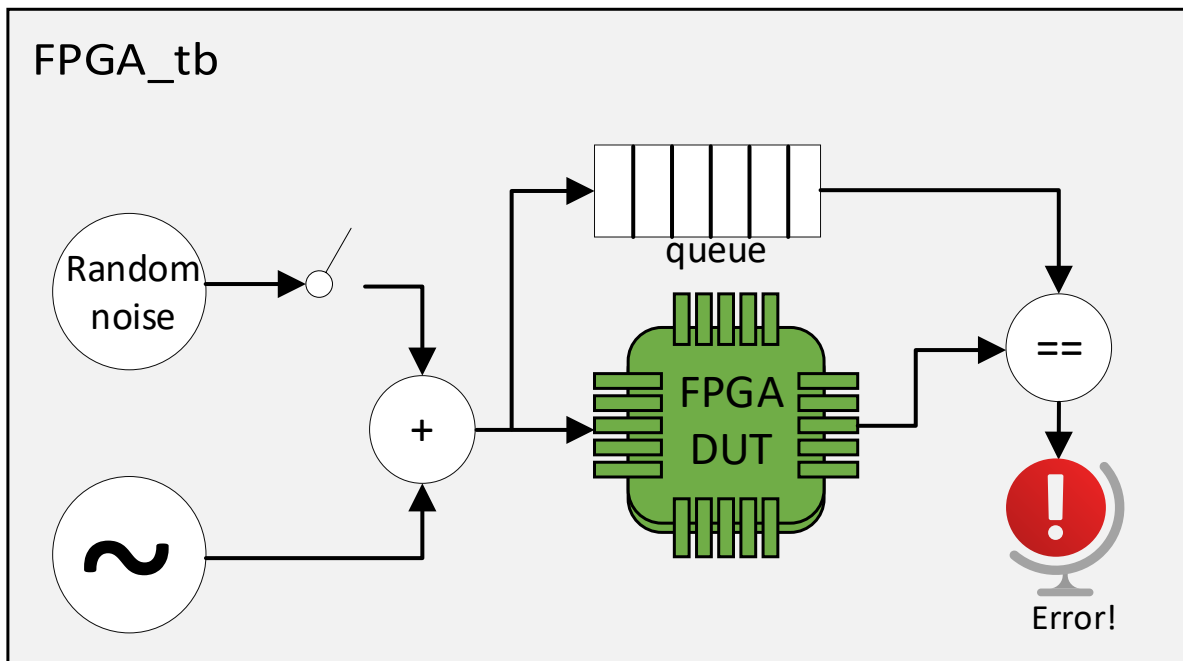
כמו כן על גבי אותו אות ביצענו STFT כאשר חילקנו את האות ל-4 חלונות זמן קבועים בגודל של 1024 דגימות כל אחד. נוכל לראות באיור 34 כיצד עבור חלון זמנים הראשון שמכיל את התדרים הגבוהים יותר קיבלנו שני מלבנים צרים בתדרים גבוהים ולאחריו רואים בדיוק את קו התפר מהתדרים הגבוהים לנמוכים ולכן ניתן לראות ייצוג גם של התגרים הגבוהים וגם של הנמוכים הנמצאים סביב ה-0. בשאר החלונות בהתאמה נראה את המלבנים מתרחקים זה מזה בהתאמה לגדילה בתדירות

התדר בחלון זמנים זה.



איור 6- תוצאות המערכת עבור STFT עבור האות מאיור 32

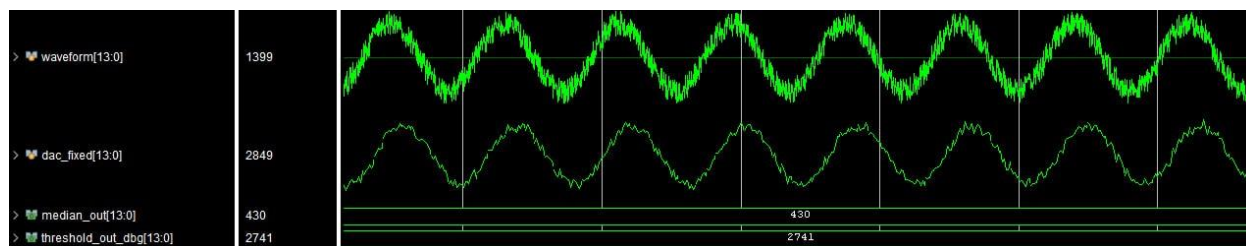
סביבת Vivado וסימולציה – נכתב מודל סימולציה מזריק מידע, זוכר אותו ובודק שה reconstruction בוצע כהלכה במידה ולא מתריע שיש שגיאה. בנוסף מאפשר הזרקת רעש לבדיקת מנגנון ניקוי הרעשים.



איור 7- תיאור סביבת סימולציה ב-Vivado

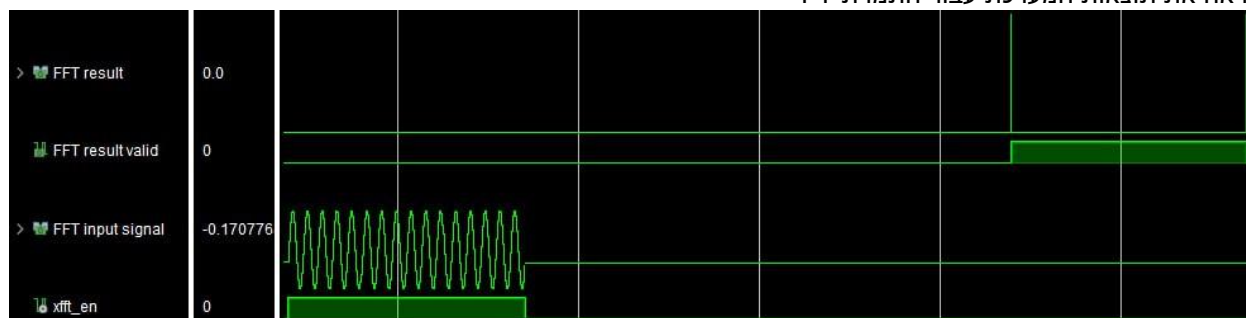
נראה כי תוצאות סימולציית Vivado עבור סיגנל סינוס באיור 30. נוכל להשוות את תוצאות לתוצאות סימולציית ה-MATLAB ולראות כי מתקבלות תוצאות מאוד קרובות עבור תוצאות חישוב החציון האופטימאלי, 430 לעומת 435 ב-

MATLAB וכן סף ה-threshold הסופי שנקבע גם מאוד קרוב לתוצאות סימולציית ה-MATLAB- עם ערך של 2741 לעומת 2742 ב-MATLAB.



איור 8-תוצאות סימולציית Vivado עבור גל סינוס כולל תוצאת חישוב החציון האופטימלי

נראה את תוצאות המערכת עבור התמרת FT



איור 9-תוצאות מערכת עבור התמרת פורייה

נוח לראות כי עבור האות סינוס הנכנס בצד השמאלי של איור 34 ואת המוצא בצד ימין של האיור, כיוון שמדובר בתדר סינוס יחיד אנו אכן רואים דלתא רק עבור תדר בודד ללא עוד תדרים נוספים.

1.2. ביצועי המערכת מבחינת זמן

1.3. לאחר בדיקת הסימולציות וצריבת התוכנה לרכיב ה-FPGA הזרקנו בעזרת מחולל אותות רעש כך שקיבלנו SNR של 12.11dB (R2) ולאחר הסינון קיבלנו SNR של 24.06dB (R3).



איור 10-תמונת סקופ המציגה את האות המקורי בכחול, אות מקורי בתוספת רעש במרז, אות עם רעש לאחר סינון בעזרת שתי דרגות WT

את הרעש הכנסנו בטווח תדרים של עד 5M על מנת לוודא עמידה בדרישות הפרויקט.

2. סיכום מסקנות והצעות להמשך

פרויקט זה עוסק ביכולת לבצע פעולות שונות על אות ביניהן האפשרות לסנן רעשים על ידי פירוק האות, עיבוד, והרכבתו מחדש מופחת רעש, ביצוע STFT ו FFT במקום אחד נוח והקל לעבודה. בפרויקט זה נחשפנו לעולם חדש עבורנו בתחום עיבוד האותות, והוא עולם ה Wavelets. התחלנו מקריאה והבנה של המתמטיקה שעומדת מאחורי, שמה שלה בתוכנות שונות, ולבסוף מימוש התוצר הסופי המכילה Wavelet transform לאבחון וטיפול ברעשים בתחומי תדר שונים עד 5Mhz על גבי FPGA יחד עם STFT ו FT. בעזרת המערכת שיצרנו הצלחנו לזהות רעשים מבחינה ספקטרלית לסנןם, לבצע עליהן התמרת פורייה וכן STFT בהתאם לדרישות שהוצבו בתחילת השנה. לאורך הפרויקט נאלצנו להתמודד עם בעיות מהעולם הפיזיקלי היות ועבדנו עם כרטיס Red Pitayan המכיל את הFPGA יחסית פשוט שעובד בתדר של 125MHz וכתוצאה נדרש עלינו להתמודד עם בעיות מעולם ה-VLSI ביניהן שיפור הutilization, התכנסות תדר שעון (בעיות set up ובעיות hold) שדרשו מאיתנו לשפר ולשנות לא פעם את המימוש עד קבלת מימוש העונה ועומד בכל הדרישות.

הצעות להמשך, נוכל לממש עוד דרגות למערכת על מנת לשפר את ביצועי המערכת והרזולוציה שלה. כמו כן, פרויקט זה מומש בעזרת Haar wavelet, ויהיה מעניין לממש סוגי Wavelets אחרים על מנת לקבל אפשרות שליטה ועיבוד של מגוון רחב יותר של אותות ובכך לשפר אף יותר את התוצאות. אפשרות נוספת הינה הוספת סוגי התמרות שונות נוספות כגון התמרת הילברט ולממשה על גבי הFPGA. כמו כן שינוי של רכיב הFPGA לרכיב חדשני יותר וחזק יותר גם כן יוכל להניב תוצאות טובות יותר