מחלקה להנדסת אלקטרוניקה, מחשבים והנדסה רפואית

בית הספר להנדסה - רופין

### מבוא לעיבוד ספרתי של אותות

### מעבדה מס. 6- מבוא לתכן מסננים

# דו"ח מעבדה

מגיש: 1. ארז יעקב איינס.

תאריך: 14.6.18

### מעבדה מס. 6 - מבוא לתכן מסננים

# מטרות

1. למידת אופיים של מסנני FIR פאזה ליניארית ופאזה ליניארית מוכללת.
2. מסנני IIR מסוג AP ומינימום פאזה.

**פונקציות שימושיות (לא כולן...)** freqz, zplane,zp2tf, fft, ifft, abs, angle, axis

## ניסויים

חלק א' – מסנני FIR:

1. נתון מסנן בעל האפסים הבאים:
2. חשב את התגובה להלם של מסנן זה בצורה אנליטית. שים לב כי מסנן בעל 4 אפסים יהיה בעל אורך 5.
   * מקדמי הפולינום הם ערכי התגובה הזמנית להלם, לכן (לאחר הרחבת המכפלות של הפולינום) מתקבלת תגובת ההלם הבאה: h[n]≈[1, 0.5 , 0.5 , 0.5 , 1]
3. פתח חלק i בסקריפט עבור מעבדה זו בשם FIR i כאשר i הוא המספר הסידורי של המסנן (לדוגמא כעת i=1 מכיוון שזו המסנן הראשון שאת התנהגותו אנו חוקרים).
   * Done
4. בטא באמצעות המקדמים של התגובה להלם שמצאת את המקדמים של המונה והמכנה של פונקצית התמסורת באופן הבא (מקדמים אלו הם כדוגמא):

num = [1 1 1];

den = [1 1];

כאשר num הם המקדמים של המונה ו- den הם המקדמים של המכנה.

* אם חזקות הפולינום נלקחות כאי חיוביות אז מקדמי המונה/מכנה הם:
* num=[1 0.5 0.5 0.5 1];
* den=[1];
* אם לעומת זאת מחליפים בין קטבים ואפסים ב-Z=0 אז מקבלים חזקות אי שליליות של Z ומקדמי הפולינומים הם:
* num=[1 0.5 0.5 0.5 1];
* den=[1 0 0 0 0];

1. הצג את מפת האפסים והקטבים של המערכת באמצעות הפונקציה zplane ועבור המסנן הראשון בחלק זה בדוק בנוסף האם חישוב המקדמים היה נכון, באופן הבא:

zplane(num, den); grid on;

* + מפת האפסים והקטבים של מסנן 1 לפי חישוב המקדמים:  
    

1. הגדר את וקטור כך שזו תהיה בין והוקטור יכיל 512 ערכים באמצעות פונקצית linspace.
   * הקוד:  
     N=512;  
     theta=linspace(-pi,pi,N);
2. חשב באמצעות פונקצית freqz את התמרת התדר של המערכת עבור וקטור התדירויות שהגדרת בסעיף 6 והכנס את תוצאת החישוב למקדם H מתאים.
   * הקוד:

[H,~]=freqz(num,den,theta);

1. שרטט את תגובת התדר ותגובת הפאזה של המסנן בשרטוט יחיד באמצעות פונקצית subplot (השתמש בפקודה axis tight לשם סידור אוטומטי של הצירים לאחר כל שרטוט) והוסף כותרות לשרטוטים ולציר התדר .
   * שרטוט תגובת התדר ותגובת הפאזה:  
     
2. מה ניתן לומר מהסתכלות על תגובות אלו? האם תוצאות אלו תואמות לציפיות ממסנן זה?
   * מסנן זה בעל תגובה להלם סימטרית ומסדר זוגי, לכן נצפה לקבל מסנן בעל פאזה לינארית מוחלטת. מהתבוננות בתגובת הפאזה של המסנן שמים לב שאכן ניתן להציג את הפאזה בהצגה רציפה ושכל האפסים שעל מעגל היחידה (מריבוי אי זוגי) מוסיפים אי רציפויות בגובה פאי לפאזה.
   * מסנן זה הוא (בקירוב) מסוג Band-Stop והוא עוצר מעבר של תדרים בקרבת האפסים של המסנן, ואלו בזוויות: .
3. צור אות כניסה בעל N=256 איברים.
   * Done
4. חשב את מוצא המערכת באמצעות שימוש בחישוב בתחום התדר וביצוע FFT באורך N באופן הבא,

y = ifft(fft(x,N).\*fft(num,N));

1. חשב את אמפליטודת המסנן כאשר ושמור את הערך בקבוע בשם A\_theta.

שימו לב: את הפונקציה של יש לבטא אנליטית ואת החישוב עצמו יש לבצע במטל"ב כאשר מציבים את הפאזה של אות הכניסה בפונקציה שחישבתם.

לדוגמא:

A\_theta = 2\*cos(2\*2\*pi\*0.2)+0.5\*cos(2\*pi\*0.2)+1;

* + החישוב האנליטי מניב: 

1. שרטט את אות הכניסה ואות המוצא עבור באמצעות פונקצית subplot באופן הבא:

figure;

subplot(211); stem(n,x);title('x[n] = sin(2\*pi\*0.2.\*n)');

axis([100 150 min(x) max(x)]);

subplot(212); stem(n,(y/A\_theta));title('y[n] = x[n-{\tau}\_g]');

axis([100 150 min(y/A\_theta) max(y/A\_theta)]);

* + השרטוט:  
    

1. האם ההבדלים בין אות הכניסה והיציאה תואמים לתיאוריה?
   * כן. תחת קירובי החישובים בעזרת ה-DFT ונירמול אות המוצא בערך ההנחתה מתקבלת השהייה של האות ב-2 דגימות והנחתה בגודל  .

הערה: בחזרה על הסעיפים יש לשנות אך ורק את הוקטור num ואת הקבוע שמחשב את האמפליטודה בפאזה הספציפית של אות הכניסה .

1. חזור על סעיפים 3-14 עבור מסנן ה- FIR בעל התגובה להלם הבאה:

* num=[1 1 1 1].
* מפת הקטבים והאפסים:  
  
* תגובת התדר ותגובת הפאזה:  
  
* נצפה ממסנן בעל תגובה להלם סימטרית ומסדר אי זוגי (סדר 3) להיות בעל פאזה לינארית ואכן הפאזה לינארית עד כדי קפיצות מלאכותיות בגודל  .  
  בתדרים הנמוכים אנחנו רחוקים מהאפסים ולכן נצפה לקבל העברה טובה של נמוכים (ואכן משתקף בתגובת התדר).
* החישוב האנליטי מניב: 
* שרטוט מוצא המערכת:  
  
* מתקבלת התוצאה הצפויה של שינוי פאזה ב- והגבר בערךA בתדר המתאים.

1. חזור על סעיפים 3-14 עבור מסנן ה- FIR בעל התגובה להלם הבאה:
   * Num=[1 1 0 -1 -1]
   * מפת הקטבים והאפסים:  
     
   * תגובת התדר ותגובת הפאזה:  
     
   * נצפה ממסנן זה שהינו אנטיסימטרי בתגובה להלם ומסדר זוגי להיות בעל פאזה לינארית מוכללת עם פאזה התחלתית של  , מקיום 0 בתדר DC שזהו לא מסנן LP ואכן מתקיימות הציפיות.
   * החישוב האנליטי מניב: 
   * שרטוט מוצא המערכת:  
     
   * אכן, המערכת משהה את האות ב-2 דגימות ומוסיפה פאזה התחלתית של  , כמו כן מגבירה בערך שחושב אנליטית.
2. חזור על סעיפים 3-9 עבור מסנן ה- FIR בעל התגובה להלם הבאה:

* Num=[1 1 1 -1 -1]
* מפת אפסים וקטבים:  
  
* תגובת התדר ותגובת הפאזה:  
  
* מסנן זה אינו סימטרי ואינו אנטיסימטרי. לא לכל אפס וקוטב קיים גם ההופכי והנגדי, לכן נצפה לפאזה לא לינארית ואכן מתקבלת פאזה לא לינארית. יש אפס קרוב לתדר DC ואכן עוצמת המסנן נמוכה יחסית לשאר המסנן בקרבת הזווית 0. זהו מעין BandPass.
* החישוב האנליטי מניב: 
* שרטוט מוצא המערכת:  
  

חלק ב' – מסנני IIR – All Pass:

1. נתון מסנן AP בעל הקטבים הבאים:
2. מה צריכים להיות האפסים עבור מסנן מסוג זה?
   * עבור מסנן זה נדרוש שהאפסים יהיו:
   * 
3. פתח בסקריפט section חדש בשם AP.
4. צור את וקטורי הקטבים והאפסים עבור מסנן זה בשם p ו- z.
5. שרטט את מפת האפסים והקטבים באמצעות פונקצית zplane(z,p).
   * מפת הקטבים והאפסים:  
     
6. השתמש בפונקציה zp2tf(z,p,k) בכדי לחשב את המקדמים של פונקצית התמסורת (ומשוואת ההפרשים) ושמור אותם בשם b ו- a באופן הבא,

[b,a]= zp2tf(z,p,k);

1. הגדר את וקטור כך שזו תהיה בין והוקטור יכיל 512 ערכים באמצעות פונקצית linspace.
2. שרטט את תגובת התדר ותגובת הפאזה של המסנן באמצעות פונקצית freqz עבור וקטור התדרים שהגדרת בסעיף הקודם ובשימוש בערכי b,a שחישבת בסעיף 6.
   * תגובת התדר והפאזה של מסנן ה-ALLPASS:  
     

חלק ג' – מסנני IIR – מסנן מינימום פאזה:

1. נתון מסנן בעל פונקצית התמסורת הבאה:
2. מהי משוואת ההפרשים המתארת את המערכת?
   * 
3. פתח בסקריפט section חדש בשם minimum phase.
4. צור את וקטורי הקטבים והאפסים עבור מסנן זה בשם p ו- z.
5. שרטט את מפת האפסים והקטבים באמצעות פונקצית zplane(z,p).
   * שרטוט מפת הקטבים והאפסים:  
     
6. השתמש בפונקציה zp2tf(z,p,k) בכדי לחשב את המקדמים של פונקצית התמסורת (ומשוואת ההפרשים) ושמור אותם בשם b ו- a באופן הבא,

[b,a]= zp2tf(z,p,k);

1. האם המקדמים שחושבו תואמים למקדמים שחושבו בסעיף 2?
   * המקדמים של פולינומי פונקציית התמסורת זהים לחישוב האנליטי.
   * b =
   * 1.0000 -4.3333 1.3333
   * a =
   * 1.0000 -0.4500 0.0500
2. הגדר את וקטור כך שזו תהיה בין והוקטור יכיל 512 ערכים באמצעות פונקצית linspace.
3. חשב באמצעות פונקצית freqz את התמרת התדר של המערכת עבור וקטור התדירויות שהגדרת בסעיף 8 והכנס את תוצאת החישוב למקדם H מתאים.
4. מה צריך להיות מסנן ה- AP שיש להכפיל במסנן על מנת לקבל מסנן מינימום פאזה ?
   * נזיז את אפסי המסנן שמחוץ למעגל היחידה אל תוך מעגל היחידה ע"י כפל ב-ALLPASS עם אפסים הופכיים נגדיים לאלה שבמסנן שלנו, כלומר:
   * 
5. חשב את התמרת התדר של מסנן ה- AP באמצעות פונקצית freqz עבור וקטור התדירויות שהגדרת בסעיף 8 והכנס את תוצאת החישוב למקדם Hap.
6. צור את מסנן המינימום פאזה באמצעות הכפלה איבר איבר בין המסננים ומסנן ה- AP שיצרת.
7. שרטט את המסננים בשרטוט אחד באופן הבא,

figure;

subplot(231); plot(theta,abs(H)); title('|H^f(\theta)|'); xlabel('\theta'); axis tight;

subplot(232); plot(theta,abs(Hap)); title('|H^f\_a\_p(\theta)|'); xlabel('\theta'); axis tight;

subplot(233); plot(theta,abs(G)); title('|G^f(\theta)|');xlabel('\theta'); axis tight;

subplot(234); plot(theta,angle(H)); title('angle(H)');xlabel('\theta'); axis tight;

subplot(235); plot(theta,angle(Hap)); title('angle(H^f\_a\_p)');xlabel('\theta'); axis tight;

subplot(236); plot(theta,angle(G)); title('angle(G)');xlabel('\theta'); axis tight;

1. האם התוצאות תואמות לתיאוריה?
   * השרטוט המבוקש:



* + אחרי ההכפלה בתדר במסנן ה-ALLPASS אכן קיבלנו מסנן HP בדיוק כמו לפני השינוי, אבל במסנן החדש G יש שינוי פאזה נמוך מאוד יחסית למסנן המקורי ( רדיאן מול 0.15 רדיאן).