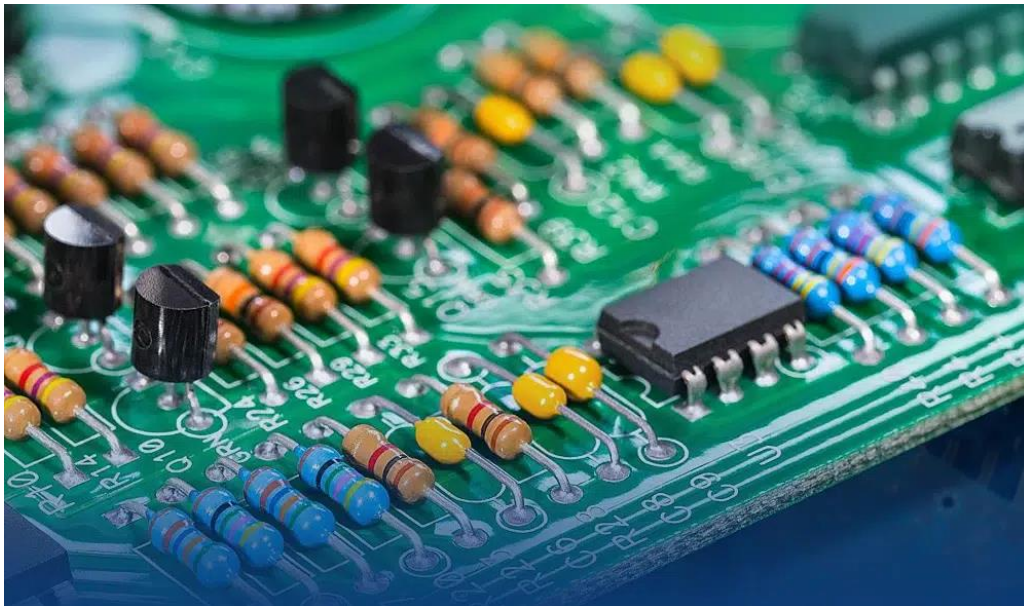


דו"ח פרויקט סוף קורס מנתח מעגל חשמלי

מוגש ע"י: יובל המר, 209158518

מוגש ע"י: עידו בן הרוש, 316439116



בהנחיית: עופר צור

תאריך: 19/09/24



תוכן עניינים

3	מבוא:
4	רקע תיאורטי:
5	מימוש מנתח המעגל החשמלי:
5	מימוש אובייקטים ומתודות:
5	מתודת Init:
5	מתודת add_component:
5	מתודת add_probe:
5	מתודת add_voltage_source:
5	מתודת set_ground:
6	מתודת solve:
6	מתודת solve_linear_system:
6	מימוש פונקציות נוספות:
6	פונקציית parse_circuit_file:
6	פונקציית write_results_to_file:
6	פונקציית main:



מבוא:

בפרויקט זה נפתח ונתכנת Circuit Analyzer, כלי תוכנה שנועד לדמות ולנתח מעגל חשמלי המורכב ממקור מתח, אדמה, ונגדים המחוברים בטור ובמקביל. בתחום הנדסת החשמל, מידול מדויק והבנת המעגלים החשמליים הינו צורך חיוני לתכנון מערכות אמינות ויעילות. הפרויקט נועד לתת מענה לצורך זה על ידי מתן פתרון שיכול לחשב מאפיינים חשמליים כגון התנגדות כוללת, זרם כולל והתפלגות המתח והזרם על פני נגדים שונים בתוך מעגל, לפי דרישה.

מנתח המעגלים בנוי לטיפול במעגלים המורכבים מנגדים, מקורות כוח, נקודות הארקה ובדיקות, המיוצגים בפורמט קובץ קלט מובנה. אלמנטים אלו מחוברים ביניהם בתצורות שונות (טורי ומקבילי), ומשימת התוכנה היא לפשט את המעגל בשיטות קונבנציונליות תוך ביצוע חישובים במטרה לקבוע את ההתנהגות הכוללת של המעגל.

להלן התכונות הפונקציונליות שמנתח המעגלים כולל:

- ✓ **פישוט המעגל:** הכלי מפחית רשתות נגדים מורכבות על ידי זיהוי ופתרון חיבורים סדרתיים ומקבילים, דבר הגורם לניתוח קל יותר של המעגל.
- ✓ **חישוב של התנגדות כוללת:** על ידי החלת כללים עבור התנגדויות סדרתיות ומקבילות, הכלי מחשב את ההתנגדות הכוללת של המעגל.
- ✓ **קביעת זרם כולל:** באמצעות חוק אוהם, התוכנה מחשבת את הזרם הכולל שזורם במעגל, בהינתן מקור מתח ידוע.
- ✓ **חלוקת מתח וזרם:** התוכנה תספק מידע מפורט על המתח והזרם על פני כל נגד, דבר המאפשר הבנה מעמיקה יותר של פעולת המעגל.
- ✓ **פלט נתוני בדיקה:** עבור כל נגד או חיבור בין נקודות שונות במעגל, מנתח המעגלים מוציא את המתח והזרם הספציפיים, ומאפשר ניתוח ממוקד בתוך המעגל.

הפרויקט מיושם באמצעות שפת הקוד Python, קורא את תצורת המעגל מקובץ טקסט, מעבד את הנתונים, ולאחר מכן מבצע חישובים כדי לייצר את המאפיינים החשמליים הנדרשים שתוארו קודם לכן. התוצאות מועלות בפורמט מובנה, המשקף הן את התנהגות המעגל הכוללת והן מדידות בדיקה מפורטות.

פרויקט זה משמש כיישום מעשי של העקרונות הנלמדים בקורסי התכנות השונים, תוך הדגשת חשיבותם בפתרון בעיות הנדסיות בעולם האמיתי. הפיתוח של ה-Circuit Analyzer לא רק מחזק את המושגים התיאורטיים אלא גם מספק כלי שימושי לניתוח והבנת מעגלים חשמליים ביישומים שונים.



רקע תיאורטי:

בהינתן מעגל חשמלי שאותו נרצה לנתח, נבצע את סדרת הפעולות הבאות:

1. זיהוי צמתים או לולאות:

על מנת להתחיל בניתוח המעגל החשמלי, נבחר תחילה דרך פעולה מאחת הדרכים הבאות:

- **מתחי צמתים:** נתחיל בזיהוי כל הצמתים במעגל. נבחר צומת ייחוס (אדמה), אשר תשמש כנקודת המתח אפס.
- **זרמי חוגים:** לחילופין, אם משתמשים בזרמי חוגים, נוזה את כל הלולאות העצמאיות בתוך המעגל.

2. חוקי קירכהוף:

- עבור ניתוח מתחי צמתים, נשתמש בחוק הזרמים של קירכהוף (KCL) בכל צומת שאינה צומת ייחוס. פעולה זו תייצר לנו מערכת משוואות לינאריות המתייחסות למתחים בצומת.
- עבור זרמי חוגים, נשתמש בחוק המתחים של קירכהוף (KVL) סביב כל לולאה עצמאית כדי ליצור משוואות הקשורות לזרמים העוברים בלולאה. גם כאן נקבל מערכת משוואות לינארית.

3. הבעת מערכת המשוואות בצורה מטריציונית:

נסדר את מערכת המשוואות הליניאריות הנגזרות מ-KCL או KVL לצורת מטריצה: $Ax = b$ כאשר מטריצה A היא מטריצה המכילה את ערכי הנגדים או מוליכויות במעגל, הווקטור x הוא ווקטור נעלמים המכיל זרמים או מתחים (תלוי בשיטת הניתוח בה השתמשנו). ווקטור b מכיל את המקורות (זרם או מתח) הבלתי תלויים במעגל החשמלי.

4. פתירת המערכת הליניארית:

בכדי למצוא את ווקטור הנעלמים, נשתמש בשיטות לפתרון מערכת משוואות לינאריות. להלן מספר דרכים לכך:

- **הפיכת מטריצה A :** בהנחה כי מטריצה A היא מטריצה הפיכה, ניתן לבצע את הפעולה הבאה: $x = A^{-1}b$ ובכך למצוא את ווקטור הנעלמים.
- **זירוג מטריצה A :** ניתן לדרג את מטריצה A כך שתהיה משולשת עליונה ובכך לפתור מערכת משוואות לינאריות באופן קל וברור יחסית. (לשיטה זו קוראים גם שיטת גאוס).
- **שיטות נומריות איטרטיביות¹:** בעזרת שיטות נומריות שונות כגון שיטת זיידל או שיטת יעקובי ניתן בצורה איטרטיבית להגיע לפתרון המערכת הנ"ל.

5. פרשנות התוצאות:

לאחר קבלת וקטור הנעלמים למעשה קיבלנו את מתחים בצמתים השונים או הזרמים בלולאות המעגל (תלוי בשיטת הניתוח). בתוצאה זו נוכל להשתמש לחישוב גדלים נוספים כגון התנגדות כוללת במעגל או זרם ומתח על רכיב מסוים.

¹ שיטות אלה נלמדו במסגרת הקורס "אנליזה נומרית" שאחד מכותבי דוח זה לקח במסגרת לימודיו.



מימוש מנתח המעגל החשמלי:

את מנתח המעגל החשמלי נרצה לממש תוך שימוש בעקרונות מנחים שתוארו ברקע התיאורטי. מכיוון שקובץ הנתונים מכיל בין היתר את החיבורים של כל רכיב במעגל, ניתן להתייחס אליהם בתור צמתים במעגל. לכן, נשתמש בשיטת מתחי צמתים (KCL) לטובת ניתוח המעגל.

מימוש אובייקטים ומתודות:

במסגרת הכנת הפרויקט, מימשנו את האובייקט Circuit אשר מייצג את המעגל החשמלי. האובייקט הנ"ל מאפשר הוספת רכיבים, הגדרת מקורות מתח וצמתי הארקה, ומציאת הערכים הנדרשים באמצעות פתרון מערכות משוואות לינאריות. זאת, כפי שנדרש בהגדרת המשימה ובקובץ הנתונים המכיל את המידע על המעגל.

מתודות Init:

- המתודה הנ"ל מגדירה ומאתחלת את האובייקט Circuit בעל התכונות הבאות:
- ✓ **Nodes:** קבוצה (set) לאחסון כל הצמתים הייחודיים במעגל (נקודות חיבור בין נגדים)
 - ✓ **Components:** מילון המכיל את הנגדים במעגל הנתון. כל רכיב מסומן לפי שמו כפי שהופיע בקובץ הנתונים, תוך התחשבות ב-"צומת ההתחלה", "צומת הסיום" ובערך הנגד.
 - ✓ **Probes:** רשימה לאחסון בדיקות למדידת מתחים או זרמים ספציפיים במעגל.
 - ✓ **Voltage source:** אחסון מידע על מקור המתח במעגל, כולל הצומת שאליו הוא מחובר וערכו.
 - ✓ **Ground node:** אחסון הצומת שמיועד כצומת הקרקע (צומת ייחוס).

מתודת add component:

מתודה זו מוסיפה רכיב חדש לאובייקט Circuit.

מתודת add probe:

מתודה זו מוסיפה בדיקה חדשה למעגל, למדידת מתחים וזרמים במיקום ספציפי במעגל.

מתודת add voltage source:

מתודה זו מוסיפה את מקור המתח לאובייקט.

מתודת set ground:

מתודה זו מגדירה צומת ספציפי במעגל כנקודת ההארקה או הייחוס. (נקודה נתונה במעגל).

מתודת solve:

המתודה העיקרית באובייקט Circuit, אשר אחראית על פתירת מערכת המשוואות לניתוח מעגליים חשמליים בעזרת השיטה "מתחי צמתים". הפונקציה ממדלת את המעגל המתואר בקובץ הקלט ומחשבת את הזרם והמתח בכל צומת וכן גם את סך כל הזרם וההתנגדות במעגל המתואר. במתודה זו אנו בונים מטריצת מוליכויות G^2 , ו-וקטור זרמים I במטרה לייצג את המעגל המבוסס על חוק הזרם של קירכהוף (KCL). לאחר מציאת כל הצמתים במעגל, תוך שימוש בפקודת "linalg.solve" המובנית בספריית NumPy ופתירת מערכת משוואות לינארית, הפונקציה תחשב את סך כל הזרם העובר דרך מקור המתח וכך תקבע גם את ההתנגדות הכוללת במעגל. כמו כן, הפונקציה תמדוד ותחשב את המתח והזרם הנמדד בנקודות ספציפיות (Probes) אשר הוגדרו בקובץ הקלט של המעגל. את כלל הוצאות המחושבות נחזיר בפורמט מובנה כמילון.

מתודת solve linear system:

מתודה האחראית על פתרון מערכת המשוואות שהתקבלה מהמעגל ($G \cdot V = I$) על ידי שימוש בפקודת "linalg.solve" שתוארה קודם לכן.

מימוש פונקציות נוספות:

במסגרת מימוש מנתח המעגל החשמלי, בנינו מספר פונקציות עזר:

פונקציית parse circuit file:

פונקציה זו קוראת מקובץ הקלט ויוצרת אובייקט Circuit, בהסתמך על תוכן הקובץ. בצורה איטרטיבית, נעשה מעבר על כל שורה בקובץ הקלט והנתונים בו מסווגים לנגדים, בדיקות (Probes), מקורות מתח וצמתי אדמה. נתונים אלו נוספים לאובייקט Circuit באמצעות המתודות המתאימות שתוארו קודם (add_component, add_probe). הפונקציה מחזירה את האובייקט כאשר הוא מכיל את כל הנתונים שתוארו בקובץ הפלט, בפורמט נוח ונגיש לעיבוד.

פונקציית write results to file:

פונקציה זו כותבת את תוצאות הניתוח של המעגל הנתון לקובץ פלט. דרך יצירת קובץ חדש לפי הפורמט הנדרש בפרויקט זה, כלל הנתונים שנתבקשנו לחשב נכתבים לקובץ הפלט.

פונקציית main:

הפונקציה האחראית על תהליך העבודה. על ידי קריאה לפונקציה הקוראת את נתוני קובץ הקלט, קריאה נוספת למתודת solve באובייקט Circuit וכתובה לקובץ הפלט, נקבל את התוצאה הרצויה.

² נעשה שימוש בספריית NumPy אשר נלמדה בקורס "מערכות לומדות ולמידה עמוקה" במהלך התואר.