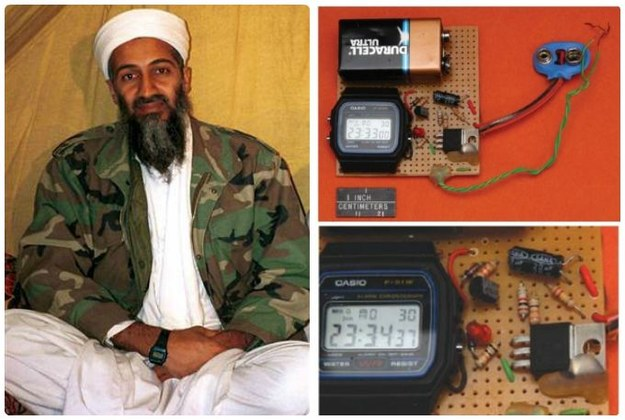
תרגיל הכשרה RTC

מטרת תרגיל זה היא להכשיר מהנדס רכיבים להבנת מבנה של רכיב לוגי פשוט יחסית באמצעות בניה שלו באמצעות מעגלים לוגיים בסיסיים. בסוף התרגיל אתם תדעו איך עובד שעון יד דיגיטלי כמו זה שבתמונה למטה.



מטרה משנית בתרגיל היא לעודד למידה ע"י קריאה מספרים וביצוע סימולציות - לכן התרגיל כולל הפניות לספר Micro-electronic circuits של Sedra and Smith שאפשר למצוא מסתובב במדור וכולל סעיפים של בניה וניתוח תוצאות סימולציה של מעגלים אנלוגיים בתוכנת Pspice. שימו לב שהתרגיל כולל הפניות לפרקים מסוימים אך מעודד גם קריאה של פרקים מעבר למה שנדרש. ההפניות בספר לא מכוונות בהכרח בסדר כרונולוגי, אלה לפי הסדר הנדרש לצורך פתרון התרגיל במטרה ללמוד תו"כ תנועה.

הפרק השני ברובו דיגיטלי וכולל הפניות לספר Digital logic design של פרופ' גיא אבן ומוטי מדינה.

# פרק 1: העולם אנלוגי!

הפרק הראשון מתמקד בעולם האנלוגי, בו האותות משתנים באופן רציף. לצורך הפרק הזה עליכם לדאוג להתקנת תוכנת Pspice לסימולציות.

## קריאה מקדימה

על מנת ליישר קו בנושאי אלקטרוניקה, עליכם לקרוא מספר פרקים נבחרים מפרק Sedra and Smith:

* Signals and amplifiers - אותות אנלוגיים, מגברים ומבוא לתחום התדר.
  + נספחים C,D,E,F שימושיים במיוחד וכוללים מבוא מתמטי לאלקטרוניקה - *לא הכרחי אבל מומלץ במיוחד*.
* טרנזיסטורי MOS - פרקים 5.1 עד 5.4 כולל.
* מהפך CMOS - פרק 13 (*פרק 13.5 בונוס*)
* פרק 17 - מתנדים ומחוללי אותות מחזוריים. (*לקריאה לפני הסעיף השני*)

## פרק 1 - סעיף ראשון: מהפך CMOS

בסעיף זה אתם נדרשים לבנות מהפך CMOS בתוכנת הסימולציה Pspice, לבצע סימולציה ולענות על מספר שאלות.

* בצעו סימולציית DC פרמטרית והציגו גרף VTC. הסבירו מה המשמעות שלו.
  + בהסבר יש להתייחס לפרמטרים רלוונטים לרמות מתחים: VIH, VOH Noise-margin וכו'.
* הכניסו אות מדרגה והציגו את אות המוצא יחד עם אות המוצא על אותו הגרף.
  + בסעיף זה התייחסו לתוצאה והסבירו מה זה Propagation delay.
* הסבירו על מעגלים לוגיים מבוססי TTL ואופן הפעולה שלהם (*חיפוש בגוגל או בגרסה ישנה יותר של Sedra - אם אתם מתקשים למצוא פנו לרש"צ*)
  + סמלצו את גרף ה VTC של מהפך TTL.
* הציעו מימוש של שער AND עם 2 כניסות באמצעות 4 טרנזיסטורים. (רמז: חיבורים בטור ובמקביל)
* שרשרו שני שערי NOT זה אחר זה והסבירו מה המוצא של כל אחד מהם. האם יש כמה מצבים אפשריים?
  + החליפו את השערים הללו בשערי NAND כך ששתי הכניסות הנוספות הן כניסות של המעגל. כתבו טבלת אמת שמתארת את מצב המוצאים של השערים.
  + חזרו על הסעיף הקודם עם שערי NOR.
  + הסבירו מהו מצב אסור.
* הציעו דרך לממש מעגל NAND-FF שרגיש **לעליה** של אות שעון. (רמז: מעגל גוזר)
* הסברו מה הם זמני Setup ו Hold.
* הסברו מה זה Race condition בהקשר של Flip-flopים. הסבירו את שיטת Master-slave לצורך מניעת התופעה.

## פרק 1 - סעיף שני: מגביש לשעון זמן אמת

תזכורת: קראו את פרק 17 ב Sedra.

בסעיף זה נשאל מספר שאלות על מתנדים ונלמד איך באמת מייצרים מקור תדר ל RTC.

* הסבירו בקצרה על מתנד גבישי, הציעו מעגל פשוט שמייצר אות ריבועי בתדר מדויק ממתנד גבישי, הסבירו מה מטרת כל רכיב במעגל.
  1. בתשובתכם הסבירו כיצד המעגל עונה על תנאי Barkhausen.
* הציעו דרך להמיר שעון בתדר לתדר של ?
  1. מה הסיבה לבחירת התדר הספציפי הזה? (*יש לחפש ב Google*)

# פרק 2: מתקדמים למעגלים דיגיטליים

העולם האנלוגי מרתק - אפשרי ללמוד ולהעמיק בו שנים. אם זאת, בתרגיל זה אנחנו מעוניינים לממש שעון דיגיטלי! לשם כך עלינו ללמוד מספר מונחים בסיסיים ולפתור מספר תרגילים מכווני משימה כך שבסופו של דבר נוכל לחבר אותם למעגל חשמלי עובד.

## קריאה מקדימה

## פרק 2 - סעיף ראשון: לוגיקה קומבינטורית

בסעיף זה נלמד על לוגיקה קומבינטורית. בסוף הפרק הזה תלמדו כיצד ממשים מעגלים חשמליים שמממשים טבלת אמת שהיא פונקציה בין מספר כניסות בינאריות.

בפרק הזה בתרגיל,אתם מופנים לפרקים הבאים בספר:

* פרק 5: Binary representation
* פרק 6: Propositional logic
* פרק 9: מעגלים צירופיים
* פרק 14: Selectors and shifters
* פרק 15 ו 16: סיכום בינארי

עליכם לענות על השאלות הבאות:

* פשטו את הביטוי הבא באמצעות חוקי דה-מורגןF=(A'B'+AB)’
* מלאו את הטבלה הבאה המתארת המרת מספרים בין בסיסים

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| בסיס 10 | בסיס 2 | בסיס 16 |
| 38 |  |  |
|  | 101100 |  |
|  |  | 3A |

* הסבירו את שיטת Two's compliment ואת שיטת One's compliment לייצור ספרות בשיטה הבינארית.
* הסבירו על הקודים הבאים ותנו דוגמא לשימוש.
  + קוד Gray
  + קוד BCD
* ממשו ב Logisim מעגל צירופי שבודק האם וקטור בינארי באורך 6 ביט שווה למספר 60 ומחזיר ביט בודד שערכו 1 במידה וכן, 0 אחרת.
  + מה כמות השערים הבוליאנים שהשתמשתם במימוש אופטימלי?
* מימוש מעגל סיכום Binary adder:
  + ממשו Half adder:
    - 2 כניסות בינאריות A ו B
    - 2 מוצאים Out ו Carry כאשר השרשור {Carry, Out} שווה לסכום הבינארי A+B.
    - כתבו טבלת אמת ושרטטו מעגל צירופי שמממש אותה.
  + מימוש Full adder
    - 3 כניסות בינאריות A B ו Carry\_in
    - 2 מוצאים Out ו Carry\_out כאשר השרשור {Carry\_out, Out} שווה לסכום הבינארי A+B+Carry\_in.
    - כתבו טבלת אמת ושרטטו מעגל צירופי שמממש אותה.
  + (מימוש Ripple carry) - בסעיף זה נממש בצורה רקורסיבית מעגל סכימה של ווקטור באורך N.
    - מפרט Ripple carry adder (N)
      * כניסות A ו ווקטורים באורך N ו Carry\_in ביט בודד.
      * מוצא ו ביט בודד כך שהשרשור  
         שווה לסכום .
    - יש לצייר דיאגרמת בלוקים של באמצעות ו .
    - נתחו את זמן ה Propagation delay של המעגל כתלות באורך
      * האם יש דרך טובה יותר למימוש Adder?

## פרק 2 - סעיף שני: לוגיקה סינכרונית

על מנת לממש מעגלים ששומרים על מצב נרצה לממש מעגלי זיכרון. בסעיף זה נתחיל ממימוש יחידת הזיכרון הבסיסית ונרחיב עליה עד שנרכוש ידע תיאורטי מספיק לבניית שעון זמן אמת.

עד כה דיברנו על מעגלים סינכרוניים, כאלו שמוצאם משתנה כתלות באותות הכניסה. מעגלים אלו קשים לתכנון ובדיקה משום שנדרש לבדוק כל תזמון אפשרי של אותות כניסה לצורך לבצע אפיון מלא של מכונת המצבים של המעגל. לרוב נעדיף לעבוד בלוגיקה סנכרונית בה יש אות בודד (שעון) לרוב ריבועי שמפוזר לכל המעגלים במערכת. עליה או ירידה של השעון יגרמו לכל המעגלים במערכת לשנות מצב בו-זמנית.

לצורך קבלת לוגיקה סנכרונית עלינו ליצור Flip-flop מוזן משעון, אות ייעודי שלרוב מסומן במשולש קטן.

* הסבירו מה ההבדל בין מכונת Mealey למכונת Moore. (*יש לחפש ב- (Google*
* *ממשו ב Logisim מעגל שסופר 5 עליות שעון ובעליה השישית משנה מצב של המוצא מ 1 ל 0 אם היה 0 ומ 0 ל 1 אם היה 1.*
* כמה FFים נדרש כדי להציג מספר עשרוני בין 0 ל 59?

# פרק 3: מימוש ה RTC

בפרק זה תיעזרו בתכנת הסימולציה למעגלים דיגיטליים ששמה Logisim על מנת לממש שעות יד באמצעות שערים לוגיים. על מנת להקל עליכם מימשנו את רוב המעגל בתכנה והותרנו בלוקים ספציפיים שעליכם להשלים על מנת לקבל את השעון העובד.

* חישבו כיצד ניתן לדעת כמה ימים יש בכל חודש בשנה?
* קראו על Seven segment display והסבירו על תצוגה שלו באמצעות קידוד binary coded decimal

## קריאה מקדימה

## פרק 3 - סעיף ראשון: מימוש ב Logisim

ב