

מערכות מחשב ואסמבלר

הזמן הנדרש

עיוני - 60 שעות

מעשי - 30 שעות

אוכלוסיית יעד

תלמידים אשר למדו מדעי המחשב וסיימו לפחות יסודות מדעי המחשב 1 ויסודות מדעי המחשב 2.

מבוא ורציונל

מטרת יחידה זו לסייע להבין את הקשר בין תוכנה לחומרה, ולהכיר את עקרונות פיתוח תכניות בשפת סף.

ביחידה זו שלושה חלקים:

חלק ראשון - החומרה (פרקים 1-3)

מתאר את הארכיטקטורה של המחשב המבוססת על תפיסה של תכנית מאוחסנת המממשת מכונת חישוב אוניברסלית (מודל von Neumann). ארכיטקטורה זו באה לידי ביטוי במחשבים לשימוש כללי הקיימים מזה עשרות שנים ועד למחשבים המודרניים ביותר. מימוש תפיסה זו מאפשר למחשב להריץ מגוון של תכניות (אפליקציות) המבצעות עיבודים מגוונים, מאפשר לקלוט מגוון של נתונים שונים בסוגים (מספרים, מילים) וממקורות קלט שונים, ולהציג מגוון של קלטים (טקסט, גרפי, אודיו וכדומה). ידע זה יהווה בסיס לתכנות בשפת סף וימחיש את עקרונות התכנות שהתלמידים למדו בקורס יסודות. הצגת החומרה תהיה ברבדים, כאשר בשלב ראשון מתייחסים לתרשים מלבניים ולעקרונות של אופן ביצוע תכנית מאוחסנת במחשב, ובשלב השני ייחשף מבנה עקרוני של כל יחידה בסכמת מלבנים, כדי לאפשר להציג מידע מדויק יותר על אופן ביצוע תכנית. לסיכום יתואר באופן מפורט יותר כיצד מתבצעת תכנית במחשב (תיאור של מחזורי כתיבה וקריאה). בסיום חלק זה יוצג המבנה של מחשב המבוסס על מיקרו-מחשב 8086, כולל תיאור של המרכיבים העיקריים שתוארו במחשב והדרושים ללימוד שפת סף.

חלק שני - התוכנה (פרקים 4-5)

בחלק זה התלמידים יכירו וילמדו לכתוב תכניות בשפת סף, שפה שבה ההוראות מתייחסות באופן ישיר יותר למבנה המחשב. היכרות עם שפת סף תורמת לשלושה היבטים: 1. הבנה טובה יותר של מבנה המחשב; 2. היכרות עם שפת תכנות שטובה בעיקר לביצוע יישומים שבהם הזמן קריטי (יישומי זמן אמת); 3. הבנה טובה יותר של מושגים שנרכשו ביסודות 1 ו-2 ומתייחסים למבנים בסיסיים של שפת תכנות כמו הוראות השמה, הוראות בקרה, שגרות וכיוצא באלה. לשם כך התלמידים יכירו ויתרגלו את שפת הסף של מעבד 8086, כדוגמה מייצגת של שפות סף.

חלק שלישי - התפתחויות וארכיטקטורה במיקרו-מעבדים מודרניים (פרק 6)

חלק זה יכלול הרחבות המתייחסות למערכות מחשב מודרניות, יידונו התפתחויות בתחום המחשבים ונושאים בארכיטקטורה שתפקידם להשיג מהירויות עיבוד גבוהות יותר כמו: גודל מילה, אוגרים מיוחדים, אוגרים לטיפול בנקודה צפה, מעבדים לעיבודים מתמטיים, ארכיטקטורה של פנטיום, זיכרון מטמון, צינור הוראות.

מטרות היחידה

1. להכיר את עקרונות המבנה הבסיסי של מחשב כמכונת חישוב אוניברסלית הדרושים כדי ליישם את התפיסה של תכנית מאוחסנת.
2. להבין את התפקידים השונים של מרכיבי המחשב בהקשר של אחסון תכנית וביצועה.
3. לדעת כיצד מאוחסן מידע (נתונים והוראות) במחשב.
4. להכיר מבנה מחשב המבוסס על מעבד 8086.
5. להכיר שפת סף 8086: יתרונות בכתיבה בשפת סף לעומת שפה עילית, היתרונות והחסרונות הנובעים מהבדלים בין השקיפות של חומרת המחשב בשפות עיליות לעומת שפת סף.
6. היכרות עם אוצר פקודות של 8086 המדגימות מרכיבים שונים שקיימים בכל שפת תוכנה: הוראות השמה, בקרה (הסתעפות), לולאות, שגרות, קלט ופלט.
7. להבין כיצד מאוחסנים ומטופלים טיפוסים נתונים שונים (שלם, ממשי, תו) ומבני נתונים (מערכים) במחשב.
8. להבין כיצד מתבצעת תכנית בשפת סף ובשפות עיליות במחשב.
9. להכיר התפתחויות שחלו במחשבים מודרניים שנועדו לשכלל את מבנה המחשב הבסיסי.
10. להכיר נושאים בארכיטקטורה של מיקרו-מעבדים מודרניים (פנטיום) בהשגת מהירויות עיבוד גבוהות.

טבלת הפרקים וחלוקת השעות המוצעת

פרקי הלימוד	מעשי	עיוני
פרק 1 - מבוא		2
פרק 2 - הצגת מידע במחשב – שיטות ספירה	2	8
פרק 3 - יחידות בסיסיות במחשב		8
פרק 4 - מבוא לשפת סף	10	14
פרק 5 - תכנות מתקדם בשפת סף של המיקרו-מעבד 8086	18	22
פרק 6 - התפתחות של מעבדים מודרניים		6
	30	60

הערה [A1]: ביצתי שינויים בחלק משמות הפרקים בהתאמה לשמות שמופיעים בפירוט הפרקים שבהמשך. יש להאחיד שמות!

סביבת העבודה

שפת התכנות ביחידה זו היא שפת טורבו אסמבלר. סביבת עבודה הכוללת editor, debugger מאפשרת להמחיש את העקרונות העיוניים והמעשיים של היחידה.

ביבליוגרפיה

1. ארגון המחשב ושפת סף, האוניברסיטה הפתוחה
2. ארגון המחשב ותכנותו, אריה פיקז, האוניברסיטה הפתוחה
3. שפת סף 8086/88, ביי"ס לטכנולוגיה של האוניברסיטה הפתוחה
4. מחשבים ומיקרו-מעבדים חלק א' וחלק ב' – ביה"ס לטכנולוגיה של האוניברסיטה הפתוחה, מטח ומשרד החינוך
5. The 80x86 Family, Design, Programming, and Interfacing. Uffenbeck, J., 1998, Prentice-Hall International, Inc

פרק 1 – מבוא (2 שעות)

מטרות

בפרק זה התלמיד יתוודע למבנה הבסיסי של מחשב המממש את התפיסה של תכנית מאוחסנת של von Neuman. ידע זה מתקשר למחשב כמכונת חישוב אוניברסלית, שאותו הכירו התלמידים הן כמשתמשים של אפליקציות רבות והן כמתכנתים בשפות עיליות.

תכנים

- מהו מחשב – מחשב כמכונת חישוב אוניברסלית, תפיסה של תכנית מאוחסנת (נתונים והוראות)
- מבנה סכמטי של המחשב הבסיסי: תרשים מלבנים המתאר את היחידות השונות של המחשב והתפקידים שלהם, ללא פירוט מבנה היחידות הללו
- העברת מידע במערכת – סוג המידע שזורם מיחידה ליחידה
- איך מתבצעת תכנית באופן עקרוני: מחזור ביצוע הוראה: Fetch and Execute
- היסטוריה – התפתחות (דורות) של מחשבים

פרק 2 – הצגת מידע במחשב - שיטות ספירה (10 שעות)

מטרות ויעדים

פרק זה יתייחס לאופן שבו מאוחסן מידע מכל סוג שהוא (הוראות תכנית, נתונים, בקרה וכדומה) והסיבות שמידע במחשב מאוחסן בשיטת ספירה שונה משיטת הספירה העשרונית. בפרק זה יודגשו העקרונות הבאים:

הערה [A2]: כתיבת הביבליוגרפיה שלהלן אינה תקינה. כדי לכתוב אותה לפי הכללים – יש להכניס פרטים נוספים, כמו: שם המחבר, שנה...

משרד החינוך
המינהל למדע וטכנולוגיה
מגמת הנדסת תוכנה

- אחידות בהצגת מידע שונה שמאפשרת לממש את עקרון המכונה האוניברסלית, אף על פי שבשפה עילית אנו מתייחסים לנתונים המוצגים בצורה מגוונת (מספרים, מחרוזות וכדומה).
- הסיבות לשיטת ייצוג בינרי במחשב.

תכנים

- סוגי מידע שמאוחסנים וזורמים במחשב: הוראות (של תכנית), נתונים, הוראות בקרה, כתובות
- שיטות ספירה (ייצוג): עשרוני, בינרי והקסדצימלי וסדרי גודל של מספרים בינריים: KB, GB, MB
- המרה משיטת ספירה עשרונית לשיטת ספירה בינרית והקסדצימלית
- ייצוג מספרים שלמים עם סימן
- ייצוג מספרים ממשיים עם סימן
- ייצוג תווים
- פעולות חישוב בשיטת ספירה בינרית והקסדצימלית: חיבור, חיסור וכפל
- פעולות לוגיות: And, Or, Not, Xor
- קידוד במחשב: ASCII, BCD, קוד משלים ל-2, קוד EBCDIC

פרק 3 – יחידות בסיסיות במחשב (8 שעות)

הערה [A3]: השם שונה בהתאמה לטבלת הפרקים.

מטרות ויעדים

בפרק זה יוצג מבנה היחידות הבסיסיות במחשב במטרה להבין כיצד מתבצעת תכנית בצורה מפורטת יותר. בכל יחידה יוצגו המרכיבים הבסיסיים והתפקידים שלהם המאפשרים ביצוע תכנית במחשב. רובד נוסף זה מאפשר להתייחס בצורה מפורטת לרכיבים השונים ולהכיר מושגים חשובים ללמוד שפת סף ומבנה של מיקרו-מחשב 8086, אך עדיין מתייחס לרכיבים כאל קופסאות שחורות (סכמת מלבנים מפורטת יותר) ובעיקר לתפקידם במערכת. בפרק זה חמישה סעיפים המתייחסים לנושאים הבאים: יחידת העיבוד המרכזית (יע"מ), הזיכרון, יחידות קלט/פלט, פסים להעברת מידע בין יחידות המחשב השונות וסיכום המתאר את אופן ביצוע ההוראות וזרימת המידע בין היחידות השונות. הסעיף האחרון מציג את הארכיטקטורה של המחשב המבוססת על מיקרו-מעבד 8086 כדוגמה למימוש על העקרונות המתארים מחשב בסיסי.

משרד החינוך
המינהל למדע וטכנולוגיה
מגמת הנדסת תוכנה

תכנים

- יחידת העיבוד המרכזית – היע"מ: תפקידי היע"מ, מבנה עקרוני של יע"מ והמרכיבים העיקריים בו (ALU, אוגרים למטרות כלליות וצובר, מונה תכנית, אוגר הוראות), שבעזרתם מבצע היע"מ את תפקידיו.
- הזיכרון – הזיכרון כאוסף של תאים שבהם ניתן לאחסן נתונים והוראות, התא, כתובת התא וערך מאוחסן בתא, יחידת זיכרון בסיסית: בית, מילה, פעולות על תאים בזיכרון: אחסון ועדכון מידע, אחזור מידע. חשוב להדגיש כי מבחינת המחשב המידע מאוחסן בזיכרון בצורה אחידה (בינרית), וכי הפירוש לסוג המידע ואופן הטיפול בו מתבצעים ביע"מ. סוגי זיכרונות ראשי ומשני והשימושים בהם. סדרי גודל של נפח זיכרון (KB, MB, GB).
- יחידות קלט/פלט: משמשות ממשק בין המשתמש והמתכנת והמחשב. בסעיף זה יתואר בקצרה המגוון של אופני יחידות קלט כמו: טקסט ממקלדת, הצבעה באמצעות עכבר, סריקת מסמכים, קלט ממחשבים אחרים בתקשורת, וכן יוצג מגוון של יחידות פלט כמו: צג, מדפסת, רשם, המאפשרים מגוון צורות הצגה כמו: טקסט, גרפיקה, קול וכיוצא באלה.
- פסים להעברת מידע בין יחידות המחשב השונות: פסי בקרה, פסי נתונים ופסי כתובת.
- אופן ביצוע הוראה במחשב וסוג המידע הזורם בין היחידות השונות: מחזור ביצוע הוראת קריאה ומחזור ביצוע הוראת כתיבה.
- סכמת מלבנים של מחשב מבוסס על מיקרו-מעבד 8086 (מבנה עקרוני, סוגי אוגרים, מבנה זיכרון – סגמנטים).

פרק 4 – מבוא לשפת סף (24 שעות)

מטרות ויעדים

- פרק זה הוא פרק מבוא לחלק השני של הקורס העוסק בתוכנה ומטרותיו הם:
- להציג את ההבדלים, היתרונות והחסרונות בין שפות תוכנה עיליות לעומת שפת מכונה ושפת סף מבחינת המתכנת, תוך כדי התייחסות למושגים כמו אבסטרקציה, שקיפות. צריך להדגיש שמרכיבי שפת מכונה ושפת סף מתייחסים למרכיבים פיזיים ופונים ישירות ליחידות המחשב, בעוד שבשפה עילית אנו מתייחסים למרכיבים לוגיים כמו משתנים, הוראות בקרה, לולאות, מבני נתונים; כל זאת מבלי להתייחס למימוש במחשב.
 - לכתוב תכנית בסיסית (הכוללת הוראות השמה וחישוב) בשפת סף למיקרו-מעבד 8086.
 - להכיר את סביבת העבודה של טורבו אסמבלר, להריץ תכניות אסמבלי מוכנות ולכתוב תכניות פשוטות.

תכנים

- מרכיבים של הוראה: הפעולה עצמה והנתונים, בשפה עילית ובשפת סף.

משרד החינוך
המינהל למדע וטכנולוגיה
מגמת הנדסת תוכנה

- דורות של שפות תכנות : שפת מכונה, שפת סף, שפה עילית.
- שפת מכונה : דוגמה להוראה בשפת מכונה, חסרונות ויתרונות של כתיבה בשפת מכונה.
- שפת הסף : תפקידה, יתרונות וחסרונות של שימוש בשפת סף לעומת שפת מכונה ולעומת שפות עיליות.
- מבנה הוראות בשפת הסף : דוגמה להוראה פשוטה בשפת הסף - הוראת חיבור בין שני אוגרים.
- מבנה תכנית בשפת אסמבלי : מרכיבים של שורת הוראה בתכנית.
- כתיבת תכנית אסמבלי בסיסית בשפת סף של מיקרו-מעבד 8086 המתייחסת להוראות הבאות :
 - הוראות להעברת נתונים (השמה) בין אוגרים
 - הוראות אריתמטיות : חיבור, חיסור, כפל וחילוק
 - הוראות לוגיות, הזזה וסיבוב

פרק 5 - תכנות מתקדם בשפת סף של המיקרו-מעבד 8086 (40 שעות)

מטרות ויעדים

פרק זה מציג מנגנוני תכנות מתקדמים : לולאות, שגרות, פסיקות ומחרוזות. כמו כן יוצגו שיטות מיעון המאפשרות ביצוע הוראות השמה וחישוב עם נתונים המאוחסנים בזיכרון. בסיום פרק זה יתואר אופן פיתוח וביצוע תכניות במחשב והתנסות בכתיבת תכניות, הרצתן וניפוי שגיאות בהן. כמו כן יורחב השימוש בסביבת העבודה בטורבו אסמבלר, יתוארו מושגים הקשורים למבנה הזיכרון, מקטעים, מבנה תכנית בשפת סף (אסמבלר ואסמבלי). התלמיד יתנסה בפיתוח וכתיבת תכניות בסביבה זו וילמד טכניקות וכלים לניפוי שגיאות.

תכנים

- שימוש בזיכרון ושיטות מיעון
- הוראות הסתעפות (תנאי ולולאה) : קפיצה לא מותנית וקפיצה מותנית
- שגרות ושימוש במחסנית
- פסיקות תוכנה
- הוראות קלט ופלט
- הוראות מחרוזת
- הרצה וניפוי של תכניות
 - שלבי פיתוח תכנית בשפת אסמבלר
 - שלבי ביצוע תכנית : קומפילציה, קישור, טעינה, הרצה ועד לקבלת הפלט
 - בדיקה וניפוי שגיאות

פרק 6 - התפתחות של מחשבים מודרניים (6 שעות)

מטרות ויעדים

- להציג את ההתפתחויות והשינויים שחלו במהלך השנים במבנה מחשבים – החומרה, שינויים שתומכים בתוכנה ומאפשרים להריץ אפליקציות גדולות ומורכבות יותר ובד בבד להקטין את זמן העיבוד. חשוב להדגיש שהתפיסה הבסיסית (המבוססת על הרעיון של von Neumann) לא השתנתה, והשיפורים בביצועים מושגים הודות לשיפורים במהירויות העיבוד וגודל הזיכרון.
- לסקור ולהכיר את משפחות המעבדים של אינטל ולהציג נקודות ציון המתייחסות לשיפורים בחומרה. בסקירה יוצג חלק מדורות המעבדים שבהם חל שינוי בתפיסה או שיפור משמעותי לעומת הדור הקודם. כדי להציג את ההתפתחות המאוצת בתחום זה, בכל משפחה יובאו סדרי גודל של מהירות עיבוד, גודל מילה וזיכרון.

תכנים

- סוגי מחשבים ומושגים: מיקרו-מחשבים, מחשבים גדולים, מחשבי על, מחשב מקבילי (מכיל כמה מעבדים).
- סקירה של התפתחות משפחת מעבדי אינטל:
 - 8086 - חזרה והעמקה: סכמת מלבנים, מבנה מעבד וסוגי אוגרים, פס נתונים של 16 ביט, ארכטיקטורת pipelined (לביצוע הוראות משני שלבים: EU, BIU), מעבדי עזר לשיפור ביצועי מערכת (מעבד נתונים מספריים, מעבד קלט/פלט).
 - 80486 - מבנה מעבד וסוגי אוגרים, פס נתונים של 32 ביט, שיפור בשימוש במעבד מתמטי, אופני עבודה (מצב אמיתי Real Mode, מצב מוגן Protected Mode), ארגון ארכטיקטורת pipelined בת חמישה שלבים, זיכרון מטמון (כחלק ממעבד), ארגון זיכרון - זיכרון וירטואלי, מקטעים ודפים, ניהול המעבר מיישום אחד למשנהו (time switching), הרשאות (זכויות) גישה למקטעי תכנית ונתונים, הגנה על התקני קלט/פלט משותפים ליישומים.
 - פנטיום - סכמת מלבנים של המעבד, שיפורים לעומת 40486: פס נתונים של 64 ביט, שתי יחידות ביצוע מקבילות: v-pipeline ו-u-pipeline, יחידה לחיזוי כתובת קפיצה (branch prediction).
 - פנטיום פרו - סכמת מלבנים של המעבד, הגברת מהירות מעבד באמצעות הגדל מספר טרנזיסטורים, הגברת מהירות השעון והגדלת מספר הוראות למחזור שעון, זיכרון מטמון רמה 2 מובנה, ביצוע דינמי (dynamic execution) שנועד להתגבר על "צוואר הבקבוק של מודל von Neumann", SUPER pipelining.

משרד החינוך
המינהל למדע וטכנולוגיה
מגמת הנדסת תוכנה

רשימת פקודות באסמבלר

רשימה זו מחייבת את הלומדים ביחידה חמישית מדעי המחשב, חלופת מערכות.

CALL	AND	ADD
CMP	CLI	CLC
IDIV	DIV	DEC
INC	IN	IMUL
JA	IRET	INT
JBE	JB	JAE
JE	JCZ	JC
JL	JGE	JG
JNA	JMP	JLE
JNBE	JNB	JNAE
JNLE	JNL	JNGE
JNS	JNP	JNO
JP	JO	JNZ, JNE
JS	JPO	JPE
LEA	LAHF	JZ
LOOPNE	LOOPE	LOOP
MOV	LOOPZ	LOOPNZ
NOP	NEG	MUL
OUT	OR	NOT
PUSH	POPF	POP
RCR	RCL	PUSHF
ROR	ROL	RET
SBB	SAR	SAL
STC	SHR	SHL
XLAT	XCHG	SUB
		XOR