

”כשאני שומע - אני שוכח”
כשאני שומע ורואה - אני לוכד
כשאני עושה - אני מבין! ...”

”המעבדה הממוחשבת” (MBL*)

רמי אריאלי ועובדי קדם

המחלקה להוראת מדעים, מכון וייזמן למדע.

כבר הספקנו להתרגל לעובדה שהמחשב האישי משמש ככלי לעיבוד נתונים והצגתם בצורות שונות כגון: טבלאות, מספרים, גרפים, דיאגרמות וכו'. הבעיה שהיתה בדרך כלל למשתמש היתה בשלב המייגע של הקלדת נתוני הניסוי הנמדדים אל מערכת עיבוד הנתונים - המחשב. המעבדה הממוחשבת (MBL) באה, בין היתר, על מנת לענות על בעיות מסוג זה. היא מתחברת ישירות למתמרים המצויים במערך הניסוי ומעבירה את הנתונים למחשב, מתורגמים לשפה הבינרית "המובנת" לו.

בעבר, כאשר היה צורך לקלוט נתונים מניסוי רציף, נאלצנו להשתמש בציוד יקר כגון: אוסצילוסקופ דיגיטלי (משקף תנודות סיפרתי) או רשם נייר רציף. לאחר ביצוע הניסוי היה על המשתמש לתרגם באופן ידני את נתוני המדידה ממסך האוסצילוסקופ או מסרט הנייר לנתונים מספריים שהוקלדו בצורה ידנית למחשב.

המעבדה הממוחשבת מסוגלת לקלוט מידע מניסוי בקצב מהיר ביותר המגיע עד לאלפי מדידות בשניה וכך מאפשרת לנו לקלוט אפילו מידע של קול (דיבור או צלילים) ולנתחו במחשב. המעבדה הממוחשבת מאפשרת ביצוע ניסויים שבשיטות אחרות כמעט בלתי ניתנים לביצוע, או שהביצוע הוא מייגע ובלתי מדויק.

לדוגמא: כדי להסביר מהו ההבדל בין הצליל "דו" האמצעי בפסנתר לבין אותו צליל בחליל, לא היו ברשותנו עד כה כלי

העולם המודרני ובראשו התעשייה המתוחכמת מתבססים ברובם על מערכות ממוחשבות. לצורך מדידת גדלים פיסיקליים, איסוף נתונים, עיבודם, הצגתם, ובקרת התהליכים בהם מעורבים גדלים אלו נזקקות המערכות הממוחשבות לאמצעי קשר עם העולם החיצון. אמצעי קשר אלו משמשים למערכת הממוחשבת במקום החושים עליהם

מסתמכים בני אנוש

עיניים (ראיה), אוזניים (שמיעה), אצבעות (מישוש), אף (ריח) ופה (טעם ודיבור). למעשה, מספר סוגי החישה המעבדתיים גדול בהרבה ממספר החושים המפותחים אצל יצורי אנוש, וקיימים חיישנים (סנסורים) לביצוע מדידת גדלים רבים כגון:

1. שדה חשמלי ומגנטי.

2. קרינה גרעינית לסוגיה השונים.

3. קרינה אלקטרו-מגנטית גם מחוץ לתחום הספקטרום הנראה: קרינת X, וקרינת אולטרא סגול (UV) מצד אחד, וקרינת אינפרא-אדום, מיקרוגל וגלי רדיו מהצד השני.

4. מדידת דרגת החומציות (pH) של כימיקלים.

5. מדידות טמפרטורה ולחץ.

6. זרימת נוזלים וגזים.

* Microcomputer Based Laboratory

מדידה מתאימים. יכולת החישוב המדהימה של המחשב מאפשרת ביצוע התמרת (טרנספורם) פורייה של אותות הקול הנמדדים והשוואה בין המרכיבים הספקטראליים השונים.

כמעט ואין מגבלות לאפשרויות ביצוע הניסויים באמצעות המעבדה הממוחשבת. החל ממדידות של פרמטרים פיסיולוגיים כגון קצב לב, המשך במדידות פיסיקליות של מתח, זרם, תנועה וכו' וכלה במדידות של ריכוז יוני המימן בחומצות ובסיסים (pH).

קיימת אי בהירות מסויימת לגבי המושגים הקשורים במעבדה הממוחשבת. בעזרת מאמר סקירה כללי זה ומאמרי סקירה מוגדרים עבור מערכות המצויות בשוק החינוך הישראלי, יעשה ניסיון למצוא מכנה משותף בין צרכי המשתמשים במעבדות לבין היצרנים, ואולי אף יתגבש כתוצאה מכך גם תקן ראשוני.

כמו בכל נושא חדש יש תחילה להסביר את המושגים עליהם מבוססת המעבדה הממוחשבת: רב השימוש במושג: "איסוף נתונים בזמן אמת (Real time data acquisition)". ברור כי איסוף הנתונים כשמו כן הוא, אך לא מוגדר בדיוק מהו "זמן אמת". בשלב זה נתייחס למערכות בזמן אמת כאל מערכות אשר מבצעות את איסוף הנתונים ועיבודם בתוך חלון זמן נתון, התלוי בדרישות המהירות וברמת הדיוק של המערכת הנמדדת.

מה זה MBL?

MBL הם ראשי תיבות של Microcomputer Based Laboratory (מעבדה ממוחשבת).

המעבדה הממוחשבת משמשת לאיסוף נתונים פיסיקליים, והתמרתם לאות חשמלי באופן שהמחשב יוכל לקלוט אותם.

בהכללה, מעבדה ממוחשבת כוללת:

1. חיישנים (מתמרים) (כגון מד טמפרטורה, מד זרם, וחיישן תנועה).
2. מפעילים (כגון מנועים, ברזים ומפסקים).
3. ממשק אלקטרוני (קופסה המכילה את רכיבי ההתמרה מאותות אנלוגיים לדיגיטליים).
4. חיבור למחשב עם פרוטוקול תיקשורת מוגדר.
5. המחשב ותוכנת הפעלה המשמשת גם כאמצעי הקשר של המשתמש למערכת המעבדה הממוחשבת.

ההתייחסות בהמשך היא לכל אחד מחלקים אלו בנפרד:

1. מהו חיישן (מתמר)?

מכשירי מדידה אלקטרוניים אינם יכולים לקלוט גדלים פיסיקליים כגון עוצמת קול או טמפרטורה. על כן על החיישנים להתמיר גדלים פיסיקליים שונים לאות חשמלי.

מבין מגוון המתמרים נציין:

א. מתמר קול:

מיקרופון ההופך את השינויים המקומיים בלחץ האוויר המכונים קול לאות חשמלי.

ב. מתמר אור:

רכיבים ההופכים עוצמת אנרגיה אלקטרומגנטית של אור לאות חשמלי.

אות המתמר עשוי להיות אות רציף הפרופורציוני לעוצמת האור, או אות דיסקרטי ("יש אור" או "אין אור").

קיימים מספר רב של רכיבים המשמשים כמתמרי אור, וביניהם: פוטו-דיודות, פוטו-טרנזיסטורים, נגדים תלויי אור ותאים פוטו-וולטאיים.

ג. מתמר טמפרטורה:

כדי להפוך טמפרטורה לאות חשמלי, משתמשים לרוב בנגד תלוי טמפרטורה, צמד חומני, או התקנים המבוססים על מוליכים למחצה.

ד. מתמר שדה מגנטי:

משתמשים בחיישנים הפועלים על בסיס אפקט הול (Hall Effect).

ה. מתמר מקום:

קיימים סוגים רבים: חלקם עובד על עקרון של קישור פיזי של הגוף הנע למתמר (באמצעות חוט, למשל), וחלק באמצעות מדידת זמן ההחזרה של אות קולי או על-קולי מן הגוף למשדר/ קולט.

2. מפעילים

לעיתים כוללת מערכת המעבדה הממוחשבת גם את שלב הבקרה (Control) המתבטא ביצירת אות היוצא מקופסת מימשק המעבדה לעולם החיצוני לשם הפעלת מערכות מחוץ למחשב.

3. הממשק האלקטרוני

יכול להופיע כקופסא חיצונית המתחברת למחשב באמצעות כבל, או ככרטיס אלקטרוני הנתקע לתוך חריץ ייעודי בתוך מארז המחשב. קיימים מספר מאפיינים בסיסיים למעבדה ממוחשבת, המתייחסים לחיבורי החיישנים אליה, חיבורי האותות

הנשלחים ממנה למערכות חיצוניות וחיבוריה למחשב.
נסקור כאן את העיקריים שבהם:

א. כניסה אנלוגית - A/In

מספר ניכר של חיישני (מתמרי) מדידה יוצרים אות אנלוגי (מתח או זרם) הפרופורציוני לגודל הפיסיקלי הנמדד. אות אנלוגי רציף זה יש לתרגם לערכים הדיגיטליים אותם "יודע" המחשב לקלוט ולעבד.

קיימים מספר **תקנים מקובלים** של מתח או זרם המתקבלים ממתמרי מדידה:

1) כניסות מתח: 0-10 VDC

(+5) VDC - (-5)

0-100 mV

2) כניסות זרם: 4-20 mA

עקב התקנים השונים, קיימת בעייה של תאום בין האות המתקבל מהמתמר לבין האות שהמעבדה הממוחשבת מסוגלת "להבין". במערכות המעבדה הממוחשבת הראשונות פתרו את בעיית התאום ב**חומרה**, כלומר במערכת היו כניסות נפרדות שהותאמו לתקנים השונים, או שהשתמשו ב"יחידת תיאום" בין החיישן למערכת המעבדה הממוחשבת.

השאיפה היא להגיע למצב של **כניסה אוניברסלית המזהה באמצעות תוכנה את החיישן ומתאימה על ידי פקודות פנימיות במחשב את החומרה לקליטת המידע מהחיישן למעבדה הממוחשבת.**

מכיוון שהמחשב פועל בשיטה הבינרית (שני מצבים אפשריים), הרי מספר הספרות n (ביטים) המשמשות לתרגום מספר אנלוגי מגדיר את דרגת הדיוק של תרגום המספר. **הרזולוציה (דרגת הדיוק)** של הכניסה האנלוגית מוגדרת על ידי: (מספר ביטים)². בטבלה 1 מתוארת הרזולוציה של מערכות על פי מספר הביטים של המערכת.

לדוגמא, במערכת שכושר ההפרדה שלה: 12 ביטים, נקבל עבור מתח כניסה בתחום: 0-10VDC, רזולוציה של: $10VDC/2^{12}=2.44mV$

כלומר, במדידת מתח בתחום עד 10 וולט, נקבל דיוק מכסימלי של 2.44mV.

ב. יציאה/כניסה דיגיטלית.

אות דיגיטלי (סיפרתי), כפי שמוכן מהשם, יכול לקבל את הערכים 0 או 1. כלומר הוא יכול להגדיר את המצבים: גבוה/נמוך, סגור/פתוח, קיים/לא-קיים וכו'. המידע מופיע כביט אחד במחשב ולכן הוא זול ופשוט בהרבה מכניסה ויציאה אנלוגיים. במקרים רבים זהו כל המידע הנדרש, כמו הפקודה מתי להתחיל או להפסיק תהליך מסויים, ויש לנצל כניסות/יציאות אלו במהלך תכנון הניסוי.

ג. יציאה אנלוגית - משמשת לבקרה רציפה על מערכת חיצונית. מספקת אות היוצא מהמחשב אל מערכת חיצונית. התקנים של אות זה זהים לאלו של סעיף א' פרט לאות המתח בתחום 0-100mV אשר משמש רק כאות כניסה.

לכל סוגי הכניסות לממשק המעבדה הממוחשבת קיימת תמיד מגבלת האות המכסימלי, אותו ניתן לספק למערכת מבלי לגרום לה נזק, ומגבלות האות המכסימלי והמינימלי אותם מסוגלת המערכת לדגום ולתרגם בצורה מדוייקת.

4. תיקשורת למחשב

בדרך כלל ניתן לחבר לתוך המחשב כרטיסים מסוגים שונים כגון:

א. כרטיסים לאיסוף נתונים.

ב. כרטיסי תיקשורת.

ג. כרטיסים למטרות מיוחדות.

מערכת הממשק של המעבדה הממוחשבת כוללת לרוב מספר פונקציות שונות מתוך הכרטיסים הנ"ל. כדי שיהיה נוח ופשוט למשתמש הבלתי מתוחכם להתחבר למעבדה ולהפעילה, מופיעות רוב מערכות המעבדה הממוחשבת כקופסאות נפרדות המתחברות למחשב באחת ממספר שיטות חיבור:

א. חיבור ליציאה המקבילית התיקנית המצויה במחשב (יציאת המדפסת).

ב. חיבור ליציאת התיקשורת הטורית התיקנית (RS232).

ג. חיבור על ידי כרטיס מיוחד הנתקע לאחד מחריצי ההרחבה בתוך קופסת המחשב.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2 ⁿ	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768	65536

טבלה 1

5. המחשב עם תוכנת ההפעלה

תפקידי המחשב לגבי האינפורמציה הניסויית הם:

א. איסוף הנתונים.

ב. ניתוח ועיבוד מתמטי.

ג. הצגת הנתונים למשתמש בצורה הנוחה ביותר.

ד. איחסון הנתונים המעובדים לשימוש מאוחר יותר.

ה. שילוב של מספר הפעולות שתוארו לעיל באופן

שהמחשב ישמש במקום מכשירי המעבדה המקובלים.

אחד היתרונות הגדולים של המחשב הוא יכולתו לבצע

אמולציה (Emulation) של ציוד מעבדתי. כלומר, הוא

יכול לבוא במקום ציוד מעבדתי יקר ומסובך. לדוגמא,

ניתן להשתמש במחשב במקום כל אחד מהמכשירים

הבאים:

א. אוסצילוסקופ דיגיטלי עם זכרון.

ב. מחולל אותות.

ג. מד תדירות.

ד. מנתח תדרים (Spectrum Analyzer).

ה. מסננים (פילטרים) אלקטרוניים לתדר גבוה ולתדר

נמוך, ועוד.

על ידי השימוש במחשב אחד במקום ציוד מיוחד לכל

מטרה, נחסך כסף רב, מצטמצמת הבעיה של חוסר מקום

במעבדה, וכן משתפרת נוחיות ההפעלה.

שיטת העבודה היא יצירת מכשיר מדומה (וירטואלי)

(VIRTUAL Instrument) באמצעות התוכנה. כלומר,

בלחיצת כפתור מגדירים את הפונקציות אותן תבצע

המערכת ללא הצורך לחבר פיזית את כל המכשור

המעבדתי המסובך.

כיצד מתקשרת המעבדה הממוחשבת להוראת

הפיסיקה?

הוראת הפיסיקה בבתי הספר התיכוניים מתבצעת בעיקרה

על ידי לימוד "יבש" מהספרים, כאשר המורה משתמש לרוב

בלוח הכיתה לצורך ההסבר כיצד לפתור בעיות באמצעות

נוסחאות מתמטיות. ביצוע ניסויים מעבדתיים על ידי כל

אחד מתלמידי הכיתה ("התנסות אישית") הוא בדרך כלל

תהליך ארוך ומסובך. עקב הלחץ המופעל על המורים

והתלמידים לקראת בחינת הבגרות, לא ניתנת בדרך כלל

לתלמיד ההזדמנות לבצע מספר רב של ניסויים בעצמו.

תהליך ביצוע הניסויים על ידי התלמיד כולל רישום ידני של

התוצאות המספריות הנמדדות, עיבודן המתמטי על ידי

חישובים במחשבון הכיס וסרטוט ידני של גרפים המתארים

את התופעה הנמדדת תוך שימוש בנייר מילימטרי, לוגריתמי

וכו'.

המעבדה הממוחשבת באה לפתור חלק ניכר מבעיות איסוף

הנתונים של התהליכים הפיסיקליים ועיבודם החישובי

והגרפי. הדבר מאפשר את ביצוע הניסויים על ידי התלמיד

ללא איבוד זמן על "עבודה שחורה ומיותרת".

באמצעות המעבדה הממוחשבת יכול התלמיד לאסוף את

הנתונים הנמדדים מתהליך הניסוי שהוא מבצע. המעבדה

הממוחשבת מאפשרת איסוף מספר עצום (אלפים) של

נתונים ממספר חיישנים בו זמנית. המחשב מאפשר ביצוע

עיבוד הנתונים תוך ניצול יכולת החישוב האדירה של

המחשב האישי, סרטוט גרפים של הפרמטרים השונים של

הניסוי תוך כדי ביצועו, ושמירת הגרפים והדפסתם לצורך

שימוש מאוחר יותר (הדבקתם במחברת התלמיד).

לסיכום:

"מעבדה ממוחשבת" (קופסת חיישנים) מאפשרת:

א. איסוף נתונים מהיר ויעיל.

ב. אירגון הנתונים ואפשרות שמירתם בצורה אופטימלית

(רק מה שמעניין).

ג. אנליזה של הנתונים - עיבודים מתמטיים (נגזרת,

אינטגרל, נוסחאות וכו').

ד. סרטוט גרפים של התוצאות - בלחיצת כפתור.

ה. ניתוח הגרפים (מציאת עקומות אופטימליות).

ו. אידאלי: העברת נתוני הניסוי הנמדדים ללומדות

הסימולציה לצורכי השוואה.

בחברת שלפנינו מופיעים עוד שני מאמרים שנכתבו על ידי

מורים לפיסיקה שהם נציגיהם של יצרני מעבדות

ממוחשבות. בחוברות הבאות נשתדל להציג מערכות

נוספות, וכן דפי עבודה, פעילויות, ניסויים והדגמות

המבוססים על MBL.

מערכת "תהודה" מצפה לתגובותיכם, ומקווה שתיענו

לאתגר של הכנסת כלי עבודה מתקדמים למערך הוראת

הפיסיקה בישראל.

ה-MBL של חברת לוגל

דב לוין, חברת "לוגל", קרית שמונה, בית הספר "הר זאב" אליל עילין

מדידה באמצעות MBL כוללת איסוף אוטומטי של נתונים שנדגמים למאגר והצגתם בזמן אמיתי (או בזמן מאוחר) באופני תצוגה שונים ומגוונים (מספרית, גרפית לצורותיה, דגימה לגליון אלקטרוני).

מדידה באמצעות MBL מאפשרת:

1. הצגה בו-זמנית של פרמטרים שונים לעומת זמן, או האחד כנגד השני, לדוגמא: עוצמת אור לעומת מרחק, או זרם לעומת מתח (חוק אום, אופיין של רכיב אלקטרוני), או מתח לעומת תדירות (מעגל תהודה), כאשר זוגות המשתנים הפיסיקליים נדגמים בו זמנית ומוצגים גרפית בזמן אמיתי.

2. מדידה בקצבים שלא ניתן לבצע ידנית, (אלפי מדידות בשניה), דבר המאפשר לדגום אירועים המתרחשים בפירקי זמן קצרים כגון התנגשויות.

3. מדידה מבוקרת על פי תנאי המערכת הנמדדת: איתחול המדידה לפי הצורך (trigger), סיום המדידה לפי הנסיבות. שליטה בקצבי המדידה לפי תוכנית או לפי הנסיבות. תוצאות המדידה נדגמות וגם נבחנות לאור תנאים שניתנו מראש לפי מצבים שנוצרו ב"שטח".

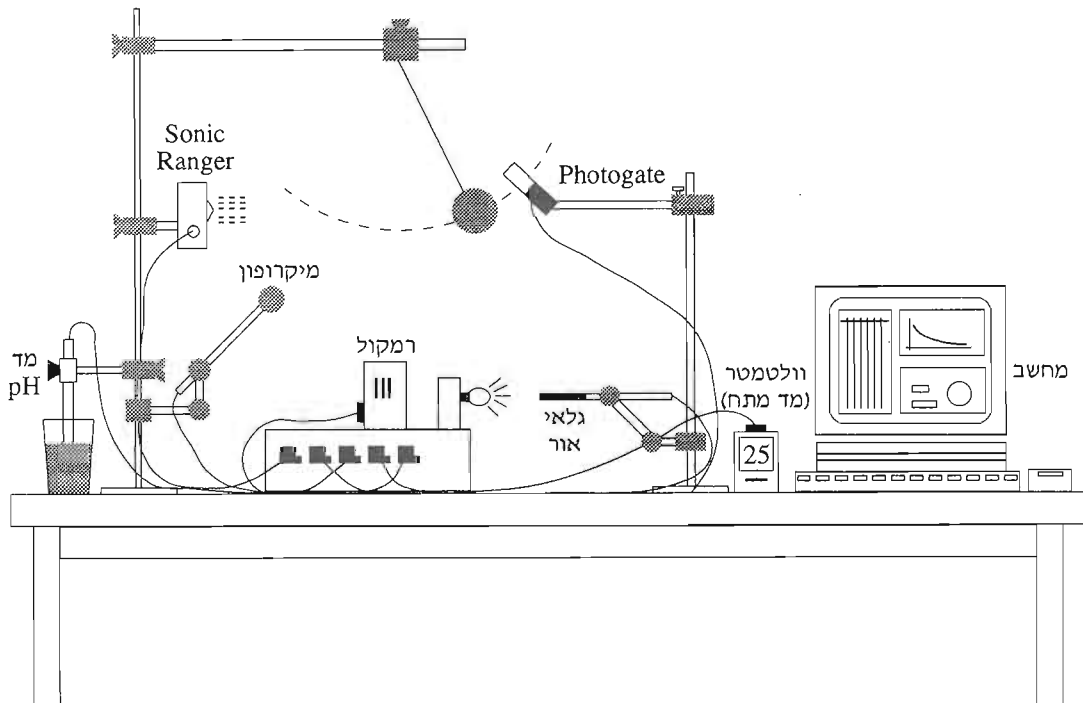
שמהמין שחדירת המחשב למעבדה תיעצר בהכנסת הגליון האלקטרוני ותו לו, מומלץ לו שידלג על מאמר זה. מאמר זה מכוון לאלו הסוברים שטכנולוגיות המיחשוב, החישה האלקטרונית והבקרה הממוחשבת אינן שייכות לתעשייה ולמעבדות המחקר והפיתוח בלבד. טכנולוגיות מתקדמות אלו החליפו את ההתקנים המיכניים והמיכנו-השמליים, ואין סיבה שייעצרו על מפתן בית הספר.

למעשה הכלים קיימים כבר על המדף ומחירים סביר ואף נמוך. מדובר ביחידת חומרה שהופכת את המחשב לרב מודד אוניברסלי - מודד כל.

הקורא ישווה בנפשו את שולחן המעבדה עמוס בציוד הניסוי, להוציא ציוד המדידה המיושן. עכשיו יוסיף את המחשב עם קופסת ה MBL (תרגום מילולי: "מעבדה סבוססת מחשב"), ממנה מסתעפים תיילים לנקודות המדידה השונות (ראה תרשים 1).

השליטה בכל מערך הניסוי והמדידה מתבצעת באמצעות מקלדת המחשב והעכבר.

המחשב באמצעות ה MBL הוא המפעיל, המבקר והמודד.



תרשים 1 - מערך ניסוי במעבדה ממוחשבת

מערכת ה-MBL של לוגל

חומרה:

★ המערכת מתקשרת חיצונית למחשב דרך מחבר התקשורת הסטנדרטי RS 232, ולכן יכולה לעבוד עם כל מחשב סטנדרטי בתנאי שתיכתב לו תוכנת ההפעלה. בפועל ונכון לעכשיו, המערכת תומכת במחשבי IBM (ותואמיו) במערכת ההפעלה WINDOWS, וכן במחשבי מקינטוש לסוגיהם.

★ קצב העברת הנתונים בתקשורת: 56700 Baud (ביטים בשניה) מותנה ביכולת המחשב.

★ למערכת 8 ערוצי כניסה אנלוגיים, בדרגת דיוק של 10 ביט (0-1023), ועוד 4 ערוצים דיגיטליים. מלבד זאת היא יכולה להפעיל יציאה אנלוגית (משמשת ליצירת אות בקרה או כמחולל אותות ועוד 4 יציאות דיגיטליות להפעלה ולבקרה).

★ הכניסות האנלוגיות יכולות לתפקד ככניסות מתח, זרם או התנגדות, וכן ככניסות מגבר בשתי דרגות הגברה (למיקרופון למשל).

★ המערכת בעלת מיקרו-מעבד עצמאי: 80C196KB.

★ רשימת החיישנים שהיא מפעילה כוללת: מיקרופון ורם-קול, שערים אופטיים למדידת זמנים ומהירויות, ולהפעלות שונות, וולטמטר ואמפרמטר לזרם ישר וחילופין, ממסר לזרם גבוה, מד מרחק רציף, מד כוח, מד לחץ נוזלים וגזים, מד עוצמת אור בתחום רחב, מד שדה מגנטי, מודד ריכוז חמצן (גזי או מומס), מד pH, ושבעה מודדים פיסיולוגיים: טמפרטורה פריפריאלית, E C G (א.ק.ג.), E E G (גלי מוח), E M G (זרמי שריר), G S R (מוליכות תת-עורית), נשימה, ודופק לב.

חיישנים אחרים, לפי דרישה, ניתנים לאימוץ.

★ כשקצב הדגימה עובר את קצב התקשורת והתצוגה, נצברים הנתונים, לפי דרישה, במאגר הקוטע את הקשר בין הדגימה לתצוגה - כך מתבצעת הדגימה בקצב המבוקש מבלי לאבד נתונים, ובמקביל נשלחים הנתונים והצגתם מתבצעת בקצב התצוגה.

★ אפשרית הפעלה מותנית ומושהה (triggered) באופנים שונים ורבים.

תוכנה:

★ התוכנה הינה מודל בתוכנת חקר של לוגל, וכמו כל מודל אחר "יורשת" את כל כלי התוכנה שתוכנת חקר מעמידה לרשות המודלים שלה, ביניהם:

מספר דגמים שונים מתחרים היום על תשומת ליבו וכיסו של המתעניין, כל דגם וביצועיו. לפניך נביא בזה מספר קריטריונים עיקריים להשוואה:

1. כללי

מחיר המערכת.

תמיכת היצרן.

סוגי המחשבים שאיתם המערכת פועלת.

2. חומרה

צורת הקשר של המערכת למחשב (תקשורת או כרטיס נתקע).

קצבי דגימה.

כמה ערוצי דגימה ניתן למדוד בו זמנית ומאילו סוגים (אותות אנלוגיים בלבד, דיגיטליים בלבד, אנלוגיים ודיגיטליים יחד).

האם המערכת בעלת מעבד עצמאי או שהיא יונקת ממשאבי המחשב שהיא קשורה אליו.

היש למערכת יכולת פיקוד ובקרה (כולל שפת בקרה למשתמש).

אילו חיישנים המערכת יודעת להפעיל ומה טיבם.

3. תוכנה

אילו יכולות עיבוד אות, בעת הדגימה ולאחריה יש למערכת (כמו למשל יכולת להציג, נוסף לאות הנידגם, גם את הנגזרת ו/או האינטגרל שלו בזמן אמיתי, או להוציא טרנספורם פורייה שלו ועוד).

היש למערכת יכולת לבצע מניפולציות מתימטיות בין אותות (סכום, הפרש ופעולות מתמטיות מורכבות יותר).

אילו אופני תצוגה מאפשרת המערכת (מספרית, גרפית, גליון אלקטרוני משולב ועוד..).

נקודה בעלת חשיבות מכרעת היא רמת הידידותיות של התוכנה שמפעילה את המערכת.

ככל שהמערכת מקיפה יותר אפשרויות ואופני פעולה, כן מורכבת יותר הפעלתה, ונידרשת השקעה של מחשבה ומשאבי תוכנה רבים כדי לתת בידי המשתמש כלים להפעלתה הנכונה והשכלתנית.

ניתן להשוות מערכות על פי נקודות הבחינה שלעיל.

במונחים אלו אציג בקצרה את מערכת ה-MBL של לוגל.

★ תצוגה מספרית וגרפית, דיאגרמת עמודות ועוגה, גליון אלקטרוני משולב.

★ כל משתנה נידגם יכול להיות מוצג כנגד זמן או משתנה נידגם אחר.

★ בקרה ושליטה באמצעות תסריט שכותב המשתמש בשפת תנאים ותגובות. כך מבוצעות פעולות מותנות אירועים (לדוגמה: כאשר המתח בכניסה ראשונה עולה על פעמיים המתח בכניסה השלישית אזי - הפסק דגימה).

★ במה שנוגע לעיבוד אותות: ניתן לקבל לכל כניסת אות, בנוסף לאות עצמו את הנגזרת שלו, את האינטגרל; ניתן לבצע פעולת החלקה על האות והנגזרת, ניתן להוציא טרנספורם פורייה, ניתן לבצע פעולות על המאגר לפני התצוגה, ולהציג בזמן אמיתי, במקום את האותות עצמם, את הממוצע שלהם על כל המאגר, או את המינימום, או את המכסימום.

★ כל חיישן ניתן לכיול בכמה אופנים אלטרנטיביים: כיול משווה (למשל כיול תרמומטר במי קרח ל 0°C), כיול לפי טבלה, כיול לפי נוסחה.

התוכנה מאפשרת הפעלה פשוטה ביותר של פעילויות אלמנטריות כמו דגימה של חיישן יחיד: המשתמש בוחר את צלמית (icon) החיישן המבוקש מתוך אוסף הצלמיות בקופסת החישנים.

בחירת הצלמית גורמת למערכת לסמן את הכניסות האפשריות לחיישן הניבחר.

המשתמש גורר את הצלמית לעמדה המסומנת. הכנסת הצלמית לעמדה המסומנת גורמת להיבהוב נורית הסימון בקופסת החיבורים, ההיבהוב מסמן את המקום שיש לנעוץ בו את החיישן.

כמו כן כל הפרמטרים הנדרשים מיושמים אוטומטית כדי להתאים לקבלת הנתונים מהחיישן הניבחר (הערוץ הרלבנטי נפתח, ניבחר קצב דגימה מתאים וכו.). נדרשת רק לחיצה אחת להפעלה כדי לדגום את החיישן המבוקש.

פרטים נוספים ניתן לקבל אצל היצרן:

לוגל תוכנה ומערכות לימודיות בע"מ קרית שמונה,

מיקוד: 10105, טלפון: 06-951652 פאקס: 06-951901



נשמע בחדר המורים

סוהר קרס

שני מחוים אפסיוקה מחוים נצור באצרי מחוים:

- מה אומרת היוק?

- אה האפקט הפוטואפקטיו.

- נושא אשוי!

- בהאט! אה קרה משהו מצנין.

- ספרי!

- הסבירי אה כל הנושא מההמאה וצד הסוף, והא מחוים אה הבין לאוק.

- אה מפתח כל!

- כן אבל אז הסבירי אה הכל מההמאה והפ שוב אה הבין.

- ומה דשימי?

- הסבירי הכל מההמאה בשלישיה ואז...

- הפ הבין?

- אה אז אני סוף סוף הבנתי...

ה-MBL של חברת ג'י טק

שוקי אלטר, חברת ג'י טק טכנולוגיות בע"מ

א. הקדמה

בשנים האחרונות חלה ירידה ניכרת במחירי המחשבים האישיים, ועלייה ביכולת הביצוע שלהם. כתוצאה מכך, החל שימוש רב במעבדות ממוחשבות (MBL) באוניברסיטאות ובמוסדות מחקר, ובעקבות זאת החל להיווצר עניין במערכות אלה גם בבתי-ספר תיכוניים.

המעבדה הממוחשבת הינה מערכת אלקטרונית המאפשרת תרגום של אותות אנלוגיים (מתח, זרם), לערכים מספריים למחשב בדרך כלל דרך הכניסה המקבילית או הטורית. הערכים המספריים מוזנים לתוכנה המאפשרת הצגה גרפית של הגדלים הפיסיקליים וכן עיבודים מתמטיים מגוונים על תוצאות הניסוי.

חברת ג'י טק טכנולוגיות בע"מ, עוסקת בפיתוח שני סוגי מעבדות ממוחשבות:

1. Compu-Lab המיועדת למדידות מקצועיות.

2. Mini-Lab מעבדה ממוחשבת רב תכליתית. בחלק האחרון של המאמר נביא סקירה של האיפיונים של שני המוצרים הנ"ל.

ב. התפיסה הפדגוגית

התפיסה הפדגוגית המנחה את פיתוח התוכנה והחומרה למערכות ה-MBL של חברתנו מבוססת על העקרונות הבאים:

1. תוכנת הפעלה ידיונית למשתמש

בדומה לתוכנות ההדמיה (סימולציה) של מערכת "פיסיקלי", הושם דגש רב בהשגת איזון בין עוצמה ויכולת ביצוע גבוהים של תוכנה מצד אחד, ופשטות וקלות בלימוד והפעלה מצד שני. סגנון העבודה עם תוכנת הפעלה מבוסס על גישת החלונות. כלומר, כמעט כל האינטראקציה בין המשתמש למערכת מתבצעת בעזרת עכבר.

2. מערכת פתוחה

לאור הניסיון בבתי-הספר בארץ עושה חברתנו מאמץ לאפשר עבודה חופשית עם המערכת. כלומר, מורה יכול לתכנן ניסוי כלשהו בעזרת הציווד הקיים בבית-הספר ולחבר את מערכת הניסוי למעבדה הממוחשבת.

3. עבודה במקביל

לתוכנות הפעלה של מערכות Mini-Lab ו-Compu-Lab יש תוכנות קישור (Driver) למערכות שונות. לדוגמא: V-Scope, עכבר וקבצים בפורמטים שונים. כלומר מורה יכול להציג בזמן אמיתי חלון ובו גרף של עוצמת אור שמקורו בפוטו-דיודה המחוברת למעבדה הממוחשבת, גרף מרחק שמקורו בתוצאות המתקבלות מה-V-Scope, וגרף המתאר את המיקום בציר Y של העכבר (ראה תמונה מספר 1).

ג. חיישנים

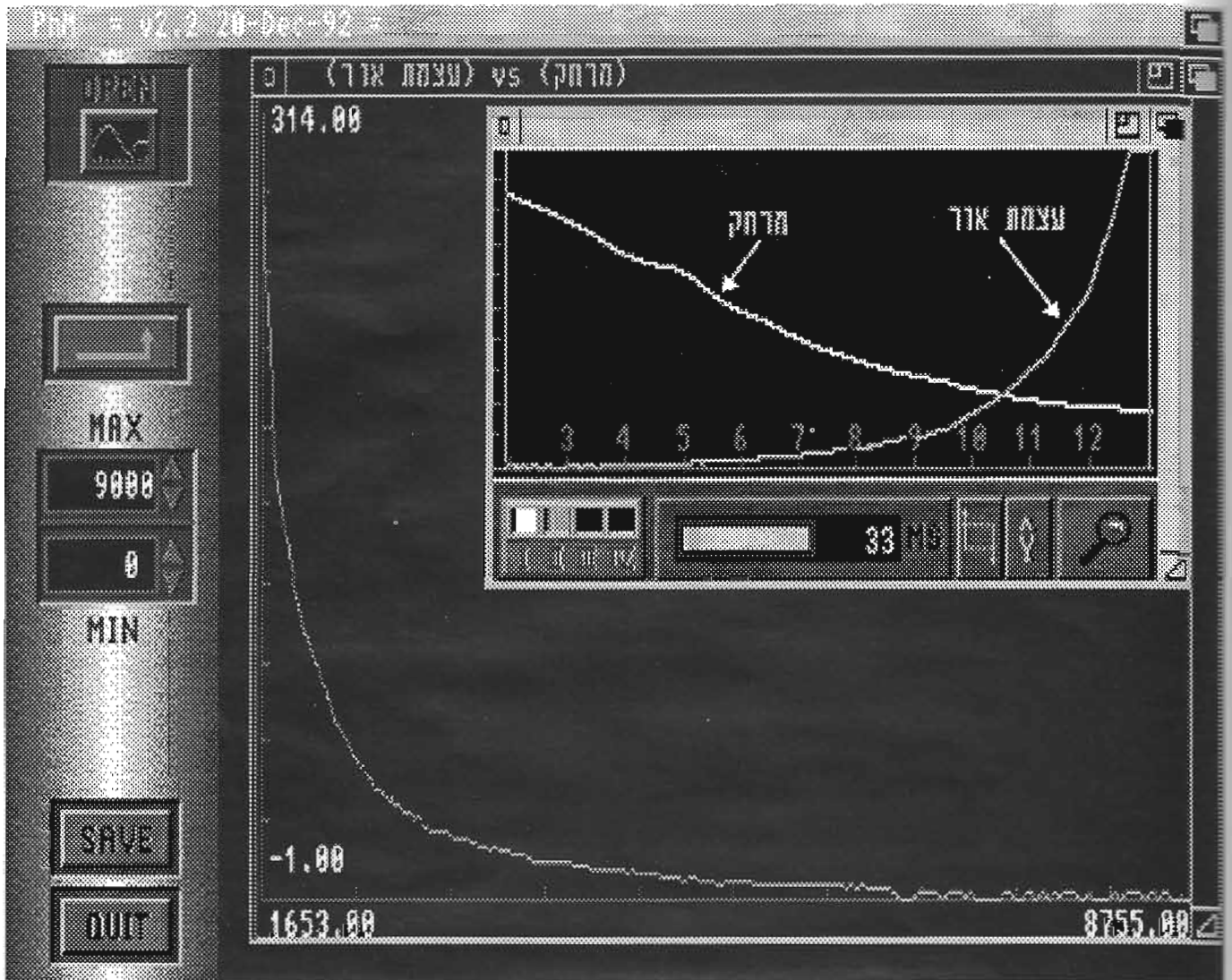
מערכות Compu-Lab ו-Mini-Lab תומכות בחיישנים הבאים:

- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1. חיישן אור | 6. חיישן למדידת דופק |
| 2. חיישן טמפרטורה | 7. חיישן לחץ |
| 3. חיישן לחות | 8. מד מתח |
| 4. חיישן כח | 9. מיקרופון |
| 5. חיישן pH | 10. מד זרם |

ד. ערכות ניסוי

כפי שהוסבר בסעיף ב', מערכות Compu-Lab ו-Mini-Lab יכולות להתחבר בקלות לציווד המעבדה הקיים בבתי הספר, כמו למשל תאים פוטו-אלקטריים, תאים פוטו-וולטאים, קבלים, נגדים וכד'. בנוסף ניתן לרכוש ערכות ניסוי מודולריות מוכנות המתחברות ישירות למעבדה הממוחשבת. ערכות הניסוי הקיימות היום הן:

1. פריקה וטעינה של קבל - המערכת כוללת מעגל RC הנמצא בקופסא שקופה עם אפשרות שליטה על גודל הנגד (R). ערכה זו מאפשרת הדגמה מהירה של התנהגות המתח בין לוחות קבל בזמן פריקה וטעינה.
2. חוק אום - מעגל פשוט כולל מקור מתח, נגד משתנה וחיבור ישיר למעבדה הממוחשבת. ערכה זו מאפשרת הדגמה מהירה של חוק אום.
3. מעגלי RC - מערכת למדידת מתחים בין קצות נגד וקבל במעגלי זרם חילופין (והפרשי מופע ביניהם).



תמונה מס' 1: גרפים של עוצמת אור ומרחק (V-Scope) כפונקציה של הזמן. בחלון xy ניתן לראות גרף של עוצמת אור כפונקציה של מרחק

הערכים המספריים של הגרפים הנייל, יכולים להגיע מהמקורות הבאים:

- א. חיישני המעבדה הממוחשבת.
- ב. V-Scope (המתחבר ישירות למחשב).
- ג. מיקום x ו-y של העכבר (אופציה זו מאפשרת תירגול התוכנה ללא ממשק החומרה).
- ד. קובצי נתונים.
- ה. פונקציות מתמטיות המוקלדות על-ידי המשתמש (אופציה זו מאפשרת שימוש בתוכנת ההפעלה לצורך לימוד והוראה של מתמטיקה).

אפקט פוטואלקטרי - מערכת לחקירת אופיינים של אפקט פוטואלקטרי (ראה תמונה 2).

ה. תוכנת ההפעלה

תוכנת ההפעלה המהווה את הממשק בין המשתמש למעבדה הינה החלק החשוב ביותר במערכת.

עקרון ההפעלה

המשתמש בתוכנות המעבדה הממוחשבת, יכול לפתוח מספר רב של חלונות (בהתאם לכמות הזיכרון הנמצאת במחשב). על כל חלון ניתן להציג עד 4 גרפים.

כפי שנראה בסעיפים הבאים ניתן לבצע עיבודים מתמטיים על ערכי הגרפים בזמן אמיתי וכן לאחר ביצוע הניסוי.

2. עיבודים בזמן אמיתי

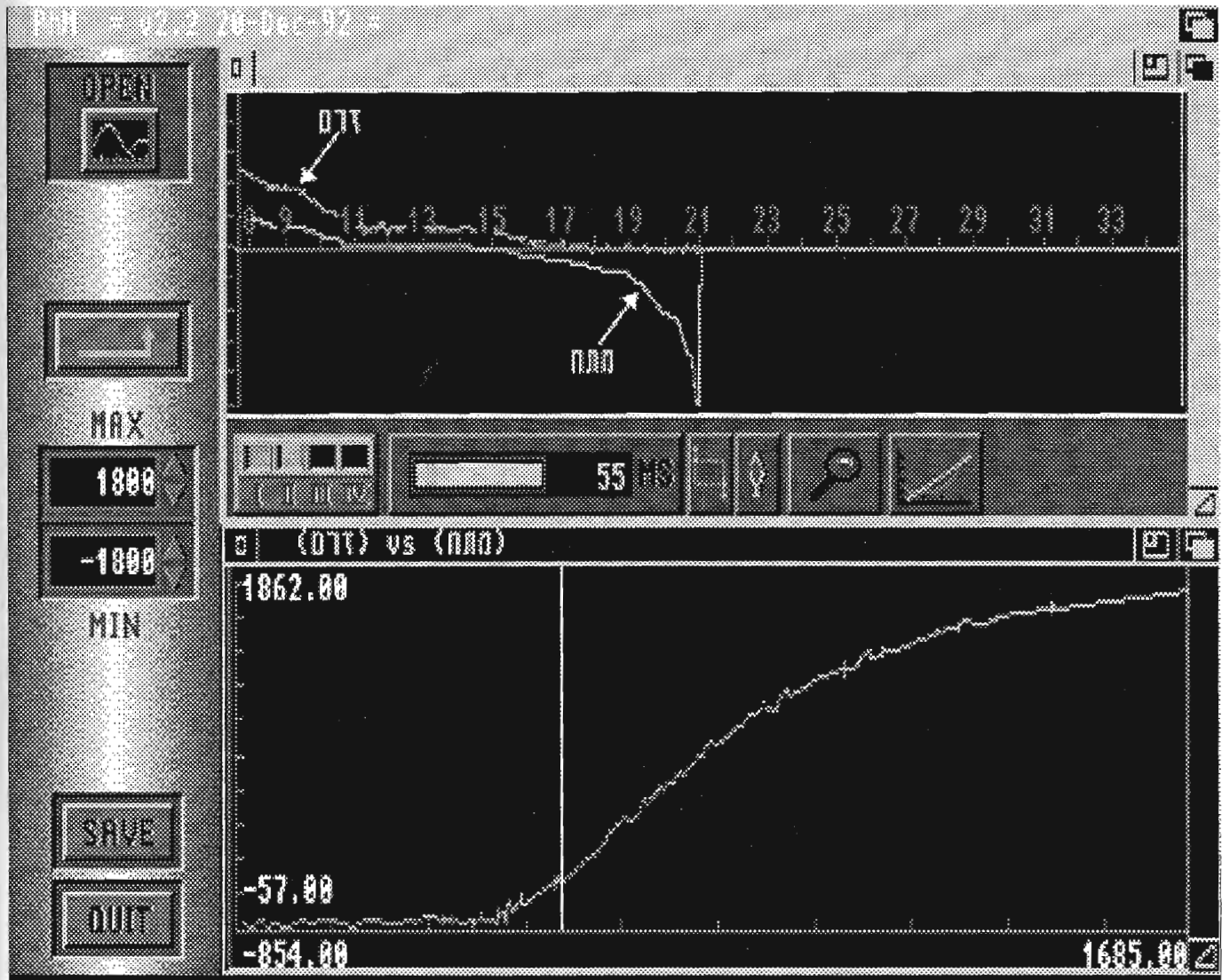
תוכנת המעבדה הממוחשבת מאפשרת להציג בזמן אמיתי את הערכים הנמדדים וכן עיבודים מתמטיים עליהם. לדוגמא - נתאר את הניסוי הבא: פוטו דיודה מונחת על עגלה בחדר חשוך, ובמרחק מסויים ממנה מקור אור נקודתי. קיימת אפשרות להציג בנוסף לגרף עוצמת האור I גם גרף של $1/\sqrt{I}$, ובכך להפוך את מד האור למד מרחק. תוכנת ההפעלה מאפשרת הפעלת

אופרטורים על הגרפים כגון נגזרת ראשונה, נגזרת שניה ואינטגרל מצטבר. כמו כן מאפשרת התוכנה הצגת הקואורדינטות X Y בזמן אמיתי.

לדוגמא - ניתן במעגל חשמלי מסויים למדוד מתח כפונקציה של זמן, זרם כפונקציה של זמן וכן להראות את המתח כפונקציה של הזרם (ראה תמונה מספר 2).

3. עיבודים לאחר ביצוע הניסויים

לאחר ביצוע הניסוי, יכול המשתמש על ידי תנועות עכבר פשוטות, להגדיר את האזור המעניין אותו בחלון הגרף. לאחר הגדרת האזור, יכול המשתמש לבצע את הפעולות הבאות:



תמונה מס' 2: גרפים של זרם ומתח עצירה כפונקציה של הזמן במעגל ללימוד האפקט הפוטו אלקטרי. בתמונת xy ניתן לראות את האופייין של התא

ה. מחשב: כל דגמי מחשבי PC עם מוניטור VGA\EGA וזיכרון 512K ומעלה.
 2. Mini-Lab :
 א. דיוק: 12bit במדידות איטיות.
 ב. 8 bit במדידות מהירות.
 ג. כניסות: 2 כניסות מתח ו-2 כניסות זרם + כניסה למיקרופון.
 ד. יציאות: 2 יציאות מתח.
 ה. קצב דגימה: 100kHz.
 ו. תדירות יציאות: 20kHz.
 ז. תוכנת הפעלה: PC Pulse + PC scope (מחולל אותות) PC log (עבור data logger).
 ח. מחשב: כל הדגמים של מחשבי PC עם מוניטור VGA\EGA וזיכרון 512K ומעלה.

בדבר פרטים נוספים נא לפנות לד"ר גלזר יהושע חברת גיי טק טכנולוגיות בע"מ רח' ויצמן 130 כפר-סבא.

א. הגדלת האיזור הנבחר.
 ב. התאמת פונקציות בשיטת הריבועים המינימליים (קו ישר, פרבולה, אקספוננט ועוד).
 ג. החלקת הפונקציה.
 ד. נגזרת.
 ה. אינטגרל מסויים.
 ו. טרנספורם פורייה מהיר (FFT).
 כמו כן ניתן לשמור את הנתונים בפורמטים שונים המאפשרים את יבוא הנתונים לתוכנות אחרות כמו לדוגמא - גליון אלקטרוני.

איפיונים

1. Compu-Lab :
 א. דיוק: 12bit.
 ב. כניסות: 4 מתח, 4 זרם ו-4 טמפרטורה + כניסה למיקרופון.
 ג. תוכנות הפעלה: Spectrogram + Audio master + PC Scope.
 ד. קצב דגימה: 100KHz.

כלי בחירת התוכנה/לומדה המתאימים להוראת/לימודי הפיסיקה בתיכון

בסוף שנת 1992 פורסם אוגדן ראשון המתאר את הלומדות בפיסיקה שאושרו לשימוש על ידי משרד החינוך.
 ניתן לרכוש אוגדן זה במרכז לחינוך טכנולוגי, חולון, ת.ד. 305 חולון 58102.
 טלפון: 03-5028904, 03-5028976.
 האוגדן ערוך לפי סוגי המחשבים: IBM ותואמיו, אמיגה, מקינטוש ו-Apple II.
 בפתח החוברת מופיעה טבלה המסווגת את הלומדות לפי נושאי הלימוד ואוכלוסיית היעד.
 כל תו באוגדן מכיל מידע תיאורי והערכתי, המאפיין את הלומדה שאושרה. המידע באוגדן אמור לסייע למקבלי ההחלטות לגבי שיקולים של רכישת לומדות בהתאם מטרות, נושאים, פעילויות ושיטות דידקטיות מועדפות.