



סורק "בר-קוד" (קוד פסים) Bar Code Scanner

רמי אריאלי, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

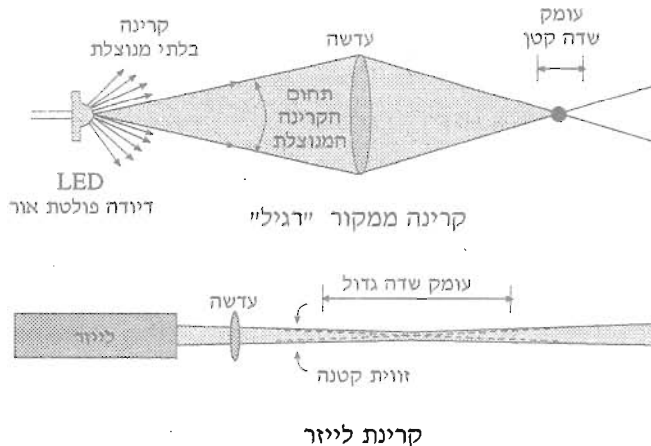
תקציר

בעבר מקובל היה להשתמש במיקלדת כדי להעביר אינפורמציה למחשב. תהליך הקלדת הנתונים הוא ארוך, דורש מיומנות מהאדם המפעיל, וגדול בו הסיכוי לשגיאות בהכנסת הנתונים. קוד הפסים המופיע על מוצרי צריכה רבים מהווה פיתרון לבעיה זו, בכך שמערכת אופטית המבוססת על לייזר סורקת את הקוד ומעבירה במהירות ובאמינות את המידע ישירות למחשב ללא צורך במיומנות מהמפעיל.

מילות מפתח:

קוד פסים, בר-קוד, Bar Code, לייזר, דיודה.

אשר לקרינה הנפלטת ממנו זווית התבדרות קטנה ביותר (חלקי מעלה). לכן **עומק השדה**, כלומר הטווח בו אלומת הלייזר שומרת על מיקוד, הוא גדול, וניתן להציב את קוד הפסים במרחק כלשהו ממערכת הסריקה, ללא פגיעה באיכות הקריאה של האינפורמציה.



תרשים 1: השוואה בין קרינת הלייזר לבין קרינה ממקור אור אחר

שיטות לקידוד אינפורמציה בקוד פסים

כדי לתרגם אינפורמציה לקוד פסים, משתמשים בשיטות קידוד שונות, הנבדלות ביניהן בעובי הקווים הכהים ובצורה בה הם מסודרים. מכיוון ששיטת פעולתו של המחשב מבוססת על השיטה הבינארית, ניתן לבנות קודים פשוטים ביותר.

1. עקב ריבוי שיטות הקידוד, נתמקד בשלוש בלבד:

עם התמחשבות המערכות בחיי היום יום, גבר הצורך למצוא שיטת סימון סטנדרטית עבור מוצרי הצריכה. מערכות אוטומטיות רבות לזיהוי מוצרים מבוססות על **שיטה אופטית**. מערכות מסוג זה כוללות קרן אור הסורקת **קוד פסים** הנמצא על המוצר ומערכת אופטית הקוראת את האור המוחזר ממנו.

קוד הפסים (Bar Code) הוא אינפורמציה המקודדת בצורת פסים כהים, עם מירווחים מוגדרים ביניהם, על רקע לבן. קוד הפסים מופיע בדרך כלל על מדבקת נייר. האינפורמציה מקודדת בממד אחד (רוחב הפסים והמירווחים), כאשר אורך הפסים הוא רק לנוחות הקריאה, ואין לו משמעות מבחינת המידע הכלול בקוד.

פעולתו של קוד הפסים מבוססת על העקרון הידוע שגוף שחור (כהה) בולע את האור הפוגע בו, ואילו גוף לבן מפזר אותו. מסיבה זו קיימים הבדלים בעוצמת האור המוחזר מפסים כהים ובהירים. הבדלים אלו נקלטים על ידי הגלאי דרך מערכת מיקוד אופטית, ומידע זה משמש לפיענוח הקוד. במערכות הראשונות לקריאת קוד פסים השתמשו במקור אור זעיר LED = Light Emitting Diode - דיודה פולטת אור. האור נפלט מדיודה זו בזווית פתיחה גדולה היוצרת אלומה מתבדרת. האלומה המתבדרת גרמה לבעיות, כי מערכת המיקוד האופטית יצרה כתם קטן המתאים לקריאת קוד הפסים רק בנקודת המוקד (ראה תרשים 1). כאשר קוד הפסים לא נמצא בדיוק במוקד המערכת האופטית, גדל כתם האור וירדה איכות הקריאה (גדל מספר השגיאות בקריאת הנתונים).

כיום כל המערכות לקריאת קוד פסים משתמשות ב**לייזר**

* עומק שדה הוא הטווח בו אלומת הלייזר שומרת על מיקוד.

2. "הרגילה" (קוד 2 מתוך 5).

3. הנפוצה ביותר בשימוש בסופרמרקט (UPC).

1. קוד בינארי פשוט

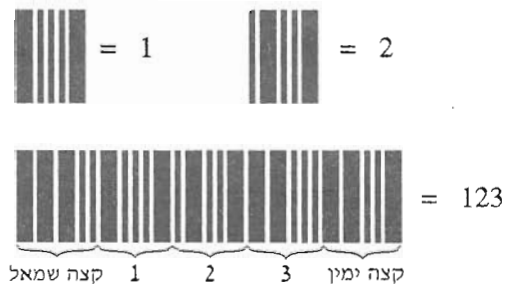
בשיטת קידוד זו **פס שחור עבה** מייצג את הסיפרה 1 ו**פס שחור דק** מייצג את הסיפרה 0. **המרווחים הלבנים** בין הפסים הם בעלי רוחב קבוע השווה לזה של הפס הצר. זהו קוד פשוט שלשם קריאתו אפשר להסתפק במערכת פשוטה המבוססת על דיודה פולטת אור. קוד זה אינו אמין מסיבות שונות; לדוגמה, חסר בו קוד המציין את תחילתו וסופו של המספר. הקוד הבינארי כמעט ויצא מכלל שימוש ומופיע כאן לצרכי הדגמה בלבד (ראה תרשים 2).



תרשים 2: קוד בינארי פשוט

קוד 2 מתוך 5

מכיוון שלא נוח לעבוד עם מספרים בינאריים, כדאי לקדד את האינפורמציה בקוד עשרוני באמצעות הספרות 0-9. לצורך זה דרוש קידוד מתקדם יותר. בקוד זה כל סיפרה עשרונית מתוארת על ידי 2 פסים רחבים ושלושה פסים דקים (סך הכל 5). המירווחים הלבנים בין הפסים הכהים אינם מכילים אינפורמציה כלל. רוחב פס עבה הוא פי 3 מרוחב פס דק, ורוחב הרווח הלבן הוא כרוחב פס צר. בתחילת הקוד מופיע **סימן התחלת הקוד** (משמאל) שצורתו 3 פסים עבים ואחריהם 2 פסים דקים כפי שרואים בתרשים 3.



תרשים 3: המספר 123 רשום בקוד פסים "קוד 2 מתוך 5".

בסוף הקוד מופיע **סימן סיום הקוד** (מימין) וצורתו 2 פסים

עבים, 2 פסים דקים, ועוד פס עבה. סימני ההתחלה והסיום מסמנים למחשב היכן מתחיל הקוד, והיכן הוא מסתיים. הם מאפשרים למערכת הסריקה לסרוק את הקוד מימין לשמאל או משמאל לימין ללא הבדל. קוד זה נמצא עדיין בשימוש בתעשייה, אך כמעט ואינו משמש לסימון מוצרי צריכה.

3. קוד הפסים הנפוץ (UPC)

קוד הפסים הנפוץ לסימון מוצרי צריכה הפך לאחד התקנים (סטנדרטים) המקובלים בעולם ונקרא: **UPC = Universal Product Code**. קוד זה מורכב **ממספר קבוע של פסים כהים על רקע בהיר**. פסים אלה הם בעלי רוחב שונה, ומירווחים שונים. הם מודפסים על תווך שהוא בדרך כלל מדבקה או כרטיס (ראה תרשים 4).



תרשים 4: דוגמה של קוד פסים המוטבע על מוצר.

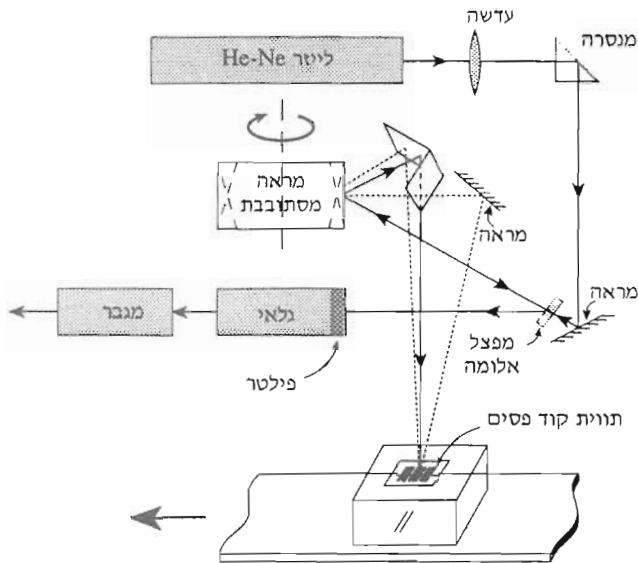
שיטת קידוד זו היא מסובכת למדי, והסברה חורג מתחומו של מאמר זה. עקב הרוחב הצר של הפסים, פיענוח קוד זה אפשרי אך ורק באמצעות אלומת לייזר.

שיטות לקריאת קוד הפסים

המערכת לקריאת האינפורמציה מהמדבקה אינה תלויה בשיטת הקידוד.

קריאת האינפורמציה מבוצעת במספר שלבים:

- אלומת לייזר סורקת את הפסים ומוחזרת מהם אל גלאי או אוסף של גלאים (פוטודיודות).
- הגלאים הופכים את האותות האופטיים לאותות חשמליים.
- האותות החשמליים מועברים למחשב, מתורגמים בו לאותיות וספרות המתארים את המוצר, וניתן להשתמש בהם להמשך העיבוד במחשב (ניהול מלאי, הדפסת חשבוניות וכו').



תרשים 6: מערכת סריקה אוטומטית לקריאת המידע מקוד פסים.

2. מערכת הסריקה האוטומטית (תרשים 6)

קרינת לייזר בעוצמה נמוכה (לייזר הליום נאון או לייזר דיודה) עוברת דרך מערכת אופטית הכוללת עדשות, מראות ומינסרות המעבירות את אלומת האור למפצל אלומה. ממפצל זה ממשיכה האלומה למראה מסתובבת או למראה רוטטת. בכל מצב של המראה זווית הפגיעה במראה שונה ובהתאם גם זווית החזרה. מראות נוספות משמשות לכיוון האלומה אל קוד הפסים ומעבירות את הקרינה המוחזרת מקוד הפסים אל מפצל האלומה המעביר אותה לגלאי.

יתרונות:

1. רמת בטיחות גבוהה - איו חשש שהמשתמש יכוון את הקרינה לכיוון בלתי רצוי, אלא מסלול הקרינה נקבע מראש (כלפי מטה) בהרכבת המערכת.
2. קצב הסריקה מהיר ביותר (עשרות מטרים בשניה) כך שהקרן סורק את הקוד בזמן "כמעט אפסי" מספר רב של פעמים, ויכולה לבדוק ולאשר את אמינות הקריאה. לעומת "עט האור" אשר קצב הסריקה שלו נקבע על ידי קצב התנועה הידנית של המפעיל, ומוגבל לסריקה אחת בשניה.
3. קצב הסריקה קבוע, ולא נתון להשפעת רעידות ידיו של המפעיל. בקצב סריקה קבוע קל לחשב את עובי הקווים והמירווחים, ומעטות הטעויות הנובעות מהקריאה.
4. המערכת כולה מוגנת ומוסתרת, ואין בלאי לחלקים חיצוניים כמו "עט האור" הקשור בכבל למחשב.

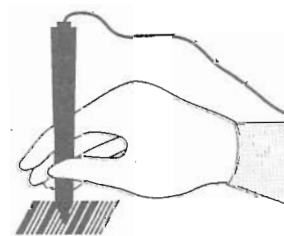
הגברת אמינות הקריאה ומניעת טעויות שמקורן בתאורת החדר העובדה שללייזר יש אור מונוכרומטי (אורך גל אחד מוגדר), מאפשרת לשים לפני הגלאי חלון עם פילטר המעביר לגלאי רק את אורך הגל המסויים של הלייזר. בצורה זו נמנעות טעויות כתוצאה מקריאת סיגנלים המתקבלים מהחזרות אור אחרות בסביבה. רק אור מהלייזר, שהוחזר מקוד הפסים יגיע לגלאי.

הסורק האופטי

הסורק האופטי יכול להיות מותקן באחת משלוש הצורות הבאות:

1. "עט אור" נייד.
2. לייזר הקבוע בשולחן הסורק את הקוד באחת משתי השיטות:
 - א. באמצעות אלומה סטאטית.
 - ב. באמצעות אלומה נעה.

1. "עט אור" מכיל לייזר דיודה וגלאי הנמצאים בתוך מתקן דמוי עט, וממנו מוקרנת אלומה צרה של קרני אור מקבילות. המשתמש סורק באמצעות הזזה ידנית של "עט האור" את המדבקה עם קוד הפסים, והגלאי בתוך "עט האור" מעביר את המידע למחשב. לחילופין ניתן להשתמש בלייזר קבוע בשולחן (מוסתר מעיני האדם), ממנו מועברת הקרינה ל"עט האור" באמצעות סיב אופטי (ראה תרשים 5).



תרשים 5: "עט אור"

2. לייזר קבוע בשולחן - דומה ל"עט האור", אלא שבמערכת זו מזיזים את המוצר על פני אלומת האור הנייחת הנפלטת מהסורק.

מערכות 1 ו-2 אי הן מיושנות, וכיום ברוב המרכזים בארץ מותקנת מערכת סריקה אוטומטית (2ב), בה החלק הנע הוא אלומת האור. להלן נתאר מערכת כזו:

סיכום

קוד הפסים משמש בדרך כלל לזיהוי פריט מסויים ביישומים שונים כגון:

1. פריטים של מלאי במחסן, סופרמרקט, וכו'.
 2. זיהוי עובדים ברישומי זמנים.
 3. בקרת איכות, כמות הפגמים השונים המתגלים.
- קריאת קוד זיהוי מוצר בצורה אופטית היא תהליך מהיר בהרבה מהקשת המספר הרב של ספרות קוד הזיהוי באמצעות לוח מקשים. גם מספר תקלות הזיהוי בקריאה אופטית נמוך בצורה ניכרת משיטות זיהוי אחרות. שיטת קידוד הפסים היא שיטה פשוטה לשימוש, ניתן להפעילה ללא כל לימוד קודם, על ידי מפעיל לא מקצועי. שיטה זו משמשת לאיסוף נתונים בצורה מדוייקת, ומשמשת במערכות לניהול מידע.

ניתן להשתמש בכל דרך בה יש תנועה יחסית בין הפסים המקודדים על הפריט הנבדק לבין אלומת האור של הסורק, לדוגמא:

1. הנעת "עט האור" על פני קוד הפסים.
2. הנעת המוצר על פני אלומת הקרינה הבאה מלייזר הקבוע בשולחן.
3. שימוש באלומת אור נעה מתוך מיתקן נייד (מנגנון סריקה אוטומטי).

החידושים של השנים האחרונות הם הגדלת כמות המידע הכלול בקוד הפסים באמצעות **קידוד בשני ממדים**. קוד זה מחולק למילים כאשר כל מילה מיוצגת על ידי אזור מוגדר בקוד.

התקן המתקבל בימים אלו נקרא:

קוד PDF417 - בקוד זה לכל מילה יש אורך נתון של 17 יחידות של רוחב פס. 17 מודולים אלו מחולקים לקבוצות של 4 פסים כהים, וארבעה פסים בהירים (ומכאן השם PDF417). קוד זה משתמש בכ-3,000 צירופים מתוך כ-10000 צירופים אפשריים. עקב המספר הגדול של צירופים אפשריים ניתן לקדד בקוד זה את כל אותיות האלף-בית העברי, האנגלי ושפות נוספות, וכן לתת זיהוי מוצרים מסויימים ביחידת קוד אחת.

הסברים מפורטים על פיתוחים אלו ניתן לקרוא ב:

1. T. Pavlidis et al: "Information Encoding with Two Dimensional Bar Codes", IEEE Computer Magazine, June 1992, pp. 18-38.
2. K. R. Sharp: "Multi-axis Optomechanics Key to 2-Dimensional Bar Code Scanning", Photonics Spectra, Dec. 1992, pp. 98-100.

5. מערכת סריקה אוטומטית יכולה לפעול ללא מפעיל, במערכות בהן המוצרים המסומנים נעים (כמו לדוגמא בפס ייצור).

יתרונותיה של מערכת הסריקה האוטומטית רבים, ולמעשה כל המערכות בשימוש המוני הן מסוג זה. דוגמה למערכת מן המרכול השכונתי מתוארת בתרשים 7:



תרשים 7: תצלום מערכת סריקה אוטומטית בסופרמרקט

שימושים

השימוש העיקרי בקוד הפסים הוא ביישומים בהם רוצים להחליף את לוח המקשים כאמצעי להכנסת האינפורמציה למחשב. להלן דוגמאות:

1. בנקודת המכירה לקריאת קוד הפריט הנמכר. מידע זה משמש גם לצורך חישוב המחיר שעל הקונה לשלם (קופה רושמת), וגם כדי לעדכן את רשימת המלאי של החנות. בשיטה זו כמות השגיאות קטנה, הכנסת המידע למחשב מהירה ביותר והמערכת ניתנת להפעלה על ידי מפעיל בלתי מיומן.
2. בתעשייה - לניהול מחסני מלאי, בדיקת פריטים על קו ייצור למניעת טעויות, וכו'.
3. דוגמא לשימוש חיוני בקוד פסים היא בבית חולים: כאשר חולה נכנס לאישפוז, מופקות עבורו מספר רב של מדבקות פסי קודים עם פרטיו החיוניים. בכל שלב בטיפול בחולה, מודבקות מדבקות אלו על הדגימות הנלקחות ממנו. לאורך כל הטיפול, המחשב מוודא שהבדיקה הנדרשת שייכת לחולה מסויים, והתרופה שניתנה לו היא באמת התרופה הנדרשת לחולה.