

5. IMPRIMANTE

Această lucrare de laborator prezintă principalele tipuri de imprimante, structura generală a unui echipament de imprimare și principiul de funcționare al imprimantelor cu jet de cerneală, electrofotografice, cu schimbare de fază și cu sublimarea vopselei. Lucrarea de laborator introduce limbajele *PostScript* și PCL utilizate pentru comanda imprimantelor, și descrie etapele necesare comunicației cu imprimantele conectate la un port USB.

5.1. Tipuri de imprimante

Există mai multe criterii de clasificare a imprimantelor. O parte din aceste criterii sunt prezentate în continuare.

A. După principiul de funcționare

Există două categorii importante:

- Imprimante cu impact;
- Imprimante fără impact.

La *imprimantele cu impact*, tipărirea se realizează prin intermediul unei benzi impregnate; există, deci, un contact mecanic între ansamblul de imprimare, banda impregnată și hârtie. Avantajul acestor imprimante este că permit realizarea mai multor copii simultan, dar dezavantajul lor este că sunt relativ lente și sunt zgomotoase.

Câteva tipuri de imprimante cu impact sunt următoarele:

- Imprimante cu caracter selectat, la care setul de caractere este plasat pe un suport. Suportul poate fi un tambur, lanț, bandă, cap cilindric sau sferic, margaretă, degetar.
- Imprimante matriciale, care pot utiliza ace sau ciocănele sub formă de lamele.

La *imprimantele fără impact*, nu există un contact direct între ansamblul de imprimare și hârtie. La unele imprimante, imaginea care va fi tipărită este formată mai întâi pe un suport intermediar, iar apoi este transferată pe hârtie. Avantajele acestor imprimante sunt viteza ridicată, calitatea ridicată a textului sau a imaginii tipărite și nivelul redus de zgomot. Dezavantajul lor este că nu pot produce mai multe copii simultan.

Exemple de imprimante fără impact sunt următoarele:

- Cu hârtie electrosensibilă;
- Termice;
- Electrostatice;
- Electrofotografice;
- Cu jet de cerneală;
- Cu microfilm.

B. După calitatea tipăririi

Există trei nivele de calitate a documentelor tipărite:

- Calitate redusă sau schiță (*Draft*);
- Calitate medie (NLQ – *Near Letter Quality*);

- Calitate înaltă (LQ – *Letter Quality*).

C. După viteza de imprimare

După acest criteriu, există următoarele categorii de imprimante:

- *Imprimante serie*, care tipăresc caracterele unul câte unul. Viteza acestora este exprimată în caractere pe secundă și poate ajunge la câteva sute de caractere pe secundă.
- *Imprimante de linie*, care tipăresc simultan toate caracterele dintr-o linie. Viteza acestora este exprimată în linii pe minut, ajungând la câteva mii de linii pe minut la imprimantele fără impact.
- *Imprimante de pagină*, care conțin memorii tampon pentru una sau mai multe pagini. Imprimarea se realizează prin pregătirea în memorie a imaginii de tipărit pentru o întreagă pagină, după care hârtia avansează continuu în timpul imprimării. Viteza lor poate ajunge la 50.000 linii pe minut.

5.2. Structura generală a unui echipament de imprimare

Principalele blocuri funcționale ale unui echipament de imprimare sunt următoarele:

1. Blocul de imprimare;
2. Sistemul de avans al hârtiei;
3. Sistemul de comandă;
4. Interfața.

Pe lângă aceste blocuri, pot exista și alte subansambluri specifice diferitelor tipuri de imprimante.

Sistemul de comandă al imprimantelor complexe poate avea în componență mai multe procesoare (figura 5.1).

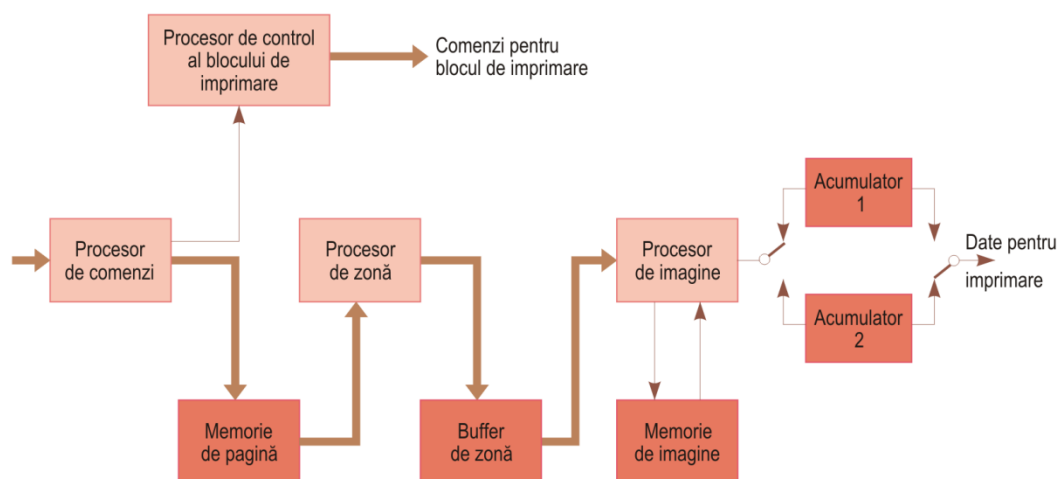


Figura 5.1. Sistemul de comandă al unei imprimante complexe.

Sistemul de comandă al unei imprimante poate împărți o pagină fizică în mai multe zone sau pagini logice. Fiecare zonă poate fi mai mică sau egală cu o pagină fizică și zonele se pot suprapune parțial, ceea ce permite crearea unor pagini complexe. Pe lângă definirea limitelor și a poziției fiecărei zone în pagină, se pot specifica și unele operații de prelucrare asupra zonelor (de exemplu, o rotire).

Imprimantele moderne pot fi comandate cu ajutorul unui limbaj de comandă. *Procesorul de comenzi* controlează transferul datelor între calculator și imprimantă, interpretează comenzile, prelucrează datele care descriu o pagină și memorează aceste date în *memoria de pagină*. *Procesorul de zonă* efectuează modificările specificate de utilizator asupra datelor din memoria de pagină și le transferă în *bufferul de zonă*, iar de aici către *procesorul de imagine*,

numit și procesorul imaginii rastru (RIP – *Raster Image Processor*). Acest procesor definește starea fiecărui punct al imaginii care va apărea pe hârtie, pe baza informațiilor primite și a formatelor de caractere care sunt memorate.

Datele care sunt pregătite pentru imprimare se transferă într-unul din mai multe *acumulatoare*. Acestea sunt memorii de mare capacitate, conținând harta de biți a imaginii care se va transfera pe hârtie. Pentru creșterea vitezei, se pot utiliza mai multe acumulatoare. În timp ce unul din acumulatoare se utilizează pentru imprimare, al doilea (sau celelalte) pot fi încărcate cu o nouă pagină. Un alt procesor comandă *blocul de imprimare* și sistemul de avans al hârtiei. Acest procesor interpretează comenzile referitoare la formatul de tipărire care vor determina și deplasarea hârtiei.

5.3. Imprimante cu jet de cerneală

Imprimantele cu jet de cerneală sunt formate din următoarele elemente principale:

- Rezervorul de cerneală;
- Sistemul de circulație a cernelii;
- Sistemul de generare și accelerare a picăturilor;
- Sistemul de dirijare a picăturilor.

În funcție de metoda de generare a picăturilor, se utilizează trei tipuri de imprimante cu jet de cerneală:

1. Cu jet continuu de picături;
2. Cu jet intermitent de picături;
3. Cu picături comandate.

Fiecare din aceste tipuri utilizează una din următoarele metode de dirijare a picăturilor și amplasarea lor pe hârtie:

- Deflexia electrostatică;
- Deplasarea capului de imprimare sau a hârtiei și dirijarea jetului în pozițiile corespunzătoare punctelor care trebuie imprimate;
- Selectarea ajutorajelor capului de imprimare.

5.3.1. Imprimante cu jet continuu de picături

Capul de generare a picăturilor este alimentat continuu cu cerneală sub presiune de către o pompă. Se utilizează ajutoraje conice cu diametre de ordinul zecilor de microni, realizate de obicei din materiale ceramice rezistente la uzură (figura 5.2).

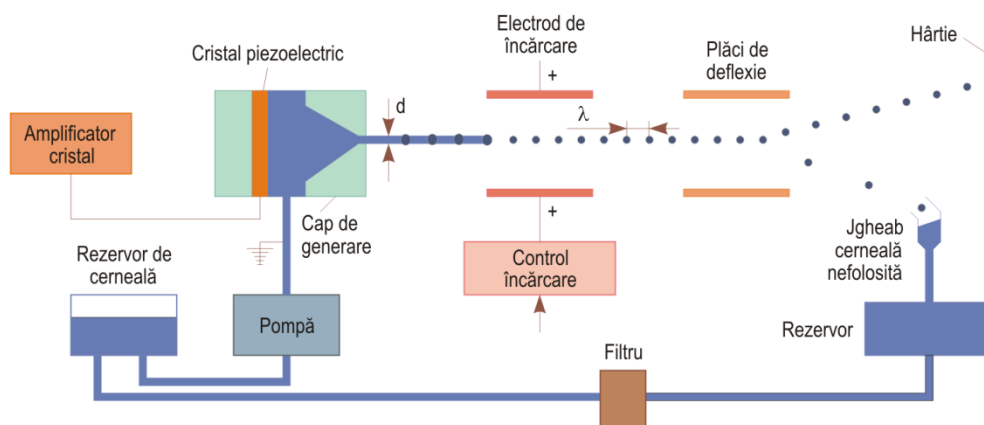


Figura 5.2. Structura unei imprimante cu jet continuu de picături.

Datorită tensiunii superficiale, jetul are tendința de a se separa în picături independente. Acest proces este forțat printr-o variație a presiunii în spatele ajutorului cu ajutorul unui cristal piezoelectric. Astfel, se produce o vibrație mecanică a peretelui rezervorului de cerneală; dacă această vibrație este continuă, picăturile vor fi generate în mod continuu.

Pasul dintre picăturile generate (lungimea de undă) λ este proporțional cu viteza v a jetului și invers proporțional cu frecvența f de excitare a cristalului:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Pentru o imprimare de calitate, jetul de cerneală trebuie dirijat cu o precizie ridicată, ceea ce se poate obține prin rezolvarea a numeroase probleme aerodinamice, termodinamice etc. De exemplu, trebuie să se evite formarea unor picături mai mici intercalate printre picăturile jetului, care, având o masă mai mică, sunt deflectate în mod diferit. S-a arătat că formarea acestor picături poate fi evitată dacă raportul dintre pasul picăturilor λ și diametrul d al jetului este cuprins între 5 și 7. De asemenea, dacă o picătură este urmată de o altă picătură la o distanță mică, datorită atracției electrostatice picăturile se pot uni, ceea ce poate produce o imprimare neuniformă.

Pe lângă această metodă piezoelectrică de generare a picăturilor, se poate utiliza și metoda termică. Ambele metode sunt descrise în secțiunea 5.3.4.

Pentru a dirija picăturile, acestea sunt încărcate electrostatic cu ajutorul unor electrozi amplasați în zona de separare a picăturilor. Deoarece jetul de cerneală este legat electric la masă, picăturile formate se încarcă cu o sarcină având o polaritate opusă celei a electrodului pozitiv. După separare, picăturile își păstrează încărcarea.

Tensiunea electrozilor de încărcare este comandată de blocul de generare a imaginii. Sarcina cu care se încarcă picătura trebuie să varieze între limite suficient de largi pentru a permite deflexia ulterioară pe distanța necesară. Încărcarea maximă este limitată de necesitatea de a evita respingerea electrostatică a picăturilor vecine și “explozia” picăturii, care poate avea loc dacă forțele de respingere electrostatică în interiorul picăturii depășesc tensiunea superficială.

Deplasarea jetului de picături are loc asemănător deplasării unui jet cilindric de fluid, formându-se un strat marginal de aer. Prima picătură suferă o frânare mai puternică, iar următoarele sunt frânate mai puțin, datorită în special forțelor de frecare laterală.

Stratul marginal de aer are ca efect scăderea diferită a vitezei picăturilor, existând tendința de unire între primele picături. Picăturile deflectate sunt influențate de vitezele din stratul marginal; traiectoria lor poate fi deviată și se pot uni picăturile deflectate diferit. Aceste fenomene limitează distanța între plăcile de deflexie și hârtie.

Pentru diminuarea efectelor stratului marginal de aer există diferite soluții:

- Se intercalează în jet picături suplimentare nedeflectate, pentru a mări distanța între picături și a preveni unirea lor;
- Se plasează picăturile în interiorul unui tunel aerodinamic. Aerul se deplasează cu viteza jetului de picături, împiedicându-se formarea stratului marginal.

Cerneala utilizată trebuie să fie stabilă din punct de vedere chimic și compatibilă cu materialele utilizate pentru construcția imprimantei; de asemenea, trebuie să fie conductivă, netoxică și neinflamabilă. Pentru a preveni uscarea cernelii în ajutoare, se adaugă aditivi în cerneală și se includ filtre în sistemul de circulație al cernelii.

Imprimantele cu jet continuu permit obținerea unor frecvențe mari de generare a picăturilor (de peste 100.000 picături pe secundă) și viteze mari ale jetului de cerneală. O calitate bună a imprimării se obține dacă picăturile au dimensiuni mici și rezoluția este ridicată. La o anumită frecvență maximă de generare, mărirea rezoluției va reduce viteza de imprimare. Invers, dacă se mărește viteza de imprimare prin mărirea frecvenței de generare a picăturilor, rezoluția se va reduce.

5.3.2. Imprimante cu jet intermitent

Aceste imprimante utilizează o cerneală încărcată electrostatic, care este alimentată cu o presiune redusă. Jetul de cerneală este generat prin aplicarea unei tensiuni asupra unui electrod de comandă amplasat lângă ajutoraj. Oprirea jetului de cerneală se realizează prin aplicarea unei tensiuni inverse asupra electrodului de comandă.

Dirijarea și amplasarea picăturilor pe hârtie se obțin prin deflexie electrostatică și deplasarea capului de imprimare. Deoarece procesul de generare a picăturilor poate fi comandat, iar la pornire și oprire se pierde doar un număr mic de picături, acestea sunt colectate, dar nu sunt recirculate.

Imprimantele cu jet intermitent permit obținerea unor viteze medii de imprimare.

5.3.3. Imprimante cu picături comandate

Această metodă este cea mai utilizată la imprimantele cu jet de cerneală obișnuite. Picăturile sunt generate individual cu ajutorul unui impuls electric care determină deformarea pereților unor camere ale ajutorajelor sau încălzirea cernelii. De obicei, dirijarea picăturilor se realizează prin selectarea ajutorajelor unui cap de imprimare multiplu, combinată cu deplasarea capului de imprimare (figura 5.3).

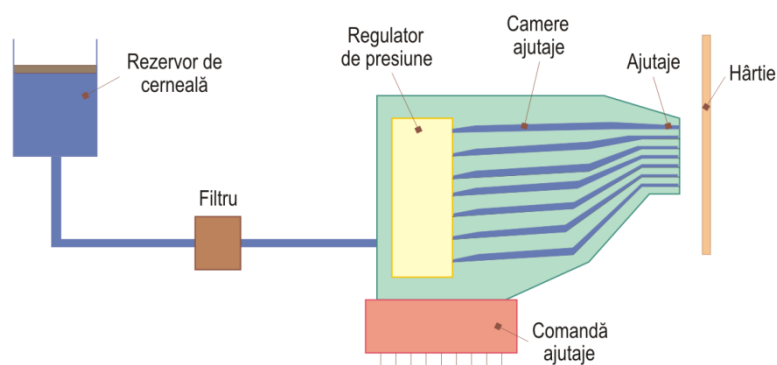


Figura 5.3. Structura unei imprimante cu picături comandate.

Deoarece toate picăturile sunt utile, nu este necesar un sistem de recirculare și filtrare a cernelii, ceea ce conduce la o simplificare constructivă a acestor imprimante.

Camerele ajutorajelor sunt legate la o cameră comună alimentată de rezervorul de cerneală. Pentru ca cerneala să nu părăsească ajutorajele atunci când nu este comandată generarea picăturilor, capul de imprimare conține și un regulator de presiune care menține o presiune ușor mai redusă în camera comună. Camera fiecărui ajutoraj are un perete flexibil care poate fi deformat printr-un cristal piezoelectric pentru a genera o picătură. După ce picătura a fost generată și peretele a revenit la forma sa inițială, camera este reumplută prin capilaritate. O altă posibilitate pentru generarea unei picături este de a încălzi cerneala din camera unui ajutoraj.

Frecvența de generare a picăturilor este limitată de necesitatea reumplerii camerei ajutorajului și de faptul că cerneala trebuie accelerată la fiecare nou impuls. Această frecvență poate fi în jur de 5000 picături pe secundă. Imprimantele cu picături comandate au viteze mai reduse decât imprimantele cu jet continuu.

5.3.4. Tehnologii de realizare a imprimantelor cu jet de cerneală

Există mai multe tehnologii care sunt utilizate pentru realizarea imprimantelor cu jet de cerneală, în funcție de metoda de generare a picăturilor. Cele mai utilizate sunt *tehnologia termică* și *tehnologia piezoelectrică*.

Tehnologia termică

Procesul pe care se bazează tehnologia termică a fost descoperit la sfârșitul anilor 1970 de cercetători de la firmele Canon și Hewlett-Packard. Prima imprimantă bazată pe

această tehnologie, care este și prima imprimantă cu jet de cerneală, a fost imprimanta *ThinkJet* a firmei Hewlett-Packard, introdusă în anul 1984. Această imprimantă monocrom avea o rezoluție de 96 puncte pe inci la o viteză de 150 caractere pe secundă, aproximativ aceeași cu cea a imprimantelor matriciale din acea perioadă. Ulterior, tehnologia, viteza și rezoluția au fost îmbunătățite în mod semnificativ.

Tehnologia termică este utilizată în special de imprimantele firmelor Hewlett-Packard și Canon, dar și Lexmark sau Texas Instruments. Alți producători, ca Apple și IBM, își procură subansambluri pentru propriile imprimante de la firma Canon. Firma Canon utilizează numele *BubbleJet* pentru tehnologia sa termică.

În cazul tehnologiei termice, numită și metoda cu bule, capul de imprimare este format dintr-un rezervor de cerneală cu pereți elastici, în care se menține o anumită presiune. Din acest rezervor cerneala ajunge în camera de generare a picăturilor, care este prevăzută cu un ajutor în care cerneala pătrunde prin capilaritate. Pe unul din pereții camerei se află un element de încălzire realizat sub forma unei pelicule subțiri.

Generarea unei picături se realizează prin încălzirea foarte rapidă a cernelii, cu câteva sute de °C pe μ s. Se va încălzi numai un strat subțire de cerneală care este în contact direct cu încălzitorul, strat care va ajunge la temperatura de fierbere. În acest fel se evaporă o cantitate redusă de cerneală și presiunea suplimentară rezultată generează o picătură, care este expulzată prin ajutorul duzei (figura 5.4). Elementul de încălzire este apoi răcit, astfel încât cerneala își reduce volumul și presiunea, iar cerneala expulzată este înlocuită cu cerneală din rezervor.

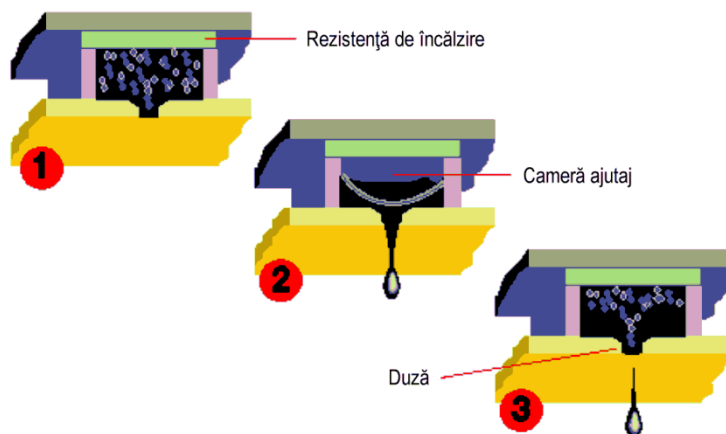


Figura 5.4. Generarea unei picături prin tehnologia termică: (1) cerneala este încălzită; (2) presiunea cernelii crește; (3) picătura este expulzată.

Tehnologia termică impune anumite limitări asupra procesului de tipărire. Astfel, cerneala utilizată trebuie să fie rezistentă la căldură. Capul de imprimare trebuie să fie rezistent la ciclurile repetate de încălzire și răcire executate rapid. Procesul de răcire a cernelii cauzează o întârziere, ceea ce reduce într-o anumită măsură viteza de imprimare.

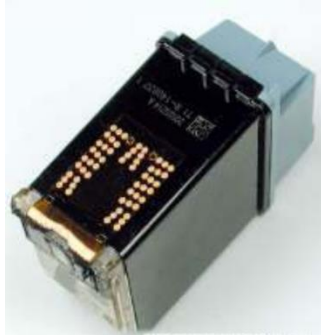


Figura 5.5. Cartuș de cerneală tipic care combină rezervorul de cerneală și capul de imprimare.

Ciclurile repetate de încălzire și răcire reprezintă principalul dezavantaj al tehnologiei termice. Capul de imprimare se va uza într-un timp relativ scurt, astfel încât trebuie înlocuit în mod periodic. Unii producători, cum este Hewlett-Packard, combină capul de imprimare cu

rezervorul de cerneală într-un singur cartuș, astfel încât atunci când se înlocuiește rezervorul de cerneală, se va înlocui și capul de imprimare (figura 5.5). La alți producători, este posibilă înlocuirea separată a capului de imprimare.

Capetele de imprimare ale imprimantelor termice pot conține între 600 și 1200 de duze, fiecare cu un diametru în jur de 70 micrometri. În acest caz, punctele rezultate au diametre între 50 și 60 de micrometri (comparativ, punctele de dimensiuni minime care sunt vizibile cu ochiul liber au diametre în jur de 30 micrometri). Densitatea duzelor, corespunzătoare rezoluției native a imprimantei, variază între 600 și 1200 puncte pe inci. Prin tehnici de îmbunătățire a rezoluției se poate ajunge la rezoluții de 4800 puncte pe inci sau mai mari. Vitezele de imprimare uzuale sunt de 16-30 pagini pe minut în modul monocrom și 16-20 pagini pe minut în modul color.

Tehnologia piezoelectrică

Această tehnologie a fost elaborată de firma Epson și se bazează pe *efectul piezoelectric*. Dacă se exercită o presiune asupra unui cristal piezoelectric, se va produce o tensiune electrică. Dacă se aplică o tensiune electrică unui cristal piezoelectric, acesta va suferi o deformare mecanică.

În cele mai multe cazuri, se utilizează un cristal piezoelectric sub forma unui disc, care este plasat în spatele rezervorului de cerneală. Discul se deformează atunci când i se aplică o tensiune electrică. Această deformare produce o presiune care va expulza o picătură de cerneală prin ajutor (figura 5.6). În acest fel se pot obține presiuni ridicate și timpi de răspuns mici.

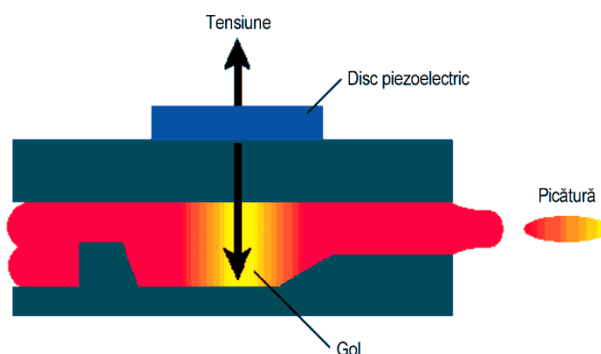


Figura 5.6. Generarea unei picături prin tehnologia piezoelectrică.

În cazul unei alte tehnici, se plasează un tub subțire de sticlă în interiorul unui cristal piezoelectric. La aplicarea unei tensiuni electrice asupra cristalului, acesta se contractă și exercită o presiune asupra tubului de sticlă, forțând expulzarea unei picături de cerneală.

Firma Epson a dezvoltat o tehnică numită MACH (*Multi-layer ACtuator Head*), în care se utilizează un dispozitiv de acționare piezoelectric multistrat; acest dispozitiv vibrează și produce picături de cerneală (figura 5.7). Dispozitivul de acționare multistrat constă din câteva mii de fire piezoelectrice foarte fine, așezate în paralel unele cu altele într-un spațiu redus. Atunci când li se aplică un impuls electric, firele se alungesc și acționează asupra unei plăci vibratoare care modifică volumul camerei în care se află cerneala. Această tehnică este utilizată în special la imprimantele Epson din seria *Stylus*.

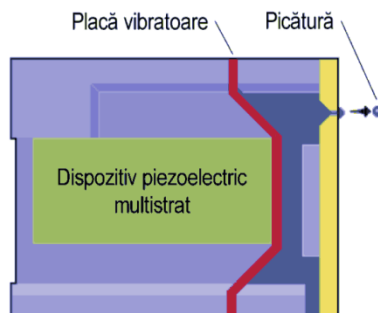


Figura 5.7. Principiul tehnologiei MACH bazate pe un dispozitiv de acționare piezoelectric multistrat.

Tehnologia piezoelectrică are mai multe avantaje. Astfel, procesul de generare a picăturilor permite un control mai ușor al formei și dimensiunii picăturilor. Picăturile pot avea dimensiuni mai reduse, astfel încât densitatea duzelor și rezoluția pot fi mai ridicate. De asemenea, spre deosebire de tehnologia termică, cerneala nu trebuie încălzită și răcită în mod repetat, ceea ce reduce timpul de tipărire și crește durata de viață a capului de imprimare. În plus, cerneala poate fi adaptată ținând cont în primul rând de proprietățile de absorbție ale acesteia și nu de rezistența sa la căldură, ceea ce permite o mai mare libertate la elaborarea unor cerneluri cu proprietăți chimice optime pentru o calitate ridicată a tipăririi. Un dezavantaj al tehnologiei piezoelectrice este costul mai ridicat ale imprimantelor realizate cu această tehnologie.

Tehnologia piezoelectrică este utilizată de imprimantele firmelor Epson, Brother și Tektronix. O variantă a tehnicii multistrat, numită *Microjet*, a fost elaborată de firma Cambridge Consultants. Această tehnică oferă frecvențe ale picăturilor și costuri ale imprimantelor comparabile cu cele ale tehnologiei termice.

Imprimantele bazate pe tehnologia piezoelectrică sunt mai rapide, mai fiabile și au costul de imprimare pe pagină mai redus decât cele bazate pe tehnologia termică. Pe de altă parte, imprimantele termice au costuri mai scăzute, iar dimensiunea mai redusă a capului de imprimare permite realizarea mai ușoară a imprimantelor color și a celor portabile.

5.4. Imprimante electrofotografice

Imprimantele electrofotografice (numite, în mod obișnuit, imprimante cu laser) au fost dezvoltate pornind de la fotocopiatoarele bazate pe procesul numit *electrofotografie*. Aceste fotocopiatore utilizau o sursă de lumină pentru capturarea unei imagini și redarea ei cu ajutorul unei substanțe pigmentate solide pe bază de praf de carbon, substanță numită *toner*. Procesul electrofotografic a fost dezvoltat de firma Canon în anii 1960. Prima aplicație comercială a acestei tehnologii, numită *New Process* pentru a o deosebi de procesul mai vechi de *xerografie* utilizat în tipografie, a fost un fotocopiator Canon prezentat în anul 1968.

Prima imprimantă electrofotografică a fost un echipament demonstrativ realizat de firma Canon în anul 1975 pe baza unui fotocopiator modificat. Prima imprimantă comercială electrofotografică a fost prezentată în anul 1984, când firma Hewlett-Packard a introdus prima sa imprimantă din seria *LaserJet*, bazată pe tehnologia elaborată de firma Canon.

Funcționarea unei imprimante electrofotografice este similară cu cea a unui fotocopiator, deosebirea principală dintre acestea constând în sursa de lumină utilizată. La un fotocopiator, pagina care trebuie copiată este scanată cu o sursă de lumină obișnuită, care este reflectată de zonele albe și este absorbită de zonele întunecate. La o imprimantă electrofotografică, sursa de lumină utilizată este, de obicei, o rază laser de putere redusă, care este modulată de imaginea primită de la calculator. În ambele cazuri, sursa de lumină determină încărcarea electrostatică selectivă a unui tambur fotoconductor¹. Imaginea latentă este apoi dezvoltată prin acoperire cu toner, este transferată pe hârtie și fixată.

Figura 5.8 ilustrează componentele principale ale unei imprimante electrofotografice.

Tamburul este acoperit cu un material fotoconductor, cu proprietatea că potențialul electric al acestuia se modifică în funcție de intensitatea luminii la care este expus. Inițial, tamburul este încărcat cu un potențial pozitiv cu ajutorul unui *electrod de încărcare* prin care trece un curent electric. Anumite imprimante utilizează o *rolă de încărcare* în locul electrodului. Prin expunerea unor zone ale tamburului la lumină, potențialul electric al acestor zone scade la o valoare pozitivă mai redusă sau chiar la o valoare negativă, în funcție de intensitatea luminoasă. Acest potențial este corelat cu încărcarea particulelor de toner, astfel încât acestea să adere numai la zonele iluminate ale tamburului. La unele imprimante, tamburul este încărcat inițial cu un potențial negativ, iar prin expunerea la lumină potențialul acestuia crește și poate ajunge la o valoare pozitivă.

¹ Un material fotoconductor are proprietatea că își schimbă conductivitatea electrică în funcție de intensitatea luminii la care este expus.

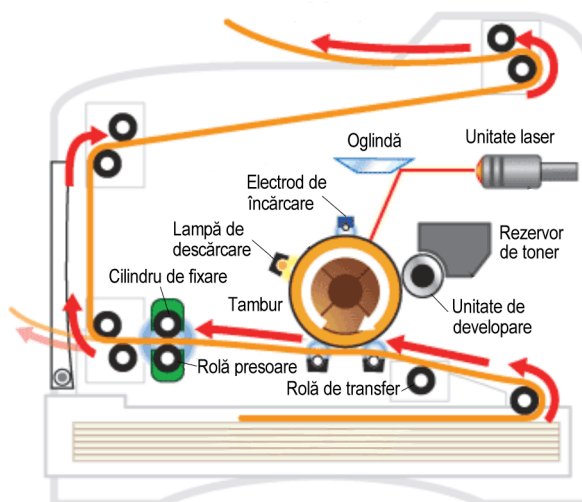


Figura 5.8. Structura unei imprimante electrofotografice (imaginea originală © HowStuffWorks).

Materialul fotoconductor utilizat pentru acoperirea tamburului poate fi anorganic, de exemplu, seleniu, sau organic (OPC – *Organic Photo Conductor*). Seleniul are dezavantajul că este toxic. Tamburul trebuie schimbat după un anumit număr de pagini (de ordinul zecilor de mii).

De obicei, încărcarea electrostatică a tamburului se realizează cu un fascicul laser generat de o *unitate laser*. Fasciculul baleiază tamburul fotoconductor linie cu linie, iar pe parcursul baleierii este modulată cu conținutul memoriei de imagine. Modularea fasciculului constă în modificarea intensității luminoase a acestuia. Tamburul se rotește pentru a trece la următoarea linie de baleiere, operație sincronizată cu dirijarea fasciculului laser. Toate operațiile se efectuează deci în timp ce tamburul fotoconductor se rotește continuu.

Dirijarea fasciculului laser trebuie să fie extrem de precisă. În acest scop se utilizează o *oglină poligonală rotitoare* (figura 5.9). Înainte de a ajunge pe suprafața tamburului, fasciculul laser este trecut printr-un sistem de lentile. Acest sistem optic compensează distorsionarea imaginii datorată distanței variabile dintre oglindă și diferitele zone de pe suprafața tamburului.

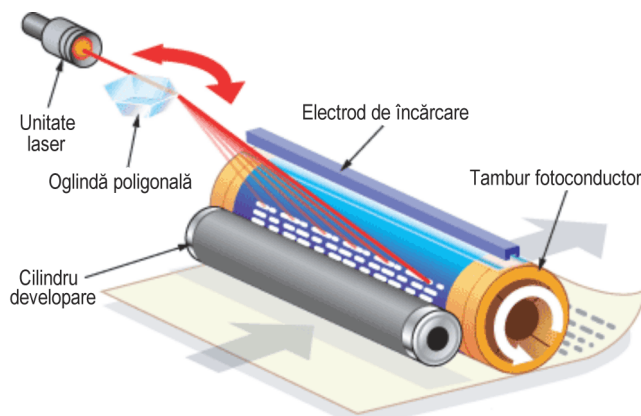


Figura 5.9. Dirijarea fasciculului laser la o imprimantă electrofotografică (imaginea originală © HowStuffWorks).

Pentru imprimantele electrofotografice se utilizează un toner solid. Tonerul, păstrat în *rezervorul de toner*, este compus din două ingrediente principale, pigmenți și particule de plastic. Tonerul este extras din rezervor cu ajutorul *unității de dezvoltare*. În această unitate, particulele de toner (cu diametrul în jur de 15 micrometri) sunt amestecate cu particule magnetice purtătoare cu diametru mai mare (de exemplu, teflon). Aceste particule sunt atașate la o rolă metalică, care le deplasează în fața rezervorului de toner pentru a extrage particulele de toner. Apoi, rola transportă particulele magnetice amestecate cu particule de toner spre suprafața tamburului. În zonele impresionate de lumină ale tamburului, forța de atracție a suprafeței acestuia depășește forța de reținere a particulelor de toner și acestea aderă pe tambur. În acest fel, imaginea care trebuie tipă-

rită se construiește pe tambur. La multe imprimante, rezervorul de toner, unitatea de dezvoltare și tamburul fotoconductor sunt combinate într-un cartuș care poate fi înlocuit.

Pentru transferul imaginii de pe tambur pe hârtie, mai întâi se utilizează o *rolă de transfer* pentru a încărca hârtia cu un potențial electrostatic care depășește forța de atracție exercitată de tamburul fotoconductor asupra tonerului. Apoi, tamburul este rulat deasupra hârtiei; particulele de toner sunt atrase de hârtia încărcată electrostatic, astfel încât tonerul aderă la hârtie (figura 5.10). Pentru a preveni aderarea hârtiei la tambur, hârtia este descărcată cu ajutorul unui conductor de descărcare imediat ce tonerul s-a depus pe hârtie. În acest moment, tonerul este menținut pe hârtie doar de o sarcină electrostatică slabă. Pentru fixarea permanentă a tonerului pe hârtie, de obicei se utilizează metoda termomecanică. Hârtia este trecută între un *cilindru de fixare* încălzit și o *rolă presoare*. În zona de contact, temperatura de 150–200 °C topește particulele de plastic ale tonerului, iar presiunea produce fuzionarea acestora cu fibrele de hârtie.

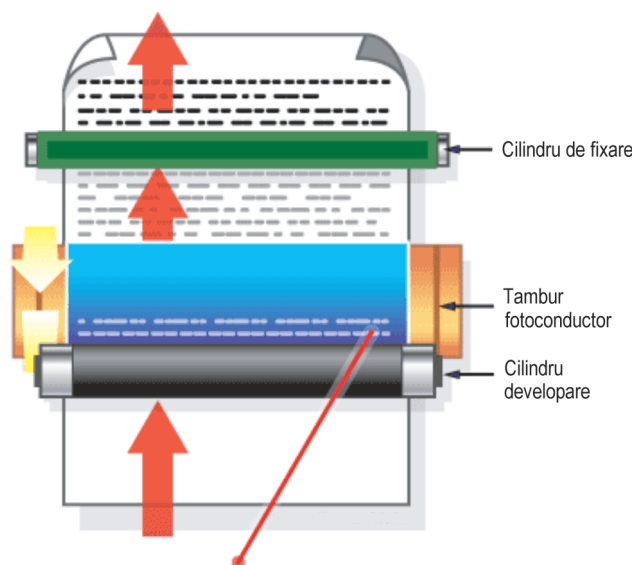


Figura 5.10. Transferul și fixarea imaginii pe hârtie la o imprimantă electrofotografică (imaginea originală © HowStuffWorks).

Pentru un nou ciclu de tipărire, imaginea veche este ștearsă prin expunerea întregii suprafețe a tamburului la lumina unei *lămpi de descărcare*. Particulele de toner care au rămas pe tambur sunt îndepărtate cu o lamelă sau perie de curățire și sunt colectate în rezervorul de toner. Suprafața tamburului este încărcată apoi cu un potențial pozitiv cu ajutorul electrodului de încărcare. Imprimantele electrofotografice din primele generații utilizau un tambur suficient de mare pentru a păstra imaginea unei pagini întregi. Imprimantele moderne utilizează un tambur cu suprafața mai redusă, iar imaginea pentru o pagină este formată printr-un proces continuu.

În locul utilizării unui fascicul laser pentru încărcarea electrostatică a tamburului, unele imprimante utilizează un șir de diode electroluminiscente LED (*Light Emitting Diode*). Această tehnică a fost inventată de firma Casio, fiind utilizată și de firmele Oki și Lexmark. Avantajul metodei este costul mai redus, deoarece unitatea laser și sistemul complex de dirijare a fascicului laser sunt înlocuite cu un șir de diode electroluminiscente amplasate deasupra tamburului. Dezavantajul principal al acestei tehnici este că rezoluția pe orizontală este fixată prin construcție și, deși se pot utiliza unele tehnici de îmbunătățire a rezoluției, acestea nu sunt la fel de eficiente ca și tehnicile oferite de tehnologia laser. În plus, durata de viață a acestor imprimante este mai scurtă decât cea a imprimantelor care utilizează tehnologia laser.

Imprimantele cu cristale lichide LCD (*Liquid Crystal Display*) funcționează similar, utilizând un panou cu cristale lichide amplasat între o sursă constantă de lumină (care nu este un fascicul laser) și tamburul fotoconductor.

De obicei, imprimantele electrofotografice au rezoluții de 600 sau 1200 puncte pe inci. La majoritatea imprimantelor, rezoluția este fixată în primul rând de procesorul imaginii rastru (RIP), care translatează comenzile de tipărire în harta de biți a imaginii care trebuie tipărită. Un alt element care poate limita rezoluția este dimensiunea memoriei imprimantei. Prin schimbarea

procesorului RIP și extinderea memoriei, este posibilă creșterea rezoluției imprimantei. Rezoluțiile mai mari necesită însă și un toner de calitate corespunzătoare, deoarece la rezoluții înalte dimensiunea particulelor de toner poate limita claritatea imaginilor.

Tehnologia de îmbunătățire a rezoluției RET (*Resolution Enhancement Technology*) crește calitatea aparentă a tipăririi în limitele unei anumite rezoluții disponibile. Această tehnologie, introdusă de firma Hewlett-Packard în anul 1990 cu seria de imprimante *LaserJet III*, constă în modificarea dimensiunii punctelor de toner la marginile caracterelor și a liniilor diagonale pentru a reduce efectul zimțat. Deci, prin utilizarea acestei tehnologii rezoluția pe hârtie rămâne la valoarea nominală a imprimantei, dar imaginile vor apare ca fiind mai clare.

Comparativ cu imprimantele cu jet de cerneală, principalele avantaje ale imprimantelor electrofotografice sunt viteza și precizia mai ridicate. Vitezele obișnuite sunt cuprinse între 20 și 50 pagini pe minut, dar imprimantele complexe pot avea viteze mult mai ridicate. De exemplu, unele modele sofisticate pot avea viteze de 200 pagini pe minut sau mai mari. Diametrul fasciculului laser este constant, astfel încât este posibilă obținerea unei precizii ridicate a punctelor din care sunt construite imaginile grafice. În plus, tonerul solid nu difuzează în porii hârtiei ca și cerneala lichidă, astfel încât calitatea tipăririi este dependentă într-o măsură mult mai redusă de calitatea hârtiei. Deși costul imprimantelor electrofotografice este mai ridicat, costul pe pagină este mai redus decât cel al imprimantelor cu jet de cerneală. Imprimantele color electrofotografice nu sunt însă la fel de răspândite ca și imprimantele color cu jet de cerneală.

5.5. Imprimante color

5.5.1. Generarea culorilor

Spre deosebire de monitoarele color, care utilizează sinteza aditivă a culorilor, imprimantele color utilizează sinteza substractivă. În cazul monitoarelor, o culoare este generată prin combinarea celor trei culori primare aditive, roșu, verde și albastru; standardul utilizat este numit RGB (*Red, Green, Blue*). Imprimantele utilizează pigmenți având cele trei culori primare substructive, cian, magenta și galben; sistemul de culori utilizat este numit CMY (*Cyan, Magenta, Yellow*). *Cian* este culoarea complementară pentru roșu, *magenta* este culoarea complementară pentru verde, iar *galben* este culoarea complementară pentru albastru. De exemplu, pentru a se tipări cu culoarea roșie, trebuie să se utilizeze un pigment de culoare magenta (care absoarbe verdele) și galben (care absoarbe albastrul), reflectându-se numai culoarea roșie.

De cele mai multe ori, imprimantele utilizează și un al patrulea pigment, de culoare neagră; acest sistem de culori este numit CMYK (*Cyan, Magenta, Yellow, Black*). Deși, teoretic, negrul se poate obține prin suprapunerea celor trei culori primare substructive (CMY), în practică obținerea culorii negre este dificilă dacă se utilizează această suprapunere, deoarece este dificil să se obțină pigmenți absolut monocromatici (de exemplu, pot exista urme de cian în pigmentul magenta, etc.). În asemenea cazuri, negrul obținut va avea nuanțe de verde, albastru, sau roșu. Pe de altă parte, obținerea culorii negre prin suprapunerea a trei pigmenți este neeconomică.

Pentru obținerea unui număr mare de culori, cele trei culori primare utilizate de imprimante sunt mixate în proporții variate. Această mixare poate fi realizată fizic sau optic. *Mixarea fizică* a culorilor este posibilă doar în cazul cernelurilor lichide și presupune că două sau mai multe culori de cerneală se amestecă efectiv înainte de uscarea lor. Deoarece imprimantele utilizează cerneluri cu un timp de uscare redus, culorile care trebuie mixate trebuie aplicate pe hârtie simultan sau într-o succesiune rapidă. Doar puține imprimante se bazează pe mixarea fizică a cernelurilor pentru a crește numărul de culori pe care le generează.

Mixarea optică a culorilor poate fi realizată în unul din două moduri. Un pigment de anumită culoare poate fi aplicat peste un altul, sau culorile pot fi aplicate în poziții adiacente. Aplicarea unor straturi succesive de pigmenți necesită ca cernelurile să aibă o anumită transparență. Cele mai multe cerneluri utilizate în prezent sunt transparente, ceea ce permite utilizarea lor atât pe suporturi transparente, cât și pe hârtie. Nuanța rezultată prin aplicarea unei cerneli transparente depinde însă de culoarea suportului utilizat.

În cazul în care culorile sunt aplicate în poziții adiacente și nu sunt suprapuse, prin plasarea unor puncte de culori diferite în poziții foarte apropiate, ochiul nu le va mai distinge ca și culori separate, ci ca o nouă culoare, mixarea realizându-se pe rețină. Acest procedeu este cunoscut sub numele de *intercalarea nuanțelor* (“*dithering*”). Cele mai multe imprimante utilizează acest procedeu pentru crearea unui număr mare de culori. Prin acest procedeu, un pixel al imaginii nu este reprezentat printr-un singur punct, ci printr-un grup de puncte numit *super-pixel*. Problema care apare în cazul utilizării acestei metode este că rezoluția percepută a imaginii color va fi mai redusă. Această rezoluție este limitată de dimensiunea super-pixelilor și nu a punctelor individuale. De exemplu, pentru tipărirea unei imagini utilizând opt biți pentru fiecare culoare primară, imprimanta trebuie să utilizeze super-pixeli formați din 8×8 puncte. Rezoluția va fi redusă în mod corespunzător, astfel încât o imprimantă cu rezoluția de 600 puncte pe inci va avea o rezoluție de 75 puncte pe inci pentru imaginile color.

Calitatea imprimantelor color este indicată de rezoluție și de numărul nivelelor sau nuanțelor care pot fi tipărite pentru fiecare punct. În general, cu cât rezoluția și numărul de nivele pe punct este mai mare, cu atât calitatea tipăririi este mai ridicată. În practică, producătorii optează fie pentru o rezoluție mai ridicată, fie pentru un număr mai mare de nivele pentru fiecare punct, în funcție de destinația principală a imprimantei. De exemplu, pentru aplicațiile generale este mai importantă o rezoluție înaltă, în timp ce pentru aplicațiile grafice este importantă asigurarea unei calități fotografice, cu un număr mare de culori. În funcție de numărul nivelelor posibile pentru fiecare punct, există două tipuri de imprimante color: binare și cu tonuri continue.

La imprimantele *binare*, nu sunt posibile nivele intermediare pentru culorile din care se formează un punct. Pentru un anumit punct, culorile cian, magenta, galben și negru sunt fie active, fie inactive. Astfel, fiecare punct poate avea doar 16 combinații diferite de toner sau cerneală. Mai mult, culoarea neagră combinată cu orice altă culoare va apare neagră, astfel încât opt din cele 16 combinații vor apare la fel. Aceasta înseamnă că fiecare punct poate avea doar nouă culori distincte, la care se adaugă culoarea albă. Culorile care nu pot fi reprezentate direct sunt simulate printr-o anumită formă de interpolare a culorilor. Aceste imprimante au o calitate mai redusă și un cost considerabil mai redus decât cele care pot varia numărul de nivele pentru fiecare punct.

Imprimantele cu *tonuri continue* pot genera mai multe nivele intermediare pentru fiecare culoare din care se formează un punct. De exemplu, dacă imprimanta poate crea 256 de nivele diferite pentru fiecare din culorile cian, magenta și galben, atunci poate genera până la 16,7 milioane de culori. În practică, numărul de culori care pot fi generate este mai redus. Aceste imprimante pot realiza reproduceri de calitate fotografică.

5.5.2. Imprimante color cu jet de cerneală

În prezent, cele mai răspândite imprimante color sunt imprimantele cu jet de cerneală. La aceste imprimante, generarea culorilor este mai simplă decât cu alte tehnologii, deoarece este posibilă mixarea unor mici cantități de cerneluri lichide și după ce acestea au fost depuse pe hârtie pentru a crea nuanțe intermediare. În acest fel, este posibilă generarea unui număr mare de culori și obținerea unor reproduceri de calitate superioară din punctul de vedere al saturării culorilor.

Imprimantele color cu jet de cerneală permit atât tipărirea monocrom, cât și tipărirea color. Modul în care se realizează comutarea între cele două regimuri de funcționare variază între diferitele modele. Imprimantele mai simple pot fi echipate cu un singur cartuș, fie pentru cerneala neagră, fie pentru cernelurile color. Pentru trecerea de la modul monocrom la cel color sau invers, trebuie schimbate cartușele între ele. Dacă într-o pagină color trebuie utilizată culoarea neagră, aceasta va fi generată prin compunerea celor trei culori primare, cu un consum ridicat de cerneală. Imprimantele mai complexe pot fi echipate cu două cartușe, unul pentru cerneala neagră și unul pentru cernelurile color. Alte imprimante pot conține cartușe separate pentru fiecare culoare primară.

La cele mai multe imprimante color cu jet de cerneală, viteza la tipărirea color este mult mai redusă decât cea de la tipărirea monocrom. Aceasta deoarece, de multe ori, nu există

câte un cap de imprimare separat pentru fiecare din culorile primare, ci un singur cap de imprimare pentru cernelurile color. De obicei, imprimantele color au un cap de imprimare separat pentru cerneala de culoare neagră. Figura 5.11 ilustrează capetele de imprimare ale unei imprimante color Lexmark. Tipărirea monocrom se realizează pe o lățime de 56 de puncte, în timp ce tipărirea color se realizează pe o lățime de 16 puncte. Tipărirea unei linii color de aceeași lățime ca și una monocrom necesită treceri multiple.

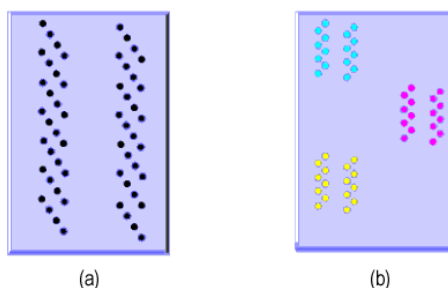


Figura 5.11. Dispunerea duzelor la capetele de imprimare ale unei imprimante color cu jet de cerneală: (a) pentru tipărirea monocrom; (b) pentru tipărirea color.

Pentru a crește gama culorilor pure care pot fi generate de imprimante, unii producători au elaborat imprimante cu jet de cerneală cu șase culori. Aceste imprimante utilizează două cerneluri suplimentare pe lângă cele patru cerneluri obișnuite. În general, culorile suplimentare utilizate sunt portocaliu și violet. Rezultă astfel o reproducere mai realistă a fotografiilor și necesitatea mai redusă de utilizare a altor tehnici de extindere a numărului de culori, cum este intercalarea nuanțelor.

Calitatea tipăririi în cazul imprimantelor cu jet de cerneală în general, și a imprimantelor color în special, este determinată în mare măsură de două elemente: *calitatea cernelii* și *calitatea hârtiei*. Există două tipuri de cerneluri utilizate. Primul tip este cu uscare lentă și este utilizat la imprimantele monocrom. Al doilea tip este cu uscare rapidă și este utilizat la imprimantele color. La aceste imprimante, deoarece se realizează mixarea cernelurilor diferite, acestea trebuie să aibă un timp de uscare cât mai redus pentru a se evita alterarea culorilor prin unirea unor puncte adiacente.

În general, cernelurile utilizate la imprimantele cu jet de cerneală sunt bazate pe pigmenți diluați în apă, ceea ce poate crea anumite probleme. La imprimantele din generațiile anterioare, pătarea hârtiei era o problemă frecventă, dar ulterior au fost realizate îmbunătățiri considerabile ale compoziției chimice a cernelurilor. Deși producătorii au realizat progrese și în elaborarea cernelurilor rezistente la apă, rezultatele nu sunt încă satisfăcătoare. Unii producători oferă cerneluri care nu sunt solubile în apă sau hârtii care permit fixarea cernelurilor solubile pentru a preveni alterarea rezultatului tipăririi.

Una din preocupările producătorilor este elaborarea unor cerneluri care să permită tipărirea pe o gamă largă de suporturi. Cercetările efectuate au ca scop îmbunătățirea coloranților și a pigmentilor utilizați pentru cerneluri, astfel încât să se asigure calitatea tipăririi pe diferite tipuri de suporturi, fără a fi necesară utilizarea unor hârtii speciale, cu costuri ridicate.

În general, se utilizează cerneluri cian, magenta și galben bazate pe vopsele, cu molecule de dimensiuni mici (sub 50 nm). Acestea au un grad ridicat de strălucire și permit obținerea unei game largi de culori, dar nu sunt suficient de rezistente la apă și la decolorarea în timp. Cernelurile bazate pe pigmenți cu molecule de dimensiuni mai mari (între 50 și 100 nm) sunt mai rezistente la apă și la decolorare, dar nu pot asigura o gamă suficientă de culori și nu sunt transparente. De aceea, în prezent acești pigmenți se utilizează numai pentru cerneala neagră.

Decolorarea cernelurilor reprezintă o altă problemă. Lumina ultravioletă sau ozonul poate ataca pigmenții, ceea ce poate conduce la modificarea culorilor sau a nuanțelor. Dintre cernelurile utilizate la imprimantele cu jet de cerneală, cea de culoare neagră este cea mai stabilă, în special dacă se bazează pe pigmenți de carbon. Cernelurile color bazate pe vopsele au însă o stabilitate mai redusă, iar unele nuanțe se pot decolora într-un timp scurt. Cernelurile color obișnuite sunt garantate doar pentru o perioadă de câțiva ani. Unii producători, în speci-

al cei care oferă imprimante fotografice, au elaborat cerneluri permanente bazate pe pigmenți a căror culoare este garantată pentru mai mult de 100 de ani.

Tipul hârtiei utilizate determină în mare măsură calitatea imaginilor tipărite. Este posibilă utilizarea unei hârtii obișnuite, dar aceasta nu permite obținerea unor imagini color de calitate ridicată. În prezent, majoritatea imprimantelor cu jet de cerneală necesită utilizarea unei hârtii speciale cretate sau lucioase pentru obținerea unor reproduceri de calitate fotografică. O asemenea hârtie reflectă o mare parte din lumina incidentă în aceeași direcție, spre deosebire de o hârtie obișnuită, care reflectă lumina în direcții diferite. Costul diferitelor tipuri de hârtie specială este ridicat, astfel încât producătorii încearcă obținerea unor imagini de calitate ridicată utilizând o hârtie obișnuită. Această calitate a fost îmbunătățită în mod considerabil în ultimii ani, dar utilizarea unei hârtii speciale este încă necesară pentru obținerea unei calități fotografice. Unii producători, cum este Epson, au propriul tip de hârtie care este optimizată pentru imprimantele lor care utilizează tehnologia piezoelectrică.

Unul din factorii care determină calitatea hârtiei este gradul de absorbție. Hârtia nu trebuie să absoarbă cerneala decât într-o mică măsură, deoarece în caz contrar punctele de cerneală își vor modifica forma, iar claritatea imaginilor se va reduce în mod semnificativ, în special la marginile obiectelor și a textului. Pentru a elimina absorbția cernelii, au fost elaborate diferite tipuri de hârtie specială care sunt acoperite cu un strat subțire de material pe bază de ceară, gelatină sau polimeri. Pe o asemenea hârtie, cerneala se va usca aproape exclusiv prin evaporare și nu va difuza decât într-o mică măsură în porii hârtiei, dar timpul de uscare va fi mult mai lung. Gradul scăzut de absorbție al acestor tipuri de hârtii speciale este esențial pentru obținerea unor rezoluții ridicate.

5.5.3. Imprimante color cu schimbare de fază

Imprimantele cu schimbare de fază utilizează o variantă a tehnologiei cu jet de cerneală. În locul utilizării unor cerneluri bazate pe solvenți care sunt fixate (care se usucă) prin evaporare sau absorbție în suportul de tipărire, imprimantele cu schimbare de fază utilizează cerneluri care își schimbă starea din cea lichidă în cea solidă.

Cerneala utilizată de aceste imprimante se află inițial sub forma unor bastoane solide de ceară de diferite culori. Capul de imprimare va topi o anumită cantitate de ceară din fiecare culoare, iar acestea vor fi menținute în stare lichidă în patru rezervoare din interiorul capului de imprimare. Ceara lichidă este transferată apoi pe un tambur intermediar cu ajutorul unui sistem de duze, într-un mod similar cu cerneala de la imprimantele cu jet de cerneală. De pe tamburul intermediar, imaginea formată este transferată pe hârtie într-o singură etapă. Picăturile de ceară, care nu mai sunt încălzite, se răcesc rapid și revin în starea solidă. Din cauza utilizării cernelii solide, aceste imprimante se mai numesc imprimante cu *jet de cerneală solidă*.

Prima imprimantă care a utilizat tehnologia cu schimbare de fază a fost imprimanta *Pixelmaster* a firmei Howtek, introdusă la sfârșitul anilor 1980. Consacrarea acestei tehnologii s-a realizat de către firma Tektronix prin introducerea imprimantei sale *Phaser III PXi* în anul 1991. Firma Tektronix, care a fost achiziționată de Xerox în anul 2001, a îmbunătățit tehnologia cu schimbare de fază pentru obținerea unei calități mai ridicate. În timp ce la imprimanta *Pixelmaster* s-au utilizat cerneluri pe bază de plastic care formau mici denivelări pe hârtie și uneori conduceau la astuparea capului de imprimare, la imprimanta *Phaser III* s-au utilizat cerneluri pe bază de ceară și s-a adăugat o etapă suplimentară la procesul de tipărire, pentru netezirea picăturilor de ceară solidificate cu ajutorul unei role.

Comparativ cu imprimantele cu jet de cerneală, imprimantele cu schimbare de fază sunt mai puțin sensibile la suportul utilizat pentru tipărire. Costul acestor imprimante este mai redus decât cel al imprimantelor color electrofotografice. Calitatea obținută este ridicată, dar nu la fel de bună ca cea a reproducerilor fotografice.

5.5.4. Imprimante color electrofotografice

Imprimantele color electrofotografice au apărut mai târziu decât imprimantele color cu jet de cerneală, deoarece tehnologia utilizată de imprimantele monocrom pune câteva pro-

bleme variantei color. Culoarele utilizate sunt aceleași, cian, magenta, galben și negru. Mai întâi, se separă culorile primare ale imaginii și se construiește în mod secvențial imaginea corespunzătoare fiecărei culori primare pe tamburul fotoconductor. După construirea imaginii de o anumită culoare, se adaugă pe tambur tonerul de culoarea corespunzătoare și imaginea parțială se transferă fie pe o suprafață intermediară, fie direct pe hârtie (figura 5.12). Formarea unei imagini complete necesită deci patru (uneori, trei) etape ale procesului electrofotografic.

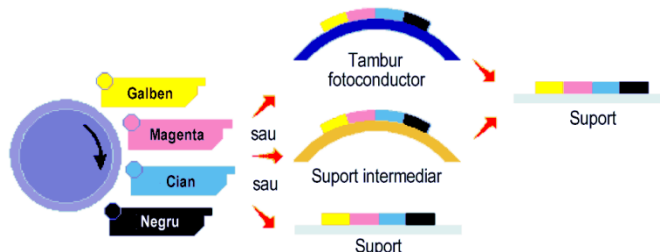


Figura 5.12. Principiul imprimantelor color electrofotografice.

La unele imprimante color electrofotografice, hârtia efectuează patru treceri peste tamburul fotoconductor; deci, fiecare culoare primară este imprimată separat. În acest caz, tamburul trebuie curățat după tipărirea fiecărei culori, iar alinierea hârtiei trebuie menținută în mod riguros pentru toate cele patru treceri. La alte imprimante, hârtia trece o singură dată peste tambur. Tamburul trebuie să efectueze însă patru rotații complete, în timp ce tonerul este depus pe tambur separat pentru fiecare culoare primară. După depunerea ultimei culori (cea neagră) pe tambur, imaginea finală este transferată pe hârtie. Imprimantele cu o singură trecere a hârtiei nu îmbunătățesc viteza de tipărire, dar au avantajul principal că alinierea hârtiei nu mai este o problemă. Trebuie menținută doar alinierea corespunzătoare a tamburului între cele patru treceri, ceea ce se realizează în mod simplu.

Din cauza trecerilor multiple necesare pentru formarea unei imagini color, viteza la tipărirea imaginilor color este redusă la o treime sau la un sfert față de viteza la tipărirea imaginilor monocrom. De exemplu, o imprimantă cu viteza de 24 pagini pe minut la tipărirea monocrom poate avea o viteză de 6 pagini pe minut la tipărirea color. Cu toate acestea, imprimantele color electrofotografice sunt mai rapide decât alte tipuri de imprimante color.

Există imprimante color electrofotografice la care procesele de construire a imaginilor pentru fiecare culoare primară se execută simultan. Prima imprimantă de acest tip a fost imprimanta *Lexmark Optra Colour 1200N*, bazată pe tehnologia diodelor electroluminiscente. La această imprimantă, există patru tambure fotoconductive pentru cele patru culori, iar deasupra fiecăruia există câte o matrice de diode LED. Hârtia este trecută pe rând în fața fiecărui tambur și de fiecare dată este adăugată culoarea corespunzătoare tamburului respectiv. Avantajul acestei soluții este că viteza de tipărire color este aproape aceeași cu cea de tipărire monocrom.

Pe lângă viteza lor ridicată, un alt avantaj al imprimantelor color electrofotografice este durabilitatea rezultatului tipăririi. Aceasta se datorează tonerului care este inert din punct de vedere chimic, spre deosebire de majoritatea cernelurilor. Deoarece tonerul este fixat pe suprafața hârtiei și nu este absorbit de aceasta, calitatea tipăririi este mai ridicată decât la imprimantele cu jet de cerneală chiar și atunci când se utilizează o hârtie obișnuită. În plus, prin controlul temperaturii și al presiunii în timpul procesului de fixare, se pot obține imagini mate sau lucioase, în grade variate.

5.5.5. Imprimante color cu sublimarea vopselei

Imprimantele cu sublimarea vopselei, numite uneori imprimante cu *difuzia vopselei*, permit obținerea unor imagini de calitate fotografică. Inițial, aceste imprimante au fost utilizate pentru aplicații grafice pretențioase și aplicații fotografice. Apariția fotografiei digitale a condus la răspândirea tehnologiei bazate pe sublimarea vopselei, aceasta fiind utilizată la numeroase imprimante fotografice care au apărut în a doua jumătate a anilor 1990.

Procesul de tipărire al acestor imprimante constă în aplicarea unor vopsele dintr-un film de plastic, care se păstrează sub forma unei role sau benzi. Filmul conține benzi consecu-

tive de vopsea de culoare cian, magenta, galben și neagră. Filmul trece prin dreptul unui cap de imprimare termic constând din mii de elemente de încălzire. Căldura determină sublimarea vopselelor, adică trecerea din starea solidă direct în cea gazoasă, fără trecerea prin starea lichidă. Vopselele aflate în starea gazoasă sunt absorbite de hârtie. Cantitatea de vopsea transferată este controlată prin variația intensității și a duratei încălzirii.

La absorbția vopselelor de către hârtie, acestea au tendința de a difuza în porii hârtiei. Difuzia vopselelor permite crearea unor tonuri continue de culoare ca rezultat al amestecării vopselelor de diferite culori. Deoarece fiecare din cele trei culori primare poate avea un număr mare de intensități (de exemplu, 256), gama de culori este foarte largă.

Vopselele de culoarea cian, magenta și galben sunt aplicate în mod succesiv pe hârtie. Peste imaginea obținută se adaugă un strat transparent pentru protecția împotriva luminii ultraviolete. Cu această tehnologie, se pot obține rezultate de calitate foarte ridicată. Procedul utilizat nu este însă economic. De exemplu, chiar dacă o anumită imagine nu necesită nici unul din pigmenți, segmentul respectiv de bandă va fi totuși consumat.

La unele imprimante cu sublimarea vopselei, dimensiunea zonei care poate fi tipărită este limitată. Rezultatul tipăririi este similar din punct de vedere calitativ cu o fotografie color. Multe fotografii sunt tipărite pe hârtie utilizând imprimante de acest tip. De exemplu, firma Kodak utilizează imprimante cu sublimarea vopselei pentru tipărirea fotografiilor color pe care le procesează.

5.6. Comenzi pentru imprimante

5.6.1. Rolul comenzilor

Pentru ca textele și imaginile să apară pe hârtie într-un mod asemănător cu modul în care acestea sunt afișate pe ecran, programele trebuie să transmită imprimantei diferite comenzi. Aceste comenzi pot specifica toate operațiile elementare pe care trebuie să le execute o imprimantă simplă, sau pot selecta diferitele facilități ale unei imprimante mai complexe. Comenzile trebuie incluse în șirul de date transmis imprimantei, astfel încât imprimanta trebuie să distingă între ele datele care trebuie tipărite și comenzile care specifică modul în care datele trebuie tipărite. Comenzile sunt transmise prin intermediul driverului de sistem al imprimantei.

În modul cel mai simplu, pentru tipărirea unui text se transmite imprimantei șirul de caractere ASCII din care este format textul. Pentru a specifica setul de caractere (fontul) care trebuie utilizat pentru tipărire, mărimea caracterelor, stilul acestora, spațierea dintre caractere sau distanța între două linii consecutive de text, trebuie să se transmită imprimantei diferite comenzi înaintea transmiterii caracterelor textului. În lipsa acestor comenzi, imprimanta va utiliza setările sale implicite.

Atunci când imprimanta recepționează un cod ASCII reprezentând un caracter care trebuie tipărit, aceasta va citi harta de biți indicând forma acelui caracter dintr-o memorie ROM sau RAM. Memoria ROM conține seturile de caractere disponibile ale imprimantei, iar memoria RAM poate fi utilizată pentru extinderea acestor seturi de caractere prin descărcarea lor de la calculator. Pe baza hărții de biți a caracterului, controlerul imprimantei va dirija capul de imprimare pentru a genera caracterul respectiv. De multe ori, controlerul trebuie să efectueze operații de scalare a mărimii caracterului, deoarece memoria de caractere conține doar forma caracterelor de anumite mărimi.

Pentru a distinge comenzile de codurile caracterelor care trebuie tipărite, se pot utiliza fie caractere speciale de control, cu coduri diferite de codurile caracterelor obișnuite, fie secvențe de caractere precedate de un caracter special. De obicei, caracterul special care precede aceste secvențe este caracterul *Escape* (ESC), motiv pentru care ele se numesc *secvențe Escape*.

5.6.2. Caractere de control

Unele comenzi, destinate perifericelor în general și imprimantelor în particular, sunt utilizate în mod frecvent, motiv pentru care ele au fost incluse în setul caracterelor de control

ASCII. Există două grupe de caractere de control. Prima grupă conține caracterele cu codurile cuprinse între 0 și 0x1F, iar a doua grupă conține caracterele cu codurile cuprinse între 0x7F și 0x9F. Cele mai utilizate sunt caracterele din prima grupă, care sunt recunoscute de majoritatea echipamentelor. Mulți producători de imprimante utilizează codurile din a doua grupă pentru tipărirea unor caractere speciale din diferite limbi, astfel încât aceste coduri nu pot fi utilizate ca și caractere de control la toate imprimantele.

Tabelul 5.1 conține codurile ASCII ale caracterelor de control și semnificația acestora. Nu toate codurile indicate în tabel sunt utilizate pentru imprimante.

Tabelul 5.1. Codurile ASCII ale caracterelor de control și semnificația acestora.

Cod hexa	Cod de control	Abreviere	Semnificație	Descriere
00	Ctrl-@	NUL	Null	Caracter nul
01	Ctrl -A	SOH	Start of Heading	Început antet
02	Ctrl -B	STX	Start of Text	Început text
03	Ctrl -C	ETX	End of Text	Sfârșit text
04	Ctrl -D	EOT	End of Transmission	Sfârșit transmisie; deconectare
05	Ctrl -E	ENQ	Enquiry	Cerere mesaj de răspuns
06	Ctrl -F	ACK	Acknowledge	Confirmare
07	Ctrl -G	BEL	Bell	Semnal sonor
08	Ctrl -H	BS	Backspace	Deplasare înapoi
09	Ctrl -I	HT	Horizontal Tab	Tabulare orizontală
0A	Ctrl -J	LF	Line Feed	Linie nouă
0B	Ctrl -K	VT	Vertical Tab	Tabulare verticală
0C	Ctrl -L	FF	Form Feed	Pagină nouă
0D	Ctrl -M	CR	Carriage Return	Retur de car
0E	Ctrl -N	SO	Shift Out	Schimbare set de caractere
0F	Ctrl -O	SI	Shift In	Schimbare set de caractere
10	Ctrl -P	DLE	Data Link Escape	Secvență Esc legătură de date
11	Ctrl -Q	DC1	Device Control 1	Control dispozitiv 1
12	Ctrl -R	DC2	Device Control 2	Control dispozitiv 2
13	Ctrl -S	DC3	Device Control 3	Control dispozitiv 3
14	Ctrl -T	DC4	Device Control 4	Control dispozitiv 4
15	Ctrl -U	NAK	Negative Acknowledge	Confirmare negativă
16	Ctrl -V	SYN	Synchronization	Caracter de sincronizare
17	Ctrl -W	ETB	End of Transmission Block	Sfârșit bloc de transmisie
18	Ctrl -X	CAN	Cancel	Abandon secvență Esc
19	Ctrl -Y	EM	End of Medium	Sfârșit suport
1A	Ctrl -Z	SUB	Substitute	Sfârșit fișier
1B	Ctrl -[ESC	Escape	Început secvență Esc
1C	Ctrl -\	FS	File Separator	Separator fișier
1D	Ctrl -]	GS	Group Separator	Separator grup
1E	Ctrl -^	RS	Record Separator	Separator înregistrare
1F	Ctrl -_	US	Unit Separator	Separator de unitate

5.6.3. Secvențe Escape

Numărul caracterelor de control disponibile este redus comparativ cu numărul funcțiilor pe care le pot executa imprimantele moderne. Pentru extinderea numărului caracterelor de control se utilizează secvențe *Escape*. Aceste secvențe încep cu caracterul de control ESC (cod ASCII 0x1B sau 27). Acest caracter indică faptul că următoarele caractere din secvență trebuie interpretate ca și comenzi, și nu ca date care trebuie tipărite. În cazul cel mai simplu, după caracterul ESC urmează un singur caracter. Este posibilă abandonarea unei secvențe *Escape* prin caracterul de control CAN (cod ASCII 0x18 sau 24).

Seturile de secvențe *Escape* sunt specifice diferitelor tipuri de imprimante. Principalii producători de imprimante au impus anumite standarde în privința unor seturi de secvențe *Escape*, seturi care sunt utilizate și de către alți producători de imprimante. Aceasta asigură compatibilitatea imprimantelor unor producători mai mici cu imprimantele unor producători importanți, deci emularea unor seturi de comenzi care s-au impus ca standarde. Avantajul este

că se pot utiliza aceleași drivere pentru imprimantele care sunt compatibile. Adesea, imprimantele emulează mai multe seturi de comenzi ale altor imprimante.

Un exemplu de producător care a impus un standard în domeniul seturilor de comenzi pentru imprimante este Epson. Setul de comenzi Epson a devenit un limbaj standard pentru imprimante, fiind numit Esc/P. În anul 1992, când firma Epson a introdus imprimantele sale cu jet de cerneală cu rezoluție ridicată, a extins setul Esc/P pentru a permite gestionarea fonturilor scalabile, a imaginilor grafice și setarea paginilor; rezultatul a fost setul de comenzi Esc/P2. Numeroase imprimante moderne cu jet de cerneală și electrofotografice dispun de moduri de emulare a setului de comenzi Esc/P2. Tabelul 5.2 conține exemple de comenzi din setul Epson Esc/P2.

Tabelul 5.2. Exemple de secvențe *Escape* din setul de comenzi Epson Esc/P2.

Secvență	Cod hexa	Funcție
Esc (C	1B 28 43	Setează lungimea paginii
Esc (G	1B 28 47	Selectează modul grafic
Esc @	1B 40	Inițializează imprimanta
Esc 0	1B 30	Setează distanța între linii la 1/8 inci
Esc 2	1B 32	Setează distanța între linii la 1/6 inci
Esc 4	1B 34	Activează tipărirea cu caractere italice
Esc 5	1B 35	Dezactivează tipărirea cu caractere italice
Esc l n	1B 6C n	Setează marginea din stânga la coloana n
Esc Q n	1B 51 n	Setează marginea din dreapta la coloana n

5.6.4. Limbajul PostScript

Imprimantele de pagină, cum sunt imprimantele electrofotografice, creează o imagine a unei pagini întregi înaintea tipării acesteia. Totuși, descrierea unei pagini ca un rastru sau altă formă de imagine de biți și transmiterea acestei descrieri la imprimantă nu este eficientă, deoarece multe pagini conțin în principal text. În plus, este dificilă realizarea unei descrieri care va genera o pagină tipărită identică cu pagina de pe ecran (conceptul cunoscut ca WYSIWYG – *What You See Is What You Get*). Pentru descrierea unor pagini ale documentelor în mod eficient și independent de dispozitiv, firma Adobe Systems a dezvoltat în anul 1985 un limbaj specializat de descriere a paginilor, denumit *PostScript*. Acesta este un limbaj de programare, provenit din limbajul *Forth*, care specifică imprimantei (sau unui alt periferic) modul în care trebuie aranjat textul și grafica într-o pagină tipărită.

Limbajul *PostScript* conține comenzi și secvențe de cod care descriu elementele grafice din cadrul unei pagini și indică poziția în care trebuie amplasate acestea în cadrul paginii tipărite. Aceste comenzi descriu conținutul unei pagini sub formă vectorială. Comenzile sunt transmise imprimantei prin intermediul driverului acesteia, iar imprimanta interpretează comenzile și generează imaginea rasterizată care trebuie tipărită. Deci, operațiile grafice sunt executate de imprimantă, care este optimizată pentru implementarea acestor operații. Pe de altă parte, imprimanta trebuie să conțină un procesor puternic pentru interpretarea comenzilor și execuția lor într-un timp scurt.

Avantajul limbajului *PostScript* este versatilitatea sa. Limbajul utilizează fonturi conturate care pot fi scalate la orice dimensiune. De asemenea, limbajul este independent de periferic și de rezoluție, ceea ce înseamnă că se poate utiliza același cod pentru o imprimantă cu rezoluția de 300 puncte pe inci și pentru o mașină tipografică de cules cu rezoluția de 2400 puncte pe inci, rezultând imagini cu calitatea maximă posibilă la rezoluția disponibilă.

În anul 1990, Adobe Systems a anunțat a doua versiune a limbajului², denumită *PostScript Level 2* (prima versiune fiind denumită, ulterior, *Level 1*). Noua versiune a introdus mai multe îmbunătățiri. Viteza de interpretare a limbajului a crescut de patru până la cinci ori datorită unei noi tehnologii de redare a fonturilor. Versiunea *Level 2* conține o nouă clasă generalizată de obiecte, numite resurse, care pot fi pre-compilate și transferate în memoria unui

² Fiecare versiune a limbajului *PostScript* are numeroase sub-versiuni.

periferic *PostScript*. De asemenea, memoria este gestionată mai eficient, deoarece programele nu mai trebuie să aloce în prealabil memoria pentru fonturile care vor fi descărcate și pentru imaginile grafice. În plus, limbajul are încorporate facilități de compresie și decompresie, astfel încât imaginile grafice de dimensiuni mari pot fi transmise imprimantei mai rapid sub formă comprimată.

Versiunea *Level 2* a limbajului *PostScript* a îmbunătățit și gestionarea fonturilor. În timp ce prima versiune limita dimensiunea fonturilor la maximum 256 de caractere fiecare, versiunea a doua permite definirea unor fonturi compuse conținând un număr nelimitat de caractere. Fonturile de dimensiuni mai mari sunt utile în special pentru limbile care nu utilizează alfabetul roman și pentru cele care au un număr mare de semne diacritice.

O versiune mai recentă a limbajului este *PostScript Extreme*. Această versiune este destinată unor sisteme de tipărire cu performanțe foarte ridicate, cum sunt tipografiile digitale.

Utilizarea limbajului *PostScript* necesită achitarea unor taxe de licență, acesta fiind motivul pentru care au fost create numeroase interpretoare ale limbajului. Un asemenea interpretor este programul *GhostScript*. Alte interpretoare sunt integrate în diferite imprimante sau pot fi adăugate ulterior pe carduri de memorie. Nu toate din aceste interpretoare sunt însă compatibile în totalitate cu limbajul original *PostScript*.

Limbajul *PostScript* este cel mai eficient pentru descrierea paginilor conținând texte. La descrierea imaginilor grafice, *PostScript* (ca și alte limbaje de descriere a paginilor) poate reduce viteza de tipărire grafică, în special tipărirea color. Pentru tipărirea unei imagini grafice, calculatorul trebuie să translateze mai întâi imaginea în comenzi ale limbajului de descriere a paginilor. Imprimanta trebuie să translateze apoi aceste comenzi în imaginea rastru care va fi tipărită. Această conversie dublă necesită timp. Dacă tipărirea se realizează printr-un driver software specializat al imprimantei, se transmite numai harta de biți a imaginii prin interfața imprimantei. Imprimanta poate apoi rasteriza rapid harta de biți a imaginii, iar timpul de tipărire poate fi crescut. Dezavantajul este că fiecare sistem de operare necesită propriul driver software.

5.6.5. Limbajul PCL

Prezentare generală

Limbajul PCL (*Printer Control Language*) a fost elaborat la sfârșitul anilor 1970 de firma Hewlett-Packard pentru imprimantele sale matriciale, fiind utilizată apoi pentru imprimantele sale cu jet de cerneală și cele electrofotografice. După introducerea sa, limbajul a fost extins și îmbunătățit; în prezent, este utilizată versiunea a șasea a limbajului, PCL 6. Scopul elaborării acestui limbaj a fost de a se pune la dispoziție o metodă eficientă de control pentru diferite tipuri de imprimante. Spre deosebire de limbajul *PostScript*, PCL nu este un limbaj de descriere a paginilor, comenzile sale fiind secvențe *Escape*.

Limbajul PCL este specific imprimantelor Hewlett-Packard (HP). Practic, limbajul este utilizat de toate imprimantele HP, dar diferitele versiuni ale limbajului nu sunt întotdeauna compatibile în totalitate cu versiunile precedente. Însă, de obicei imprimantele vor ignora comenzile pe care nu le recunosc.

Există șase versiuni majore ale limbajului PCL. Aceste versiuni au fost create pe măsura dezvoltării tehnologiei imprimantelor și a îmbunătățirii programelor de aplicație. Primele versiuni, PCL 1 și PCL 2, au fost utilizate de imprimantele matriciale și imprimantele cu jet de cerneală existente la începutul anilor 1980. Majoritatea imprimantelor din seria *LaserJet* care au apărut ulterior recunosc și ele aceste versiuni ale limbajului. Versiunile PCL 1 și PCL 2 permit doar tipărirea textelor, specificate prin caractere ASCII.

Versiunea PCL 3, care a fost publicată în anul 1984, a fost prima versiune care conținea comenzi pentru tipărirea imaginilor grafice. Această versiune a fost utilizată mai întâi de imprimantele din seria *HP LaserJet* și apoi de cele din seria *HP LaserJet Plus*. PCL 3 a permis utilizarea unor fonturi și imagini grafice bazate pe o hartă de biți (*bitmap*), devenind în scurt timp un standard industrial. Imprimantele produse de diferite firme au emulat comenzile PCL 3 ale imprimantei *HP LaserJet Plus*.

Versiunea PCL 4 a fost introdusă în anul 1985, odată cu imprimantele din seria *HP LaserJet II*. Ca îmbunătățiri, această versiune a limbajului a adăugat posibilitatea utilizării unor macroui, a fonturilor multiple în aceeași pagină, a unor fonturi și imagini grafice de dimensiuni mai mari.

Versiunea PCL 5 reprezintă o îmbunătățire semnificativă a limbajului prin posibilitatea utilizării fonturilor scalabile, a fonturilor conturate³ și a graficii vectoriale. Operațiile vectoriale sunt bazate pe limbajul HP-GL (*Hewlett-Packard Graphics Language*), limbaj care a devenit standard industrial pentru comanda plotterelor. Această versiune a fost introdusă în anul 1990, fiind utilizată inițial pentru imprimantele din seria *HP LaserJet III*. Aceasta este și versiunea cea mai utilizată pentru asigurarea compatibilității între diferite tipuri de imprimante, inclusiv ale unor producători diferiți de HP. Versiunea PCL 5 a fost elaborată pentru aplicații complexe de tehnoredactare computerizată, de birou și de proiectare grafică. Rezultatele obținute prin utilizarea acestei versiuni a limbajului PCL sunt similare calitativ cu cele ale imprimantelor *PostScript*, avantajul fiind că utilizarea limbajului PCL nu implică taxe de licență. Dezavantajul este că limbajul PCL nu este independent de dispozitiv.

PCL 5E (*Enhanced*) este o versiune îmbunătățită a limbajului PCL, utilizată de numeroase variante ale imprimantelor din seriile *HP LaserJet 4*, *HP LaserJet 5*, *HP LaserJet 6*, *HP LaserJet 8000* și *HP LaserJet 9000*. Îmbunătățirile incluse în această versiune cuprind posibilitatea selecției dintr-o gamă mai largă de fonturi și posibilitatea comunicății bidirecționale între calculator și imprimantă. Versiunea PCL 5C (*Color*) a adăugat comenzi necesare pentru tipărirea color, fiind destinată diferitelor imprimante HP color.

Versiunea PCL 6 este foarte diferită de versiunile anterioare ale limbajului PCL, cu această versiune limbajul devenind unul modular și orientat pe obiecte. Introdusă în anul 1996, versiunea PCL 6 a fost implementată inițial pe imprimantele din seria *HP LaserJet 5*. Această versiune a fost destinată aplicațiilor care necesită prelucrări grafice intensive, punând la dispoziție un set de primitive grafice care accelerează tipărirea imaginilor grafice complexe. De asemenea, această versiune reduce volumul prelucrărilor care trebuie executate de calculator, reduce cantitatea datelor care trebuie transferate la imprimantă și asigură tipărirea WYSIWYG. Versiunea PCL 6 asigură compatibilitatea cu versiunile anterioare ale limbajului PCL.

Limbajul PCL conține trei tipuri de comenzi: caractere de control (similare cu cele descrise în secțiunea 5.6.2), comenzi PCL native și comenzi vectoriale HP-GL. Pe lângă alte funcții, comenzile PCL permit setarea unor parametri care controlează funcțiile ulterioare, de exemplu, selectarea unui anumit font. După setarea unui parametru, setarea rămâne valabilă până când se realizează o nouă setare a aceluiași parametru, o altă comandă modifică parametrul, sau imprimanta este resetată. De aceea, aplicațiile resetează de obicei imprimantele PCL la începutul fiecărei sesiuni de tipărire pentru a utiliza setări cunoscute ale parametrilor.

Tipuri de comenzi PCL

Comenzile PCL trebuie transmise imprimantei într-o ordine corespunzătoare. Această ordine rezultă dintr-o ierarhie a comenzilor și împărțirea lor în mai multe grupe. Grupele de comenzi ale limbajului PCL sunt descrise în continuare.

Comenzile de control a sesiunii de tipărire sunt transmise la începutul unei sesiuni de tipărire și rămân în vigoare pe întreaga durată a sesiunii. Aceste comenzi conțin informații cum sunt poziția în care trebuie să apară imaginea în cadrul paginii, compartimentul de hârtie care trebuie utilizat sau unitățile de măsură care vor fi utilizate pentru descrierea paginilor.

Comenzile de control a paginii setează caracteristicile paginii utilizate pentru tipărirea unui document, cum sunt: dimensiunea paginii, orientarea paginii, marginile din stânga și din dreapta, sau spațierea între linii.

³ Fonturile conturate (*outline fonts*) reprezintă caracterele individuale prin descrieri matematice, care definesc conturul caracterelor. Deci, caracterele nu sunt definite prin modele de puncte. Pe baza descrierii matematice a unui caracter, se poate genera imaginea caracterului pentru orice dimensiune necesară.

Comenzile de poziționare a cursorului inițializează coordonatele punctului de referință pentru tipărirea textelor, punct de referință numit *cursor*. Cursorul PCL este similar cu cursorul de pe ecranul unui monitor, indicând poziția în care se va tipări următorul caracter. Poziția specificată a cursorului poate fi poziția absolută din pagină sau poziția relativă față de poziția precedentă.

Comenzile de selecție a fontului permit modificarea setului de caractere utilizat. În limbajul PCL, un font este identificat prin diferite caracteristici ale sale cum sunt: denumirea fontului, stilul caracterelor, tipul de spațiere, înălțimea, sau densitatea de tipărire. Stilul caracterelor poate fi normal, aldin, italic, sau aldin și italic. Din punctul de vedere al tipului de spațiere, fonturile pot fi proporționale sau monospațiale. Într-un *font proporțional*, fiecare caracter ocupă un spațiu pe orizontală proporțional cu lățimea sa (de exemplu, litera *i* ocupă un spațiu mai redus decât litera *m*). Un *font monospațial* este cel ale cărui caractere ocupă același spațiu pe orizontală, indiferent de lățimea lor (figura 5.13). Înălțimea caracterelor este indicată în puncte tipografice, această unitate de măsură fiind egală cu 1/72 inci (aproximativ 0,35 mm). Densitatea de tipărire (*pitch*) este o caracteristică utilizată în cazul fonturilor monospațiale, indicând numărul de caractere pe inci (cpi). De obicei, fiecare din aceste caracteristici necesită o comandă PCL separată. Pentru creșterea vitezei de prelucrare, imprimantele PCL păstrează două fonturi active simultan, unul primar și altul secundar; comutarea între aceste fonturi se realizează printr-o singură comandă.



Figura 5.13. Ilustrarea unui font proporțional și a unui font monospațial.

Comenzile de gestionare a fonturilor controlează descărcarea și manipularea fonturilor programabile. Aceste comenzi permit transferul unui font de la calculator în memoria imprimantei, selectarea acestuia pentru a fi utilizat la tipărire, sau eliminarea unor fonturi din memorie.

Comenzile grafice indică imprimantei modul în care trebuie construite imaginile raster sau specifică operații cum este umplerea unei zone rectangulare cu un anumit model predefinit. Generarea unor forme grafice mai complexe necesită utilizarea comenzilor vectoriale HP-GL.

Comenzile modelului de tipărire sunt comenzi grafice care permit umplerea unor imagini și caractere cu o anumită culoare sau model predefinit, în funcție de operația permisă de imprimanta respectivă.

Macrourile permit reducerea numărului de comenzi care trebuie transmise imprimantei pentru a executa cele mai frecvente operații. De exemplu, se poate utiliza un singur macro pentru a descrie formatul unei pagini întregi. Macrourile pot fi temporare sau permanente. Resetarea imprimantei șterge macrourile temporare, dar păstrează macrourile permanente în memorie. Oprirea imprimantei șterge ambele tipuri de macrouri.

Structura comenzilor PCL

Fiecare comandă PCL reprezintă o secvență *Escape* formată din două sau mai multe caractere, dintre care primul caracter este ESC. Unele comenzi PCL conțin un singur caracter după caracterul ESC. Acest caracter poate avea un cod ASCII cuprins între 0x30 (48) și 0x7E (126). Alte comenzi conțin unul sau mai mulți parametri în șirul de caractere; acestea sunt numite *comenzi parametrizate*. În general, comenzile parametrizate au forma următoare:

ESC X Y # Z1 # Z2 # Zn

- *X* reprezintă *caracterul parametrizat*, care identifică o comandă și indică faptul că urmează parametri suplimentari. Codul acestui caracter poate fi cuprins între 0x21 (33) și 0x2F (47).
- *Y* reprezintă *caracterul de grup*, care indică imprimantei tipul funcției de executat. Codul acestui caracter poate fi cuprins între 0x60 (96) și 0x7E (126).
- *#* reprezintă un *câmp valoric* și specifică o valoare numerică de unul sau mai multe caractere în cod BCD. Deci, câmpul este format din caracterele ASCII cu coduri cuprinse între 0x30 (48) și 0x39 (57). Valoarea numerică poate fi precedată în mod opțional de semnul + sau – și poate conține punctul zecimal. Dacă o comandă necesită un câmp valoric și acest câmp lipsește, imprimanta va presupune valoarea zero.
- *Z1* și *Z2* specifică *parametrul* asociat cu câmpul valoric precedent. Fiecare parametru poate fi un caracter cu codul ASCII cuprins între 0x60 (96) și 0x7E (126). Deși în exemplul precedent se ilustrează doi parametri, o comandă PCL poate conține unul sau mai mulți parametri.
- *Zn* este *caracterul terminator*, care specifică un parametru pentru câmpul valoric precedent, ca și un parametru normal, dar în același timp informează imprimanta asupra terminării secvenței *Escape*. Caracterul terminator poate avea un cod ASCII cuprins între 0x40 (64) și 0x5E (94).

Limbaajul PCL permite combinarea a două sau mai multe secvențe *Escape* într-una singură, cu condiția ca atât caracterele parametrizate, cât și caracterele de grup ale secvențelor (*X* și *Y* din exemplul anterior) să fie aceleași. În noua secvență, toate literele, cu excepția caracterului terminator (*Zn* din exemplul anterior), trebuie transformate în litere mici. Pentru a combina mai multe comenzi într-una singură, se elimină primele trei caractere ale fiecărei comenzi, cu excepția primei comenzi, se concatenează restul caracterelor din fiecare comandă și se transformă toate literele în litere mici, cu excepția caracterului terminator. De exemplu, secvențele ESC (s 0 P și ESC (s 9 H pot fi combinate în secvența ESC (s 0 p 9 H.

5.7. Comunicația cu imprimantele USB

Pentru tipărirea fișierelor la imprimante USB se pot utiliza funcții de sistem, cum sunt `CreateFile()` și `WriteFile()`. Aceasta presupune faptul că la calculator este conectată o imprimantă USB și driverul acesteia este instalat. Înaintea utilizării acestor funcții de sistem, trebuie să se parcurgă mai multe etape în aplicația utilizatorului. Unele etape sunt aceleași ca și etapele necesare pentru stabilirea comunicației cu dispozitivele din clasa HID, descrise în secțiunea 4.11 a lucrării de laborator *Magistrala USB*. Etapele necesare pentru un sistem de operare *Windows* sunt descrise în continuare.

1. Se definește un identificator unic global GUID (*Globally Unique Identifier*) pentru dispozitivele USB:

```
static GUID GUID_USB = GUID_DEVINTERFACE_USB_DEVICE;
```

Această definiție înlocuiește apelul funcției `HidD_GetHidGuid()` și definiția structurii GUID pentru dispozitivele din clasa HID. Definiția necesită includerea fișierelor antet `initguid.h` și `usbio.h`.

2. Se apelează funcția `SetupDiGetClassDevs()` pentru a obține informații despre dispozitivele USB conectate la calculator. Această etapă este similară cu aceeași etapă necesară pentru dispozitivele din clasa HID, exceptând faptul că primul parametru al funcției trebuie să fie pointerul la structura `GUID_USB`. Afișați un mesaj de eroare dacă funcția returnează valoarea `INVALID_HANDLE_VALUE`. În acest caz, nu se poate stabili comunicația cu o imprimantă USB și operația este terminată.

3. Etapele 3-9 trebuie repetate într-o buclă pentru fiecare dispozitiv USB; contorul de iterații poate fi setat, de exemplu, la 30. Se apelează funcția `SetupDiEnumDeviceInterfaces()` pentru a obține informații despre interfața unui dispozitiv dintr-o listă de dispozitive USB. Această etapă este similară cu aceeași etapă necesară pentru dispozitivele din clasa HID, exceptând faptul că al treilea parametru al funcției trebuie să fie pointerul la structura `GUID_USB`. După apelul funcției, în cazul în care codul ultimei erori este `ERROR_NO_MORE_ITEMS`, se părăsește bucla cu o instrucțiune `break` și se continuă cu etapa 10.
4. Dacă apelul funcției din etapa 3 s-a realizat cu succes, se apelează funcția de sistem `SetupDiGetDeviceInterfaceDetail()` pentru a afla informații detaliate despre interfața dispozitivului selectat în etapa 3. Această funcție trebuie apelată de două ori; primul apel se execută în mod identic cu același apel necesar pentru dispozitivele din clasa HID, cu al treilea parametru setat la `NULL` și al patrulea parametru setat la zero. După primul apel, trebuie alocată memorie cu dimensiunea corespunzătoare pentru păstrarea informațiilor detaliate și trebuie să se inițializeze membrul `cbSize` al structurii `SP_DEVICE_INTERFACE_DETAIL_DATA`, operații care se execută și ele în mod identic cu aceleași operații necesare pentru dispozitivele din clasa HID. Înaintea celui de-al doilea apel al aceleiași funcții, se declară o variabilă de tip `SP_DEVINFO_DATA` și se setează membrul `cbSize` al acestei variabile la `sizeof (SP_DEVINFO_DATA)`. Pentru al doilea apel, se înlocuiește ultimul parametru `NULL` cu pointerul la variabila de tip `SP_DEVINFO_DATA`. După apelul funcției, structura `SP_DEVINFO_DATA` va conține informații despre dispozitiv; această structură va fi necesară într-o etapă ulterioară. Dacă funcția returnează valoarea `FALSE`, se afișează un mesaj de eroare, se eliberează memoria alocată pentru informațiile detaliate și se continuă cu următoarea iterație de la etapa 3.
5. Se apelează funcția `CreateFile()` pentru a deschide comunicația cu dispozitivul. Pentru apelul acestei funcții, se setează al doilea parametru (modul de acces) la `GENERIC_WRITE` și al treilea parametru (modul de partajare) la `FILE_SHARE_WRITE`. Dacă funcția returnează valoarea `INVALID_HANDLE_VALUE`, se afișează un mesaj de eroare și se continuă cu următoarea iterație de la etapa 3.
6. Se eliberează memoria alocată în etapa 4 pentru informațiile detaliate despre interfața dispozitivului.
7. Dacă funcția `CreateFile()` returnează un indicator valid de fișier, se determină șirul descriptor al dispozitivului prin apelul funcției `SetupDiGetDeviceRegistryProperty()`. Parametrii acestei funcții sunt următorii: indicatorul returnat de funcția `SetupDiGetClassDevs()` în etapa 2; pointerul la structura `SP_DEVINFO_DATA`; opțiunea `SPDRP_DEVICEDESC` pentru a specifica faptul că funcția trebuie să returneze șirul descriptor al dispozitivului; `NULL`; pointerul de tip `PBYTE` la un buffer definit de utilizator în care funcția va depune șirul descriptor; lungimea în octeți a bufferului alocat; opțional, pointerul la o variabilă de tip `DWORD` în care funcția va depune dimensiunea bufferului necesar pentru a păstra proprietatea cerută. Atunci când apelul se realizează cu succes, funcția returnează valoarea `TRUE`.
8. Se compară șirul descriptor obținut în etapa 7 cu șirul descriptor al imprimantelor USB, "USB Printing Support". În anumite cazuri, șirul descriptor pentru imprimantele USB este "USB Composite Device" sau, în funcție de driverul de imprimantă, un șir diferit. Dacă șirurile sunt identice, se părăsește bucla cu o instrucțiune `break` și se continuă cu etapa 10. Dacă șirurile sunt diferite, se continuă cu etapa 9.
9. Se închide fișierul deschis în etapa 5 apelând funcția `CloseHandle()`, se incrementează indexul dispozitivului și se continuă cu etapa 3 pentru a obține informații despre interfața următorului dispozitiv.

10. Se apelează funcția `SetupDiDestroyDeviceInfoList()` pentru a elibera memoria alocată pentru informațiile despre dispozitive. În acest moment, operația de stabilire a comunicației cu imprimanta este terminată.

După stabilirea comunicației cu o imprimantă USB, o aplicație poate transmite la imprimantă conținutul unui fișier .prn generat pentru tipul respectiv de imprimantă prin apelarea funcției `WriteFile()`. Pentru apelul acestei funcții, trebuie utilizat indicatorul returnat în etapa 5 de funcția `CreateFile()`.

5.8. Aplicații

5.8.1. Răspundeți la următoarele întrebări:

- a. Care sunt avantajele și dezavantajele imprimantelor cu jet de cerneală?
- b. Care sunt avantajele și dezavantajele tehnologiei termice utilizate la imprimantele cu jet de cerneală?
- c. Care sunt avantajele și dezavantajele tehnologiei piezoelectrice utilizate la imprimantele cu jet de cerneală?
- d. Care sunt avantajele și dezavantajele imprimantelor electrofotografice?

5.8.2. Creați o aplicație *Windows* pentru stabilirea comunicației cu o imprimantă USB. Ca model pentru aplicația *Windows*, utilizați aplicația *AppScroll* disponibilă pe pagina laboratorului în arhiva *AppScroll.zip*. Executați următoarele operații pentru a crea proiectul aplicației:

1. În mediul de programare *Visual Studio 2022*, creați un nou proiect gol de tip *Windows Desktop* cu utilitarul *Windows Desktop Wizard*. Bifați opțiunea *Place solution and project in the same directory* pentru a evita crearea unui alt director pentru soluția creată.
2. Verificați dacă platforma activă a soluției este setată la x64.
3. Modificați proprietatea *Character Set* a proiectului deschizând fereastra de dialog *Properties*. În această fereastră, expandați opțiunea *Configuration Properties*, expandați opțiunea *Advanced*, selectați linia *Character Set* în panoul din dreapta și alegeți opțiunea *Not Set*.
4. Copiați în directorul proiectului fișierele din arhiva *AppScroll.zip* și adăugați la proiect toate fișierele copiate.
5. Copiați în directorul proiectului fișierele din arhiva *Imprimante.zip*, disponibilă pe pagina laboratorului. Adăugați la proiect fișierele *SetupAPI.h*, *initguid.h* și *usbiodf.h*.
6. Specificați fișierul *SetupAPI.lib* ca dependență suplimentară pentru *linkeditor*.
7. Deschideți fișierul sursă *AppScroll.cpp*, ștergeți directiva `#include "Hw.h"` și adăugați directive `#include` pentru fișierele antet *SetupAPI.h*, *initguid.h* și *usbiodf.h* (în această ordine).
8. În funcția *AppScroll()*, ștergeți secvențele pentru inițializarea bibliotecii HW cu funcția *HwOpen()* și pentru închiderea bibliotecii HW cu funcția *HwClose()*.
9. Selectați *Build* → *Build Solution* și verificați ca aplicația să fie construită fără erori.

În fișierul sursă *AppScroll.cpp*, scrieți o funcție pentru stabilirea comunicației cu o imprimantă USB conectată la calculator. Funcția returnează valoarea `TRUE` în cazul în care comunicația cu o imprimantă USB a fost stabilită și valoarea `FALSE` în caz contrar. Parcurgeți etapele descrise în secțiunea 5.7 pentru scrierea funcției. Pentru detalii despre parametrii unei funcții, accesați documentația *Windows Hardware Developer* prin poziționarea cursorului pe numele funcției și apăsarea tastei F1.

După scrierea funcției, adăugați apelul acestei funcții în funcția `AppScroll()` și afișați un mesaj indicând dacă s-a stabilit comunicația cu o imprimantă USB. Conectați o imprimantă la un port USB al calculatorului, iar apoi verificați execuția funcției.

5.8.3. Extindeți aplicația 5.8.2 prin scrierea unei funcții pentru transmiterea unui fișier .prn la o imprimantă USB. Pentru generarea unui fișier .prn, deschideți un fișier text cu un editor de texte cum este *Notepad* și selectați opțiunea *File* → *Print...*. În fereastra de dialog *Print*, selectați imprimanta *Samsung CLP-310 Series*, bifați opțiunea *Print to file* și selectați butonul *Print*. Introduceți numele fișierului în fereastra de dialog *Save Print Output As* și selectați butonul *Save*. Parametrul de intrare al funcției este un pointer de tip `PCHAR` la șirul de caractere reprezentând numele fișierului .prn. Funcția returnează o valoare de tip `int`, după cum se descrie în continuare. Funcția apelează funcția `CreateFile()` pentru deschiderea fișierului .prn pentru citire. Dacă deschiderea fișierului nu s-a executat cu succes, funcția returnează valoarea 1. În caz contrar, funcția execută în mod repetat, într-o buclă infinită `while`, următoarele operații:

1. Apelează funcția `ReadFile()` pentru a citi din fișierul .prn un număr de octeți corespunzător dimensiunii unui buffer de citire; acest buffer trebuie declarat de tip `BYTE`.
2. Dacă citirea din fișier nu s-a executat cu succes, funcția închide fișierul .prn și returnează valoarea 2. Dacă citirea din fișier s-a executat cu succes și numărul de octeți citiți este 0, ceea ce înseamnă că s-a ajuns la sfârșitul fișierului, funcția închide fișierul .prn și returnează valoarea 0.
3. În caz contrar (dacă citirea din fișier s-a executat cu succes și numărul de octeți citiți nu este 0), funcția transmite octeții citiți la imprimantă prin funcția `WriteFile()`, cu indicatorul de acces returnat de funcția `CreateFile()` apelată în funcția pentru stabilirea comunicației cu imprimanta.
4. Dacă apelul funcției `WriteFile()` nu s-a executat cu succes, funcția închide fișierul .prn și returnează valoarea 3. În caz contrar, se continuă operațiile din bucla `while`.

După scrierea funcției, adăugați apelul acestei funcții în funcția `AppScroll()`, după apelul funcției pentru stabilirea comunicației cu o imprimantă USB. Conectați imprimanta *Samsung CLP-315* la un port USB al calculatorului și verificați funcționarea aplicației.

Bibliografie

- [1] Baruch, Z., *Sisteme de intrare/ieșire, Îndrumător de lucrări de laborator*, Editura U.T.PRES, Cluj-Napoca, 1998.
- [2] Harris, T, “How Laser Printers Work”, HowStuffWorks – InfoSpace LLC, 1998–2015, <http://computer.howstuffworks.com/laser-printer.htm>.
- [3] Microsoft Corp., MSDN Library, 2015, <http://msdn.microsoft.com/library/>.
- [4] PC Technology Guide, “Inkjet Printers”, 1998–2015, <http://www.pctechguide.com/inkjet-printers>.
- [5] PC Technology Guide, “Laser Printers”, 1998–2015, <http://www.pctechguide.com/laser-printers>.
- [6] PC Technology Guide, “Other Printers”, 1998–2015, <http://www.pctechguide.com/other-printers>.
- [7] Rosch, W. L., *Hardware Bible*, Sixth Edition, Que Publishing, 2003.
- [8] Tyson, J, “How Inkjet Printers Work”, HowStuffWorks – InfoSpace LLC, 1998–2015, <http://computer.howstuffworks.com/inkjet-printer.htm>.