

A SZÁMÍTÓGÉP FELÉPÍTÉSE — BEVITELI EGYSÉGEK: A HANGEGYSÉGEK ÉS CSATLAKOZTATÁSUK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Egy kisebb zenei stúdió munkatársaként dolgozik. Feladata a stúdióban található, különféle célú számítógépek karbantartása, szerelése és szükség esetén bővítése. Munkája során gyakran találkozik zenészekkel, zenei szakemberekkel, akik a számítógépek hangtechnikai képességeit szeretnék minél jobban kihasználni. Gyakran keresik meg önt is igényekkel, kérésekkel, kérdéseikkel.

Hogy a feladatát tökéletesen el tudja látni, ismernie kell a hanggal kapcsolatos technikai és számítástechnikai fogalmakat, valamint otthonosan kell mozognia a hangkártyák világában.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

BEVEZETÉS — TÖRTÉNELEMÓRA HELYETT

A számítástechnika történetében a hang előállítására szolgáló eszközök hasonlóan szédületes karriert futottak be, mint bármelyik másik alkatrész — legfeljebb erről kevesebben vesznek tudomást. Az eredeti PC-k "hangkeltő szerve" mindössze egy aprócska kis belső hangszóró volt, amely legfeljebb olyasfajta, meglehetősen idegesítő hangokat tudott kiadni, mint a korabeli kvarcórák.

Pedig már akkor is (az 1980-as évek elején vagyunk) léteztek olyan számítógépek, például a Commodore-ok (főképpen a később megjelenő Amiga), amelyek már elég tisztességes hanggal rendelkeztek. Ezeket a "komoly" szakemberek nem vették túl komolyan, "játékgép", mondták, és ezzel a dolog el volt intézve.



1. ábra. A nagy előd: a Commodore 64¹

Pedig a technika, amely a század végére bevonult a PC-k világába, már korábban elkészült: A filmiparban és legfőképpen a 70-es években megizmosodó rockzenében (Emerson, Lake and Palmer, Pink Floyd, Yes) már a személyi számítógépek megjelenése előtt használtak elektronikus hangszereket, szintetizátorokat.

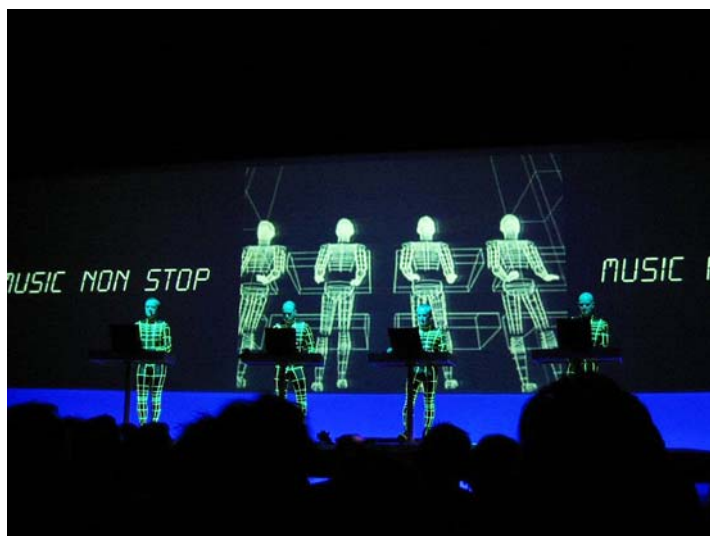


2. ábra. Keith Emerson és az analóg szintetizátor²

Olyan zenekarok is születtek, amelyek zenei világát kizárólag az elektronikus hangkeltésre alapozták, pl. a Kraftwerk. Ez utóbbi igencsak megelőzte a korát: az 1970-es években (tehát jóval a multimédiás PC-k megjelenése előtt) készült felvételeiket meghallgatva észrevehetjük, hogy az elektronikus "könnyűzene" nem sok újdonságot mutatott fel az elmúlt évtizedekben.

¹ <http://computermuseum.50megs.com/collection.htm>

² <http://www.worleygig.com/wp-content/uploads/2009/11/Keith-Emerson.jpg>



3. ábra. Tisztán elektronikus zene: Kraftwerk³

A 80-as évektől pedig elárasztották a szórakoztatózenei ipart a frissen feltalált digitális szintetizátorok, elsősorban a Yamaha DX-széria újszerű hangjára alapozott együttesek (Alphaville, Yazoo, Depeche Mode stb.).

A PC-k tehát, multimédiás képességeiket tekintve eleinte jócskán lemaradva a konkurencia mögött, inkább az irodai alkalmazásokban jeleskedtek, ahol egyáltalában nem igény a különféle zajkeltő eszközök használata. A PC-k hangjának feljavítása a 90-es években kezdődött meg, a sokáig "kváziszabvány"-ként emlegetett SoundBlaster sorozattal (ld. később).

Kváziszabvány: nem hivatalos, hanem kereskedelmi szempontok alapján kialakult hardver vagy szoftver előírás. Általában egy igen sikeres, széles körben elterjedt eszköz által utólagosan megkívánt kompatibilitást jelent. A számítógépek világában megszokott jelenség.

Az SB remek példa a fentiekre. Ugyan számos gyártó kezdett, a megnövekedett igényeknek megfelelően hang előállítására szolgáló hardverelemeket gyártani, azonban az 1981-ben (a távol-keleti "kistigrisek" hihetetlen gazdasági fellendülésével összefüggésben) alapított szingapúri cég, a Creative Labs hangkártyái elárasztották a piacot a jóminőségű, olcsó és az átlagos felhasználó céljainak tökéletesen megfelelő hangkártyákkal. Olyan mértékben, hogy nemcsak a szoftverek, hanem még az egyéb hardvergyártók termékeinek specifikációin is egyre-másra kezdett feltűnni a "SoundBlaster compatible" felirat.

A PC tehát megszólalt, sőt, már énekelni tudott. Annyira, hogy a 90-es évek végére a Creative Labs és a Microsoft vezetésével megszületett a "multimédiás PC" szabványa.

³ <http://www.the-popfilter.com/wp-content/uploads/2009/07/kraftwerk.jpg>

Multimédia: eredetileg többcsatornás információátvitelt jelent. PC-k esetében a színes, grafikus megjelenítést, hang előállításának képességét, valamint (eredetileg) CD-meghajtó meglétét jelenti).

E munkafüzet megírása idején már az eredeti specifikáció (amely 12 MHz-es Intel 80286-os processzort, egyszeres sebességű CD-meghajtót és hangkimenetet tartalmazott) megmosolyogtató, hiszen ezt a legolcsóbb kis számítógép is nevetve túlteljesíti.

Melyek voltak az említett igények, amelyek a hangkártyák fejlesztését követelték ki?

Médiaanyagok lejátszása

A CD-játszók számítógépbe kerülését megelőzte a bakelit-lemezek sajnálatos, lassú kihalását okozó audio-CD-k dömpingje, leginkább azáltal, hogy feltalálták az írható, és később az újírható CD-eket. A CD pedig eleinte elsősorban zenei anyagok tárolására szolgált, megjelent hát az az igény, hogy a számítógép a zenét tisztességesen le is tudja játszani.

Az optikai lemezek továbbfejlesztése és a különféle mozgókép-tömörítő algoritmusok lehetővé tették, hogy akár teljes házimozit is berendezhessünk a PC-vel. Ehhez viszont megfelelő, a mozi élményét visszaadó térbeli hangzás is szükséges: egy mai hangkártyától ezt alapvetően el is várjuk.

Játékok

A számítógépes piac igen komoly szegmensét alkotják mind a mai napig a játékok, márpedig ezek túlnyomó többségéhez hang is tartozik: hogyan is nézne ki, hogy amikor a játékos az Apache-helikopter pilótájaként éppen szétlövi az ellenség lőszerraktárát, esetleg egy négyszáz lóerős versenyautóval mutat be egy kézifékes fordulót, az némán történjen... Ez az igény a fentiekhez hasonló, térhatású és tökéletes hangvisszaadású hangkártyák kifejlesztéséhez vezetett.

Aktív zenélés

A legkomolyabb hangkártyákat nyilvánvalóan az aktív zenészek igényelték (igénylik). Jó tudni, hogy ebben is, mi magyarok élenjárók voltunk: A 80-as évek közepén a debreceni Panta Rhei zenekar a Sinclair ZX-sorozatú számítógépekkel "megbolondított" szintetizátorral ejtette ámulatba a közönséget (sajnos, csak külföldön, idehaza a zenekar a korabeli kultúrpolitika miatt soha nem lett igazán népszerű, a részleteket ld. például itt⁴). A mai professzionális zenészek által használt hangtechnika nyilvánvalóan sokkal-sokkal bonyolultabb és többre képes: egy jól felépített PC a megfelelő hangvezérlőkkel akár teljes hangstúdiót is képes pótolni.

⁴ <http://www.eloementek.hu/index.php?tart=zenesz&za=36>



4. ábra. Az elfelejtett magyar csoda: A Panta Rhei tagjai által kifejlesztett Muzix-81⁵

ALAPOK

1. A hang jellemzői

Mielőtt a hangkártyák lelkivilágának tárgyalására rátérnénk, néhány alapfogalmat kell tisztáznunk, amelyek nélkül aligha érthetőek a következő fejezetek.

A hang

A hang fizikailag valamilyen rugalmas közeg (legtöbbször a levegő) mechanikus rezgése, amely hullámokban terjed.

Ha ezeknek a hullámoknak a rezgésszáma meghaladja a másodpercenkénti kb. 16 rezgést (16Hz), akkor elvileg az emberi fül számára már hangként érzékelhető. A gyakorlatban a 20 Hz feletti rezgéseket nevezzük hangnak, ez alatt infrahangról beszélünk. Az emberi fül, egyéni érzékenységtől és kortól függően, 10–15 kHz rezgésű hullámokat még képes hangként érzékelni, 20 kHz felett már senki, semmit nem hall (hacsak például a denevéreket vagy a delfineket nem számítjuk ide...). A magasabb rezgésszámú hangot ultrahangnak nevezzük.

⁵ <http://www.hur.hu/newforum/>

A híres HiFi (High Fidelity) szabvány, amely valójában a 45500. számú német ipari szabvány (DIN 45500), a HiFi készülékek esetében ennek megfelelően 20 Hz-től 20 kHz-ig terjedő frekvenciaátvitelt ír elő. Ez nagyjából tíz oktáv, ha ezt egy készülék tudja teljesíteni, akkor az emberi fül számára tökéletes. A szakemberek szerint azonban ez kevés, mert a zene teljes szépségének élvezetéhez azok az igen magas hangok, az úgynevezett felharmonikusok is kellenek, amelyet ugyan közvetlenül nem érzékelünk, azonban a "vájtfülűek" nagyon is meg tudják különböztetni a csupán a kissé elavult, a Hifi szabványt teljesítő készülékek hangját a High-End-Audio szerkezetektől, ahol a felső határ akár 100 KHz is lehet.

A hang annál erősebb, minél jobban "hullámszik" a rezgés, tehát a két rezgési állapot között minél nagyobb a különbség (amplitudó).

A hang magassága tehát a másodpercenkénti rezgések számától, a frekvenciától, a hangerő pedig a rezgés kitérésének mértékétől, az amplitúdótól függ.

A hang erejét fizikailag mérhetjük a hanghullámok által keltett nyomással (jele: p , mértékegysége Pa), de a hangtechnikában sokkal inkább a relatív, logaritmikus decibel-skála használatos.

Decibel (dB)

A hangintenzitásának mértékét decibelben fejezzük ki, általánosságban és kissé leegyszerűsítve a decibel a hangerő mértékegysége. A decibel nem SI mértékegység, ennek ellenére a mérnöki-hangmérnöki gyakorlatban, de a mindennapi életben is széleskörűen használják. A decibel valójában hangintenzitás logaritmusának tízszerese, egy referencia-intenzitáshoz viszonyítva:

$$X_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{X}{X_0} \right)$$

5. ábra. A decibel meghatározása

A fenti képletben X a hangintenzitás, X_0 a referencia. A referencia értéke legtöbbször 1, így adódik az ábrát megelőzőekben említett összefüggés. A logaritmus használatát az indokolja, hogy a fülünk nagyon széles tartományban képes a hangerő, hangnyomás érzékelésére, a legkisebb és legnagyobb érzékelhető hangerő között billiószoros a különbség. A logaritmikus decibel-skálával ez könnyebben kezelhető: 0-tól (hallásküszöb) 120 dB (fájdalomküszöb, a dobhártya beszakadását, a fül károsodását előidéző hangerő). Ráadásul a fülünk érzékenysége sem lineáris (tehát a kétszer nagyobb hangnyomást nem kétszer erősebb hangnak, hanem sokkal kevesebbnek érezzük), inkább logaritmikus jellegű.

A különféle hangoknak megfelelő decibel-értékeket részletesen megtalálhatja a [makeitlouder.com](http://www.makeitlouder.com) nevű weboldalon⁶ (érdeemes böngészni az adatokat).

Jel/zaj viszony (S/N)

A jel/zaj viszony (Signal/Noise ratio) egy viszonyszám, amely a hasznos jel és a zaj szintjének hányadosa. Általánosságban, leegyszerűsítve azt mutatja meg, mennyire "tiszta" a hang, mennyire mentes a nem kívánt egyéb hangoktól, zajoktól. A fentebb megadott, logaritmikus összefüggést használva tehát:

$$jel / zaj_{db} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{jel}}{P_{zaj}} \right)$$

6. ábra. A jel/zaj viszony

A fenti képletben a P az adott hangforrás teljesítményét jelenti. A már DIN 45500-as szabvány a HiFi készülékekre minimum 50 dB jel/zaj viszonyt ír elő. Ez az érték a számítógépes hangkártyák esetén viszonylag könnyen teljesül, a zavaró zajforrás sokkal inkább a készülék egyéb részeiből (meghajtók, ventilátorok) érkezik, mint a hangkártyából.

Az S/N tehát minél nagyobb szám, annál jobb. Az abszolút maximális jel/zaj viszony egy átlagos, CD minőségű, 16 bites digitális rendszeren 96 dB. Ez azt feltételezi, hogy 48 KHz-en 16-biten szól a hang, mivel minden bit-hez 6dB tartozik. (16 x 6 = 96) Tehát ha valamelyik hangkártya specifikációjában azt olvassuk, hogy 96db-nél nagyobb az S/N, akkor az vagy méregdrága különleges hangkártya (ld. később), esetleg speciális módon tesztelték a jel/zaj viszonyt, de leggyakrabban színtiszta marketing-fogás.

Torzítás

Ha a hangtechnikai berendezés kimenetén megjelenő jel alakja eltér a bemeneti jel alakjától, akkor torzításról beszélünk. A harmonikus torzítás azt jelenti, hogy a termelt jelösszetevők frekvenciája a bemenetre adott jelek frekvenciájának egész számú többszöröse. A felharmonikusok és az alapharmonikus arányát kifejező százalékos viszonyszám a teljes harmonikus torzítás (THD).

Általánosságban, "magyarul": a THD-val azt mérjük, hogy mennyire pontos a hang reprodukciója. Ez az érték minél kisebb, nyilvánvalóan annál pontosabban adja vissza készülékünk a hangot.

⁶ <http://www.makeitlouder.com/Decibel%20Level%20Chart.txt>

2. A hangkártyákra vonatkozó alapfogalmak

A hangra vonatkozó általános, fizikai jellemzők után nézzük a hangkártyákra vonatkozó fontosabb alapfogalmakat.

API

Az Application Programming Interface magyarul alkalmazásprogramozási felületet jelent. Hangkártyák esetében ez azokat a programokat és lehetőségeket jelenti, amelyekkel a hangkártyát vezérelni lehet, ezekből minél többet tud a kártya, annál jobb. A két leggyakoribb API a DirectSound és a MIDI.

A Microsoft DirectSound⁷-jét a különféle Windowsokhoz kiadott, folytonosan frissített DirectX elnevezésű szoftver tartalmazza (sok mással, például a DirectDraw-val és a Direct 3D Graphic-kal együtt). Az DS elveit számos más cég is átvette, és kifejlesztette, továbbfejlesztette saját API-ját, például EAX, Sensaura, Qsound. Ezek az API-k olyan algoritmusokat takarnak, amelyek a hang térbeli elhelyezkedését, a hangforrás pozícionálását vezérlik, illetve egyfajta atmoszférát adnak a hangnak, a hang falakról való visszaverődését, a visszhangot szimulálva — ld. a térhangzással foglalkozó részt. Egy házimozzi céljaira használt hangkártyától ugyanis elvárható, hogy a háromdimenziós tér élményét adja a hanghoz, a klasszikus sztereofonikus hangzáson túl.

A DirectSound-hoz viszonylag hasonló az Aureal Semiconductor⁸ nevű cég által kifejlesztett hangrendszer (A3D), amely a minél korrektebb hangszimulációt helyezi előtérbe. Így képes zenetést, akusztikus visszaverődést és takarást produkálni, valós időben. A takaráskezelés kifejezetten élethűvé teszi a hangzást, pl. egy fal mögötti hangforrást halkabban és tompábban lehet hallani. E technikának a háromdimenziós játékok esetében van jelentősége: meghalljuk, ha ellenség lopakodik a háttérben...

MIDI

A Musical Instrument Digital Interface a számítógép és a digitális hangszerek összekapcsolása céljából kifejlesztett, zenei leíró nyelv. A MIDI-fájlban minden hang pontosan le van írva, melyik zenei hangról van szó, milyen hangosan és mennyi ideig szóljon, körülbelül olyanformán, mint a zenészek által évszázadok óta használt kotta — csak azzal ellentétben számjegyekkel.

⁷ [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb318665\(VS.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb318665(VS.85).aspx)

⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/Aureal_Semiconductor

MIDI hangszer a MIDI interfésszel rendelkező hangkártyához csatolva (megfelelő szoftverrel) hangról–hangra felvehetjük azt, amit a zenész játszik (tehát nem a lejátszott hangokat rögzítjük, hanem azt, hogy a zenész melyik billentyűt, milyen hosszú ideig stb. nyomta le). A felvett MIDI fájlokat pedig vagy a MIDI kimenetre kötött hangszer szólaltatja meg, vagy ennek hiányában a hangkártyán található kis szintetizátor kelti életre.

ASIO

Vagyis Audio Stream Input Output. Ez egy olyan szabvány, amely segítségével a számítógép közvetlen elérést kap a hangkártyákhoz, a videokártyákhoz, illetve egyes háttértárolókhoz hasonló módon. A klasszikus PC-k felépítési elve (a processzor a "főnök", minden más tőle kapja az utasítást) egyre jobban sérül ugyanis a komolyabb multimédiás alkalmazások esetében: azt az iszonyatos tömegű adatot, amit egy ilyen hangkártyának kezelnie kell, már nem bízhatjuk sem az operációs rendszerre, de a CPU-ra sem: a hangkártyák viszonylag önállóak, így a hanghoz tartozó jeleknek sem kell a Windows "lassító" rendszerén keresztül menniük. Ezzel jelentős gyorsulás érhető el.

Aktív, elsősorban élő zenélés esetében ez hihetetlenül fontos. Ha a zenész játszik a hangszeren, és annak hangja — vagy akár az énekes hangja — számítógépes feldolgozáson keresztül megy, akkor alapvető követelmény, hogy a gépből kijövő módosított hang ne késsen számottevően a zenészhez képest. Ha ez a késési idő, vagy szakmai nyelven latencia (latency) fél, vagy annál is több másodperc, akkor csúnyán "elcsúszik" a hang. Az ASIO driver segítségével a késési idő 10–20 ms-ra csökkenthető.

DSP

A DSP egy digitális jelfeldolgozó (Digital Signal Processing) processzor, amelynek, mint fentebb már láttuk, viszonylagos önállósága van a CPU-val szemben: képessé teszi a komolyabb hangkártyákat arra, hogy a számítógép terhelése nélkül, önállóan végezzék el a hang feldolgozását. Természetesen, ennek is főképp a professzionális zenészek esetében van jelentősége, egy játék vagy videofilm hangjának megszólaltatása nem okoz ilyen problémát. Ha az élő zenében valósidejű számítógépes hangkeverésre, vagy speciális hangeffektusokra vágunk, akkor feltétlenül DSP hangkártyát kell beszerezni.

A HANGKÁRTYÁK FAJTÁI

A hangkártyákat legegyszerűbben a számítógéphez viszonyított elhelyezésük alapján csoportosíthatjuk:

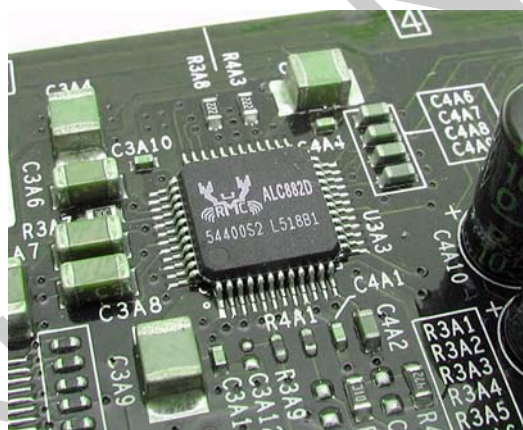
- Alaplagra integrált hangkártya
- Alaplagra illeszthető bővítőkártya
- Külső hangkártya

1. Integrált kártyák

Elég ritka manapság az olyan alaplapon, amely ne tartalmazna hangvezérlő egységet (kártyáról beszélni ebben az esetben csak átvitt értelemben tudunk!). Az integrált kártyák többsége egy jó átlagos szintet el is ér, de nyilvánvalóan, speciális igényeket nem elégít ki. A gyártók ugyanis abból a piackutatási eredményből indulnak ki, hogy akinek komolyabb elvárásai vannak, az amúgy is bővítő, vagy külső kártyát fog használni, az átlagos felhasználó számára pedig tökéletesen elegendő egy SB16-hoz hasonló hangvezérlő.

Előnye ennek a megoldásnak nyilvánvalóan az olcsóság, hátránya az, hogyha mégis bővítőkártyát szeretnénk, akkor, hogy a kettő "ne vesszen össze", célszerű az alaplap hangvezérlőt letiltani. Ehhez pedig bele kell nyúlnunk a BIOS-ba. Ez a művelet BIOS-onként változik, általában:

1. Újraindítjuk a gépet,
2. Belépünk a BIOS-ba, például a DEL vagy az F2 billentyű lenyomásával,
3. Megkeressük a hangvezérlőre vonatkozó menüpontot, pl. FEATURES – SETUP,
4. Tiltjuk a hangvezérlőt, pl. AUDIO DEVICES – DISABLED.



7. ábra. Integrált hangvezérlő chip az alaplapon

További praktikus előnye az integrált kártyának, hogy valamivel kevesebb energiát fogyaszt, nem foglal el a gépben külön helyet (ez notebookoknál alapvető szempont), valamint bizonyosan kompatibilis az alaplappal, tehát az operációs rendszer nagy eséllyel és gond nélkül felismeri.

Az alaplap hangvezérlők, alaplaptól és gyártótól függően, igen különfélék lehetnek: az olcsó alaplapokra nyilvánvalóan csak a legegyszerűbb, kétcsatornás vezérlők kerülnek, a drágábbak esetében jó eséllyel találkozhatunk akár többcsatornás, leggyakrabban 5.1-es kártyákkal.

2. Bővítőkártyák

A bővítőkártyás megoldás a leggyakoribb a hangkártyák esetén, miután ezek árban és minőségben is elfogadható kompromisszumot jelentenek az olcsó integrált és a méregdrága, professzionális külső kártyák között. Ráadásul a választás szabadságát is magunkban hordozzák: mindenki olyan kártyát dug a gépbe, amely pénztárcájának és igényeinek (valamint a család és a szomszédok, illetve a munkahely tűrőképességének) megfelel.

ISA

Az ősi, muzeális kártyák a klasszikus ISA-bővítőportot használták, ilyen volt a híres SB16 is.

Az ISA szabványt (Industry Standard Architecture) az Intel 80286-os processzorával működő PC/AT 16 bites adatbuszát alapul véve 1982-ben alkották meg. Az ISA busz átviteli sebessége elméletileg 16 MB/s, azonban a gyakorlatban legtöbbször ennek negyedét sem érte el. A hangkártyát, pl. az SB16-ot a külső ISA bővítőhelyhez kellett csatlakoztatni. Az ISA szép lassan eltűnt, szerepét a PCI bővítőhelyek illetve a külső USB csatlakozások vették át. A sebességbeli korlátok miatt a fő gond az ISA kártyákkal az volt, hogy az ISA nem "intelligens" busz. Az adatátvitel folyamatát a CPU vezérli, és amíg az adatátvitel be nem fejeződik, az egész PC blokkolódik. Márpedig ez sem a professzionális zenében, sem a játékok által megkívánt csengő-bongó közegben ma már nem engedhető meg.



8. ábra. A "jó öreg" SB16⁹

Az ISA port hiányosságai miatt a hangkártyák is kezdtek "átszokni" a PCI portra.

⁹ <http://www.creative.com/soundblaster/products>

PCI

Az Intel által kidolgozott PCI (Peripheral Component Interconnect) a CPU és a perifériák összekötésére szolgáló processzorfüggetlen busz. A PCI első változata 32 bites volt, maximum 132 MB/s adatátviteli sebességgel (33 MHz). A Pentium-processzorokhoz illeszkedve később megjelent a 64 bites PCI busz (66MHz, teljes sávszélessége 528 MB/s).

E munkafüzet megírásának időpontjában a legtöbb hangkártya a PCI buszhoz illeszkedik. Természetesen a PCI buszok megjelenésével szinte azonnal megjelent az SB-nek is PCI-s változata, ilyenek a SoundBlaster Live!, a SoundBlaster Audigy illetve a SoundBlaster PCI 128.



9. ábra. PCI kompatibilis BS kártyák: SB Live!, SB PCI és SB Audigy¹⁰

Jól látszik az ábrán a hangkártyák esetében szintén egyfajta szabvánnyá vált jelölés a csatlakozókon:

- Világoskék: analóg bemenet, magasszintű jelek (LINE bemenet, előerősítő utáni jelek, pl. magnetofonból vagy erősített hangszerből)
- Világoszöld: elsődleges analóg kimenet (fronthangszóróknak vagy fejhallgatónak)
- Fekete: analóg kimenet a hátsó hangszóróknak
- Rózsaszín vagy piros: analóg bemenet, kisszintű jelek (pl. mikrofon) részére

PCIe

A fejlődés a hangkártyákat is elérte. A PCIe (PCI Express) bővítőhelyekből eleinte jó, ha egy volt az alaplapon. A korszerű, nagytudású hangkártyák azonban éppen úgy igénylik a nagyobb sebességű jelátvitelt és a processzortól valamint a többi hardvertől való viszonylagos függetlenséget, mint a videokártyák.

¹⁰ <http://www.creative.com/soundblaster/products>

A fő különbség a PCI és a PCIe között az, hogy az előbbi esetében a PCI eszközök párhuzamosan egyetlen buszra dolgoznak, osztoznak rajta, míg a PCIe esetében egy kapcsolóáramkör (switch) gondoskodik róla, hogy minden eszköz úgy "lássa", mintha egyedül lenne a buszon (point-to-point topológia). A PCIe adatátviteli sebessége a legújabb verziók esetén eléri az 1000 MB/s értéket (régábban annak is örültünk, ha a memóriák képesek erre). A professzionális PCIe hangkártyák, főleg a sokcsatornás, akár kisebb zenekarok keverését is elvégző kártyák igénylik is ezt az iszonyatos sebességet.

A SoundBlasterek népes rokonságánál maradván a család PCIe-s tagja a Creative X-Fi.



10. ábra. Creative X-Fi¹¹

Ha jól megnézzük a kártya kimeneteit, láthatjuk, hogy újabb színek tűntek fel, amelyek egy PCIe-s kártyának dukálnak:

- Szürke (ezüst): analóg kimenet az oldalsó hangszóróknak (7.1 hangrendszer).
- Narancs: analóg kimenet a mélyhang-sugárzóknak és a középső hangszóróknak, valamint átkapcsolható módon S/PDIF (digitális) kimenet.
- Optikai kimenet-bemenet: üvegszál kábelek csatlakozására szolgáló, a digitális jeleket fényjelek formájában fogadó-küldő csatlakozók.

3. Külső hangkártyák

A külső eszközök esetében is meglehetősen furcsa "kártyáról" beszélni, hiszen ezek jobbra dobozok, sőt, előfordul, hogy még a számítógépnél is nagyobbra tudnak nőni.

USB hangkártyák

¹¹ <http://www.creative.com/soundblaster/products>

Az USB (Universal Serial Bus) kártyák a legjobb alternatívát nyújtják akkor, ha az alaplapon integrálnál komolyabb hangvezérlőkre van szükség, ám bármilyen okból nem akarunk a gépben változtatásokat végezni (például, mert a gép garanciális, vagy mert nem is lehet, notebookok esetében). A korszerű gépeken minimum USB 2.0 található, amelyik 60 MB/s (a 3.0-ás verzió 640 MB/s) sebességű átvitelre képes. Ez a sebesség pedig a felhasználók túlnyomó többségének megfelelő.

USB csatlakozású hangkártyát tehát elsősorban a notebook-tulajdonosoknak célszerű használniuk — átlagos, napi alkalmazásokhoz, böngészéshez stb. elegendő a notebook saját, alaplapi hangvezérlője, ha pedig igényesebb hangtechnikai feladatot kell ellátnia, egyszerűen csatlakoztassunk egy külső, USB-s eszközt.

Természetesen, miután a térbeli korlátok nem kötöttek, USB eszközből is rengetegféle van, az aprócska, pendrive méretű kis eszköztől kezdve, amely elsősorban hangkártya nélküli notebookok esetében jöhet szóba, a hatalmas, akár nagy teljesítményű erősítőt is tartalmazó góliátokig.



11. ábra. Dávid és Góliát, az USB hangkártyák világában¹²

FireWire

Azonban a hangkártyák esetében sincs megállás: sic igitur ad astra, határ a csillagos ég. A megnövekedett igényekhez az USB is túl lassúnak bizonyult. Az USB-hez némileg hasonló, de annál lényegesen gyorsabb összeköttetést a multimédia-perifériák között az eredetileg az Apple által megalkotott FireWire (szó szerint: tüzes drót) jelenti. A FireWire is nagysebességű, soros kommunikációt tesz lehetővé, 400 illetve 800 MB/s sebességgel, sőt, a madarak azt csiripelik, hogy már készül a 2 GB/s sebességű változata is.

¹² <http://www.iclassifieds.com/forsale/electronics/>

Ezt az iradatlan sebességet nyilvánvalóan csak a professzionális zenekari felszerelések, illetve hangkártyák képesek kihasználni: a határ itt tényleg a csillagos ég, árfekvésben is: a párezer forintos, átlagos kártyához képest ezek is néhány ezerbe kerülnek. Európában.



12. ábra. Professzionális Firewire hangvezérlő¹³

Az ábrán látható, FireWire csatlakozású, 24 bites, 194 kHz-es, méregdrága, High-End-Audio eszközt bizony, már tiszteletlenség lenne "kártyának" nevezni — és még ez is legfeljebb a kisöccse lehet azoknak a kis szériában, kizárólag profiknak, megrendelésre készített eszközöknek, amelyeket a filmiparban vagy a sztárzenekarok esetében használnak.

A HANGKÁRTYÁK FELÉPÍTÉSE

Hangkártyából, mint láttuk, hihetetlenül sokféle van, ezek gyakorlati megvalósítása, műszaki felépítése nyilván alapvetően eltér egymástól. Melyek azok az általános felépítési elvek, amelyek mindegyikre, legalábbis a többségre vonatkoznak? Milyen részekből is áll egy hangkártya?

1. Hangképzés

A hangkártya elsődleges feladata nyilvánvalóan a hangképzés. Rendelkeznie kell tehát valami olyan eszközzel, amely a processzortól kapott adatokat hangokká tudja alakítani. Erre több lehetőség is van:

Frekvenciamoduláció (Frequency Modulation)

¹³ http://www.m-audio.com/products/en_us/ProFire2626.html

Az eljárás a már idézett 80-as évekbeli digitális (elsősorban Yamaha) szintetizátorokból szivárgott a hangkártyák chipjeibe: itt egy vezérelhető frekvenciájú oszcillátor által keltett szinuszos hangot modulálunk egy másik szinuszhullám segítségével. A fázismodulátor — mely ezt a modulációt végzi — mellett található egy burkológörbe-generátor is, amely a hang időbeli lefutásának jellemzőit határozza meg. Ezek együttesét nevezzük FM hanggenerátornak. Az FM hanggenerátorokkal remekül lehet szimulálni a természetes hangok többségét (a fuvolaszótól az emberi hangig, illetve a madáracsicsergéstől az oroszlánbőgésig), de olyan hangok képzésére is alkalmas, amelyek a természetben nem fordulnak elő (pl. a fantasztikus filmek kedvelt "űrhangjai").



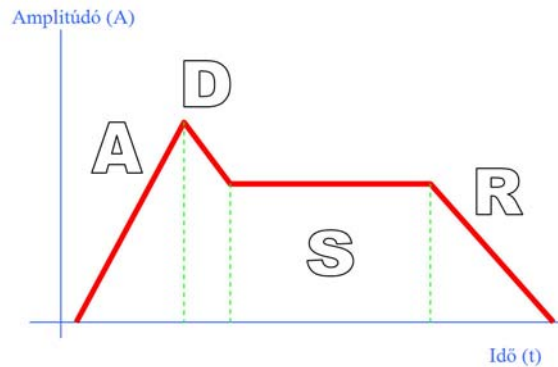
13. ábra. Az FM hangszintézis mérföldköve: a Yamaha DX7¹⁴

A hangkártyák többsége ilyen, vagy ehhez hasonló FM szintetizátort tartalmaz, nemritkán a Yamaha DX7-es továbbfejlesztett hangchip-jét (YM chip-ek).

ADSR szintézis

A másik 80-as évekbeli szintetizátor-nagyágyú, a Casio sorozat (pl. Casio CZ1000) által követett út szerint is a kiindulási alap egy vezérelhető frekvenciájú oszcillátor. Itt azonban az oszcillátor eleve különféle alakú rezgéseket kelt, a szokványos szinusztól a háromszögön (fűrészfog) át a négyszög alakúig (trapézjel). A hullámot az előzőekből ismert, de annál precízebben, digitálisan és MIDI-n keresztül is vezérelhető burkológörbe-generátor alakítja tovább, az ADSR-elv alapján: az A (attack) határozza meg, hogy a hangjel hogyan induljon. A D (decay) a hullám első csúcspontja utáni visszaesést, az S (sustain) pedig azt határozza meg, milyen erős legyen a kitartott hang. Az R (reverb) a visszhang. Ezek alapján különféle hangszerek jellegzetes hangképét lehet szimulálni, pl. a hegedű esetében az A értéke kicsi (lassan épül fel a hang), pengetős, ütős hangszereknél nagy (hirtelen szólal meg a hang) és így tovább.

¹⁴ <http://www.tim-carter.com/music-production/pics/yamaha-dx7.gif>



14. ábra. Az ADSR fogalma

Az ábrán a piros vonal a hang időbeli lecsengésének folyamatát mutatja, a megfelelő, programozható ADSR-pontokkal együtt.

A mai, korszerű hangkártyák mindkét hangszintetizáló elvet használják.

Sampler

Gyökeresen más elven működnek a szimplerek (mintavevők). Ezek esetében a természetes, vagy bármilyen hangból egy apró mintát veszünk, ezt digitálisan rögzítjük, és a hangszer vagy hangkártya ezt a mintát tetszőleges, a vezérléstől függő hangmagasságon (moduláció) lejátsza. Az eljárást Wave Effects Synthesis-nek is hívják. Az első szimplereket szintén az elektronikus zenében használták először: főleg a zenei háttérként szolgáló szimfonikus zenekart illetve a kórust igyekeztek pótolni vele, valódi zenekarról és valódi énekesektől vett hangminták alapján.

Érdekeség, hogy az ötlet az analóg technikában már ismert volt: A mellotron nevű hangszer magnetofonszalagokon tárolt hangmintát volt képes a zenész által megadott hangmagasságon visszajátszani (A hangszer a Beatles együttes Strawberry Fields Forever című számából lehet ismerős).

Kezdő (tehetségtelen) énekesek számára ideális ez az eszköz: énekelhetnek bármilyen hamisan, a szimpler segítségével a hangjukat a megfelelő hangmagasságokra lehet állítani. Énekelhetünk tehát basszistákat megszegyenítő mély hangokon vagy akár csillárrepszto koloratúrszopránban is. Az ilyen és ehhez hasonló hangtechnikai eszközök korában érdemes elgondolkodni azon, vajon mi igaz abból, amit kedvenc popsztarunk felvételein hallunk...

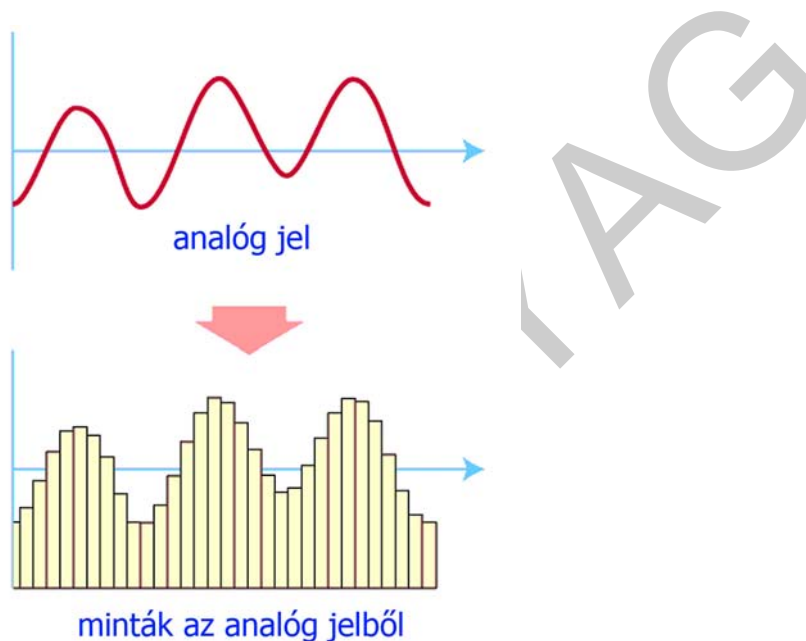
2. Digitalizálás

Már a szimplerek esetében esett szó arról, hogy a hangkártyák a bemenetükre kapcsolt analóg hangjeleket digitális formára képesek konvertálni.

Az AD konverter

Az Analóg-Digitális konverterek feladata, hogy a bemenetükre kapcsolt analóg jelet, pontosabban váltakozó feszültséget (tehát a hanghullám elektromos alakját) számsorokká (digitális információ) alakítsák.

Ehhez a konverter adott időközönként mintát vesz az analóg jelből (magyarul: leméri, hogy éppen mekkora a jel feszültsége). Ez a folyamat a mintavétel (sampling). Ezután ezt az értéket egy adott skálához viszonyítja, vagyis egy számot rendel hozzá (kvantálás). A számot végül bináris alakra hozza, így már a számítógép többi része is tárolni, feldolgozni képes.



15. ábra. A mintavétel sémája

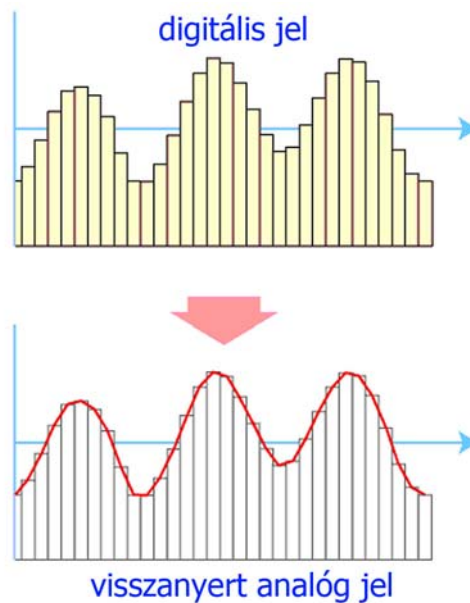
Belátható, hogy minél több mintát vesz a konverter egy másodperc alatt a jelből, a végső digitális információ annál pontosabb lesz. Ezt a tulajdonságot fejezi ki a sampling rate, vagyis a mintavételi frekvencia. Ha azt olvassuk egy hangkártya specifikációján, hogy 48 kHz-es, akkor az azt jelenti, hogy az AD konverter 48 ezer mintát vesz a jelből egy mp alatt.

Az is könnyen belátható, hogy a kvantálás sem mindegy: minél pontosabb a "mérce", annál pontosabb az eredmény. Ha egy kártya 16 bites, akkor egy "mérés" 16 bit pontosságú: 0 és 65535 között vehet fel értékeket. Egy ötperces zeneszám tehát $5 \times 60 \times 48000$, tehát 14.400.000 darab 16 jegyű bináris számot eredményez, ez pedig kb. 30 megabájt!

Természetesen, a pontosságért tárolókapacitással (is) fizetnünk kell: ha nagyobb a mintavételi frekvencia, akkor több adat keletkezik, ha a kvantálás pontosabb, akkor ezek az adatok több számjegyből állnak. Ezt az irdatlan mennyiségű adatot pedig nagyon gyorsan mozgatni is kell, ebből nyilvánvaló, miért "nőtték ki" a hangkártyák az ISA buszt.

A DA konverter (DAC)

A digitális adatok visszaalakítását úgy érthetjük meg, ha elképzelünk egy feszültséggenerátort, amelyik számokkal vezérelhető. A generátor bemenetére kapcsolt digitális adatoknak megfelelően tehát folyamatosan változó feszültségszinteket kapunk, amely már jó közelítéssel hasonlítani fog az eredeti analóg jelre. Hogy még jobban hasonlítson, megfelelő szűrőkkel egy kicsit "elkenik", kisimítják a lépcsők sorára emlékeztető alakú jeleket, így már közel azonosak lesznek a szinuszos jellegű bemeneti hullámokkal.



16. ábra. A DA konverzió

3. Erősítő

A hangkártyák felépítésének utolsó része az erősítő. Ezek közönséges, néhány integrált tranzisztorból felépített hangtechnikai áramkörök, melyek a DAC-ból vagy a szintetizátorból jövő hang amplitúdóját növelik meg olyan mértékben, hogy akár kisebb teljesítményű hangszórókat is lehet rájuk csatlakoztatni.

A hangkártyák erősítőjétől azonban ne várjunk sokat, ezek alig haladják meg egy táskarádió teljesítményét. Komolyabb hanghoz, házimozihoz, a kimeneteket külső teljesítményerősítőre kell kötni, hogy amikor a Csillagok háborújában végigmegy a képernyőn a birodalmi romboló, akkor az bizony dübörögjön...

A hangkártyák erősítője legfeljebb néhány watt, ez fejhallgatók vagy kisebb hangdobozok számára megfelelő. A kereskedelemben kapható "számítógépes erősítők" esetében azonban jó, ha nem esünk bele a marketingesek csapdájába: sokszor égbekiáltó hazugságokat képesek ráírni a dobozokra, például néhány centis kis hangszórócskákra azt, hogy 200 watt. Be kell látnunk, hogy jóminőségű erősítőket és hangszórókat nem fogunk párezer forintért kapni, főképpen nem a nagyobb teljesítmények igényével.

A HANGRENDSZEREK

A korszerű hangkártyákkal kapcsolatban ismernünk kell a térhang, a surround-hangrendszerek fogalmát is.

Sztereofónia

A sztereofónia szó szerint rögzített hangképet jelent. Az elv a következő: az agyunk a hang helyzetét úgy állapítja meg, hogy a két fülünkbe eltérő időben érkező hanghullámok közti időkülönbségből kiszámolja, honnan jött a hang. Namármost, ha a két fülünkbe tehát icipici időkülönbséggel hangot közvetítünk két hangszóróból, akkor az agyunk "becsapódik", és úgy érzi, mintha a hang pontosan a tér egyik pontjáról szólna. A sztereofónia éppen ezt használja ki: a hangot két csatornára rögzítve a csatornák jeleit úgy keverik, késleltetik stb. hogy a hallgatóban egy teljes, virtuális hangkép alakuljon ki.

Surround

Jóllehet a sztereofónia elvileg képes a teljes, 360 fokos hangtér látszólagos felépítésére, a valóságban a hátulról jövő hangok bizonytalanok maradnak, vagy teljesen elvesznek. Emiatt több próbálkozás született arra, hogy a hallgatót körberakjuk hangfalakkal, egyik a sajnós korán elhunyt kvadrofónia, amely a sztereoó hangkép elvi alapjain négy csatornás, négy hangszórós hangteret jelentett.

Az 5.1-es, ma már klasszikus hangrendszerben maradt a két front és a két hátsó hangszóró, de a mozizás igényeit figyelembe véve kiegészült a rendszer egy közép-hangszóróval (hiszen a filmekben a lényeg legtöbbször középen van). A plusz 1, a "mélynyomó", vagyis egy olyan hangláda, amelyik kizárólag a nagyon mély hangokat közvetíti. Miután a fülünk irányérzékelési képessége a frekvenciával csökken, szerencsére ezt az általában ormótlan ládát bárhol elhelyezhetjük. A 6.1-es hangrendszerben a hátsó hangszórók között is van egy középső, a 7.1-esben két front, egy középső, két oldalsó, két hátsó és a plusz egyedik mélyhang-sugárzó található.



17. ábra. "Álomlakás" 5.1-es hangrendszerrel¹⁵

Mindenki döntse el, érdemes-e hangszórókkal körberakni a helyiséget, ahol a médiaanyag lehallgatása történik, vagy ismét a marketingesek áldozataivá válunk. A több hangszóró ugyanis, amellet, hogy rengeteg helyet foglal, többféleképpen torzítja is a hangot, tehát, hacsak nem méregdrága, egymáshoz igazított, összemért "audiofil" eszközöket alkalmazunk, a sok hangszóró többet árt, mint használ. Az általános gyakorlatban tehát semmi értelme nincs a jól bevált 5.1-es hangrendszert egyelőre leváltani.

ÖSSZEFOGLALÁS

Végül foglaljuk össze, milyen elvek alapján válasszuk meg a hangkártyát:

- Milyen legyen a kialakítása, alaplapi, bővítőkártyás vagy külső?
- Ha bővítőkártyás, PCI vagy PCIe?
- Ha külső, USB vagy FireWire csatlakozós legyen?
- Mennyi a csatlakozók száma? Van e digitális vagy optikai ki- és bemenet?
- Milyen hangrendszert biztosít? Sztereó, 5.1, vagy egyéb?
- Mekkora a mintavételi frekvenciája? Elég-e a 48kHz?
- Hány bites? Elég-e a 16 bites kvantálás?
- Milyen a ki és bemeneti jel/zaj viszonya?
- Mekkora a frekvenciaátvittele? Elég-e a "húsztól-húszig"?
- Mekkora a torzítása (THD)?
- Milyen API-kat támogat? Van-e rajta MIDI csatlakozó?
- Az ASIO-t támogatja (vagy van-e hozzá megbízható ASIO Driver)?
- DSP jelfeldolgozója van-e?
- Rendelkezik-e mikrofon előerősítővel?
- Rendelkezik-e végerősítővel, és az hány wattos?

¹⁵ <http://hd.engadget.com/2008/05/10/poll-do-you-have-a-multi-channel-surround-sound-system/>

- Milyen szoftvereket adnak hozzá? Zeneszerkesztő programot vagy hangkönyvtárat adnak-e hozzá?
- És a legfontosabb paraméter: mennyibe kerül?

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

E munkafüzet a hangkártyák tulajdonságaival foglalkozik. Az anyag elsajátításához az a legjobb módszer, ha tájékozódik a hangkártyák piacán, összehasonlítja az egyes típusokat és a kiválasztott hangkártyát telepíti is a számítógépbe. Ha az alábbi öt feladatot végigcsinálja, nyugodtan megvásárolhatja az adott hangkártyát, és felfelepítheti az Esetfelvetésben megadott, akár zenészek által is használt számítógépre.

1. feladat

Menjen be egy elektronikai áruházba (valóságosan a legjobb, de a virtuális webáruházak is megfelelőek). Böngéssze végig a kapható különféle hangkártya-típusokat, hasonlítsa össze a szolgáltatásaikat és a paramétereiket, valamint a termékek árát! Válasszon ki az ön szerint optimális ár-értékaránnyal rendelkező típusokat!

2. feladat

Az 1. feladatban kiválasztott hangkártyáknak járjon utána az interneten. Keresse fel a gyártók honlapját, nézze meg, hogy elavult vagy éppen vadonatúj típusról van-e szó!

3. feladat

Nézze meg, milyen konfigurációjú számítógépekhez ajánlja őket a gyártó! Nézze meg azt is, kínál-e a gyártó drivereket (hardvermeghajtó programokat) és milyen operációs rendszerekhez!

4. feladat

Nyomozzon tovább az interneten. Keressen fel olyan oldalakat, blogokat, fórumokat, ahol a kiválasztott hangkártyáról esik szó. Nézze meg, mennyire elégedettek a fórumozók, felhasználók vele, milyen típushibákat fedeztek fel benne!

5. feladat

Ha még mindig úgy ítéli meg, hogy megfelelő eszkrőről van szó, nézzen utána az interneten, hol kapható az adott eszköz a lehető legolcsóbban, esetleg külföldön — webáruházak esetén ne feledje hozzászámolni az árhoz a szállítási költséget!

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Mit érünk a kváziszabvány fogalma alatt? Válaszát írja a kijelölt helyre!

2. feladat

Mit érünk a multimédiás számítógép fogalma alatt? Válaszát írja a kijelölt helyre!

3. feladat

Milyen igények hívták életre a multimédiás számítógépeket? Válaszát írja a kijelölt helyre!

4. feladat

Mi a hang, és melyek a főbb tulajdonságai? Válaszát írja a kijelölt helyre!

Blank writing area for the answer to question 4, consisting of six horizontal lines within a yellow border.

5. feladat

Mi az a HiFi szabvány? Válaszát írja a kijelölt helyre!

Blank writing area for the answer to question 5, consisting of three horizontal lines within a yellow border.

6. feladat

Mi az a MIDI? Válaszát írja a kijelölt helyre!

Blank writing area for the answer to question 6, consisting of three horizontal lines within a yellow border.

7. feladat

Milyen fajtái vannak a hangkártyáknak? Válaszát írja a kijelölt helyre!

8. feladat

Hogyan tiltható le egy alaplapi hangvezérlő? Válaszát írja a kijelölt helyre!

9. feladat

Mi a különbség a PCI és a PCIe között? Válaszát írja a kijelölt helyre!

10. feladat

Milyen színekkel használják a hangkártyák csatlakozásain? Válaszát írja a kijelölt helyre!

11. feladat

Mit jelent az ADSR mozaikszó? Válaszát írja a kijelölt helyre!

12. feladat

Mi az a két paraméter, amitől az AD-konverzió pontossága függ? Válaszát írja a kijelölt helyre!

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Kváziszabvány: nem hivatalos, hanem kereskedelmi szempontok alapján kialakult hardver vagy szoftver előírás. Általában egy igen sikeres, széles körben elterjedt eszköz által utólagosan megkívánt kompatibilitást jelent. A számítógépek világában megszokott jelenség.

2. feladat

Multimédia: eredetileg többcsatornás információátvitelt jelent. PC-k esetében a színes, grafikus megjelenítést, hang előállításának képességét, valamint (eredetileg) CD-meghajtó meglétét jelenti).

3. feladat

Médialejátszás, számítógépes játékok, aktív zenélés.

4. feladat

A hang fizikailag valamilyen rugalmas közeg (legtöbbször a levegő) mechanikus rezgése, amely hullámokban terjed. Jellemzői. Hangerő, frekvencia, rezgésszám: 20 Hz–20 kHz.

5. feladat

A HiFi (High Fidelity) szabvány a 45500. számú német ipari szabvány (DIN 45500), a HiFi készülékek esetében 20 Hz-től 20 kHz-ig terjedő frekvenciaátvitelt ír elő.

6. feladat

A Musical Instrument Digital Interface a számítógép és a digitális hangszerek összekapcsolása céljából kifejlesztett, zenei leíró nyelv. A MIDI-fájlban minden hang pontosan le van írva, melyik zenei hangról van szó, milyen hangosan és mennyi ideig szóljon.

7. feladat

Alaplapi, belső bővítőkártyás (ISA, PCI, PCIe), külső (USB, FireWire)

8. feladat

A BIOS-ból, az AUDIO DEVICES – DISABLED menüponttal.

9. feladat

A fő különbség a PCI és a PCIe között az, hogy az előbbi esetében a PCI eszközök párhuzamosan egyetlen buszra dolgoznak, osztoznak rajta, míg a PCIe esetében egy kapcsolóáramkör (switch) gondoskodik róla, hogy minden eszköz úgy "lássa", mintha egyedül lenne a buszon (point-to-point topológia).

10. feladat

- Világoskék: analóg bemenet, magasszintű jelek (LINE bemenet, előerősítő utáni jelek, pl. magnetofonból vagy erősített hangszerből)
- Világoszöld: elsődleges analóg kimenet (fronthangszóróknak vagy fejhallgatónak)
- Fekete: analóg kimenet a hátsó hangszóróknak
- Rózsaszín vagy piros: analóg bemenet, kisszintű jelek (pl. mikrofon) részére
- Szürke (ezüst): analóg kimenet az oldalsó hangszóróknak (7.1 hangrendszer)
- Narancs: analóg kimenet a mélyhang-sugárzóknak és a középső hangszóróknak, valamint átkapcsolható módon S/PDIF (digitális) kimenet.

11. feladat

A szintetizált hang burkológörbáját (időbeli lefutását) adja meg. A (attack) határozza meg, hogy a hangjel hogyan induljon. A D (decay) a hullám első csúcspontja utáni visszaesést, az S (sustain) pedig azt határozza meg, milyen erős legyen a kitartott hang. Az R (reverb) a visszhang.

12. feladat

A mintavételi frekvencia (hány kHz-es) és a mintavétel kvantálása (hány bites)

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

<http://zeneszerkesztes.blog.hu>

<http://www.hardverismeret.eoldal.hu/oldal/hangkartya>

http://www.sg.hu/cikkek/10163/hangkartya_vasarlok_kezikonyve

<http://blog.sulinet.hu/csmfizika/2010/05/23/a-hangkartya-alapu-fizikai-meresek/>

AJÁNLOTT IRODALOM

<http://www.hwsz.hu/hirek/23502/megjelent-a-rightmark-3dsound-hangkartya-tesztelo-program-1-0-as-valtozata.html>

<http://ixbtlabs.com/articles3/multimedia/creative-x-fi-pcie-p1.html>

<http://www.openlabs.com/ultimatestudio.html>

<http://www.m-audio.com/index.php?do=products.family&ID=recording>

http://www.rme-audio.de/en_index.php

<http://www.esi-audio.com/products/maxio032e/>

<http://www.creative.com/soundblaster/products/musicmovies/>

A(z) 1173–06 modul 011–es szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
33 523 01 1000 00 00	Számítógép-szerelő, -karbantartó

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
15 óra

MUNKANYELVI ANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató