

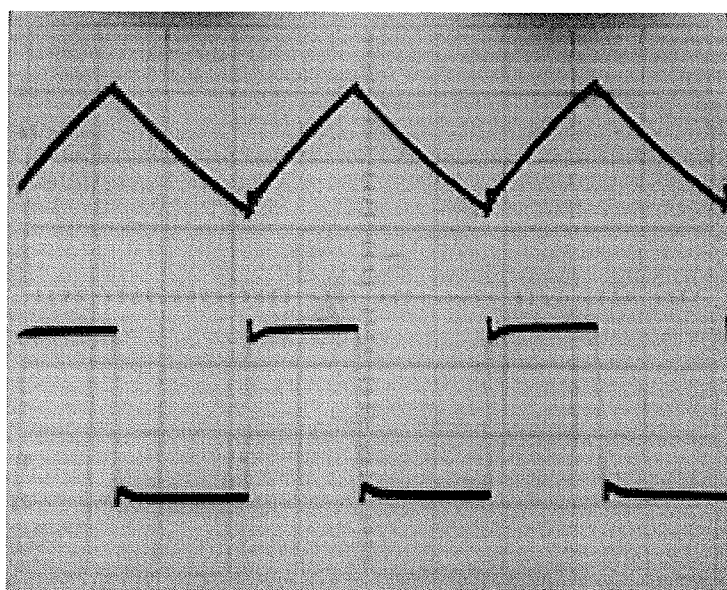


trigger szintet (ez csak egy + vagy - típusú választás)

Ez a két lépés általában eléggé egyértelműen definiál egy olyan pontot, amitől kezdve a mérést el lehet végezni. Harmonikus (szinuszos) jelnél érdemes zérus közelében tenni a triggerszintet (hiszen azt metszi a jel a legegyszerűbben).

Az oszcilloszkópok belső felépítése jellemzően bonyolult, és mivel mérőeszköztől van szó, általában kiváló minőségű áramkörökből épülnek fel, gyors és nagy pontosságú erősítőfokozatokkal, precíz időméréssel. Mindezek kifejezetten költségessé teszik az oszcilloszkópokat, viszont használatuk elengedhetetlen az elektronikai fejlesztések során.

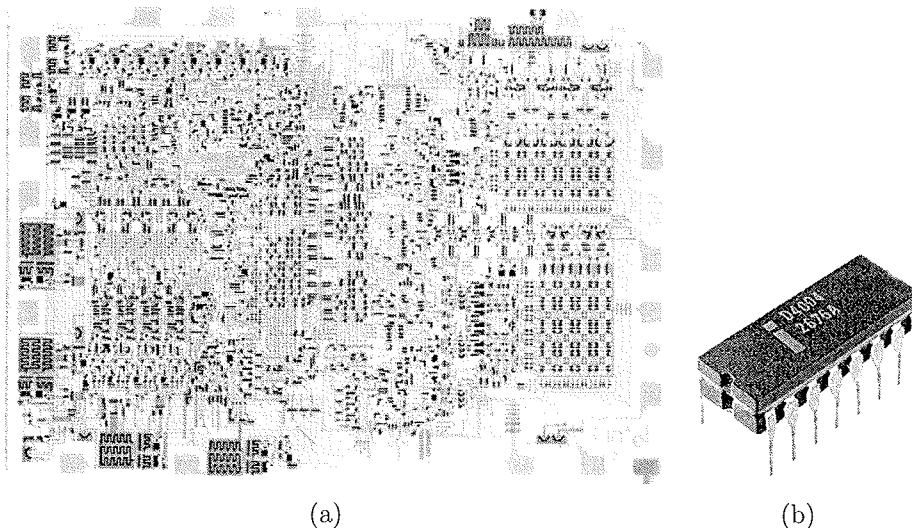
A klasszikus oszcilloszkóp katódsugárcsövet tartalmaz, ahol az elektronsugár függőleges eltérítése a mérendő jellel történik. A megjelenő képet a 1.8 ábra mutatja, ami a XXXX kapcsolás konkrét megvalósításánál a Schmitt-trigger be- és kimenetét ábrázolja.



1.8. ábra. Schmitt-triggeres oszcillátor jeleinek megjelenítése katódsugárcsöves (analóg) oszcilloszkópon: felül a Schmitt-trigger bemenete, alul a kimenet, vízintes tengely az idővel arányos. A kép színskálája invertált, a sötéttel vonallal látható jelek a valóságban fényesek (leggyakrabban zöldek)

A modern digitális oszcilloszkópok tartalmaznak egy gyors A/D átalakítót (XXXX fejezet) és időben gyorsan sok mérést végeznek. Ezáltal a mérési eredményt mint számsort kapjuk, az oszcilloszkóp pedig mint célszámítógép a saját képernyőjén ábrázolja az eredményt. Ez utóbbira mutat példát a 1.9 ábra, ami pontosan ugyanazt a jelet ábrázolja mint a 1.8 ábra.

Az oszcilloszkópok bemenete mindig egy vagy több olyan időfüggő feszültség, amit az áramköri nullához, a választott földponthoz mint referenciához hasonlítunk. Nagyon



1.6. ábra. Az Intel 4004-es mikroprocesszor fizikai megvalósítási terve (balra), ami a nyomtatott áramkörtől analógiájára integrált áramkörökre. A DIL tokozott IC standard méretű volt (jobbra)

fontos, mert ezáltal a program(ok) lépései párhuzamosan kerülnek feldolgozásra: a program utolsó feladatához tartozó adat begyűjtése közben még az előző feladat számítása folyik, és a kettővel-hárommal azelőtti feladat eredményének kiírása is folyamatban lehet. Mindez a lépések folyamatos ellenőrzését követeli meg, nehogy rosszul legyen figyelembevéve valamelyik előző (még esetleg be nem fejezett) feladat eredménye. Jellemző, hogy a számítógép külvilággal való kapcsolattartásáért felelős egységek is mind ugyanezen a félvezető lapkán kapnak helyet, ezzel is csökkentve a szükséges alkatrészek számát, ezzel a költségeket.

A 386-os és a Pentium 4-es processzorok kristálylapkáinak fényképei a 1.7 ábrán láthatók.

## 1.4. Elektronikai jelek mérése: az oszcilloszkóp

Az elektronikus áramkörben megjelenő feszültség (vagy áram) mérését akkor végezhetjük a XXXX fejezetben leírt módon, ha az időben konstans: multiméterrel egyenfeszültséget tudunk pontosan mérni. Ha az elektromos feszültség időben gyorsan változik és ismernünk kell a jelek pontos alakját, az oszcilloszkópnak nevezett eszközt használhatjuk.

Az oszcilloszkóp alapfunkciója, hogy az idő függvényében megméri és kirajzolja a feszültséget – a mérés eredménye tehát jól értelmezhető. Az oszcilloszkópon beállítható az idő skálája (tipikusan a másodperc nagyságrendjétől a néhány tíz ns nagyságrendjéig),

vezetéken.

Érdemes belegondolni, hogy a modern számítógépes rendszerekben milyen technikai kihívást jelent a (jelen jegyzet írásakor, 2013-ban) elért 3GHz-es tipikus jelsebesség (óra-jel). A fény sebességével terjedve a  $c/3\text{GHz}=10\text{cm}$  távolságban már nagyon jelentős változást, késést szenved, és ezeket a teljes rendszer szempontjából minden részletében, minden egyes vezetéknél figyelembe kell venni.

### 1.3. Integrált félvezető eszközök felépítése

A mikroelektronika forradalmának technológiai háttere a félvezető eszközök integrálása volt. Ez utóbbi azt jelenti, hogy bonyolult félvezető áramköröket meg lehet valósítani egyetlen kristálylapkán, nagy mennyiségben gyártva igen költséghatékonyan. Az ilyen, integrált áramköröknek (Integrated Circuit, IC) nevezett eszközök felépítését mutatja be vázlatosan az alábbi fejezet.

#### 1.3.1. Félvezető chip-ek gyártástechnológiája

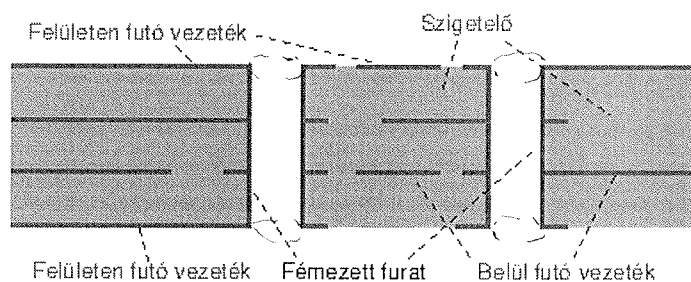
A félvezető áramköröket, mint amilyen a 741-es műveleti erősítő, vagy az összetett digitális áramkörök is voltak az előző fejezetekben, egyetlen egy kristálydarabon állítják elő. Az elterjedt chip szó tulajdonképpen erre a kristályszemcsére utal. A technológia a nyomtatott áramkörökre emlékeztet: itt is optikai módon adott rajzolatú kémiai védőréteget hoznak létre a felületen, ami ahol szükséges megvédi a kémiai maratástól vagy egyéb hatásoktól a felületet. A vezetékek és tranzisztorok tipikus mérete a néhány mikrométer, illetve csúcstechnológiás eszközöknél néhány tíz nanométer (néhány száz atom). A maratás mellett többféle lehetőség is van: a felületre fémot párologtathatnak, ami elektronikus csatlakozásokat hoz létre (a fémot az egyenletes párologtatás után megintcsak lemaratják onnan ahol nem szükséges a megfelelő rajzolat szerint). Lehetőség van olyan oldatba helyezni a mintát, ami a felületen egy vékony szennyező réteget hoz létre, ez utóbbit hőkezeléssel elősegített diffúzióval be lehet juttatni a kristályba – P vagy N típusúvá alakítva annak felszíni rétegét. Lehet szigetelő réteget is (szilícium- vagy fém-oxidok) felületre párologtatni.

Az áramkör tipikusan több tucat párologtatás – hőkezelés – védőréteggépzés – maratás lépés után alakul ki véglegesen. A kristály szélén kis fém kivezető felületeket alakítanak ki, hogy az áramkör csatlakozásai megvalósulhassanak.

Az áramkör gyártásának utolsó lépése a tokozás: ekkor kapja azt a védőburkolatot (lásd 1.5 ábra bal oldala) amivel áramkörbe (NYÁK-ba) lehet elhelyezni, beültetni. A tokból szinte tetszőleges számú csatlakozó hozható ki – 8-tól (mint a 741 esetén) több százig is tud ez terjedni. Nagyon gyakori a 14 vagy 16 „lábú” kimenet. Az előbbire példa a 1.5 ábra: itt a 4069-es típusú, XXXX ábrának megfelelő CMOS invertert megvalósító integrált áramkör látható. A nagyobb verzió a DIL (Dual In Line) tokozás, a kisebb

Az áramkörön furatokat is ki kell alakítani: egyrészt gyakran ebbe vezetékeket lehet dugni, és a forrasztással nagyon jó mechanikai stabilitást elérni. Másrészt, a furat fala elektromosan vezetővé tehető, ezáltal a lap két oldala között kapcsolatot lehet teremteni.

A modern áramköri lapok nem csak egy- vagy kétrétegűek: jelenleg már standard az a technológia, ahol 16, vagy akár 48 (!) különböző rajzolatú réteget ragasztanak egymásra vékony lapokból, és ezek tetszőlegesen választható kapcsolatban lehetnek a furatokon keresztül (bármelyik réteg bármelyik másikkal). Ennek lehetőségét a 1.3 ábra illusztrálja.



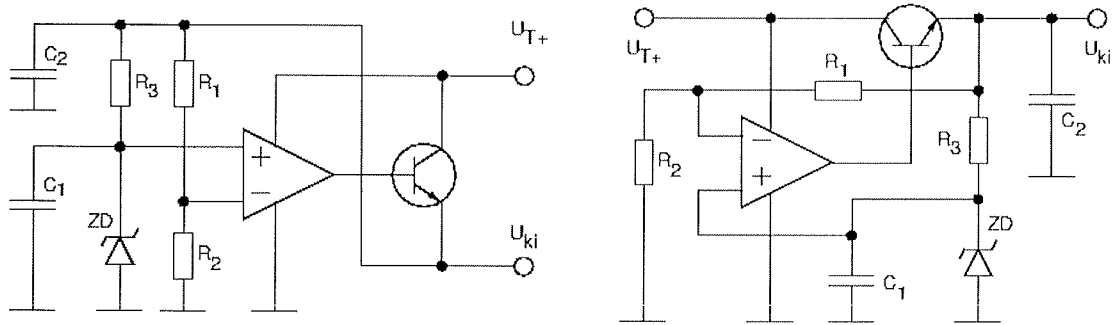
1.3. ábra. Több rétegű NYÁK lap keresztmetszetének vázlata. A furatok belülről fémezették, és tetszőleges rétegek vezetékeit (vastag piros vonalak) köthetik össze. A felületen futó vezetékekhez forrasztani lehet, de futhatnak vezetékek a rétegek között is

Nyomtatott áramkörök gyártására speciálisan szakosodott cégek vannak, emiatt a házilagos jellegű NYÁK-készítés háttérbeszorult. Jellemzően megbízható, kiváló minőségű NYÁK-lapokat lehet gyártatni néhány napos határidővel, 30-100 Ft-os négyzetcentiméterenkénti áron.

### 1.2.2. Furat- és felületszerelt alkatrészek

Az előző fejezetekben említésre került, hogy két típusa van az áramköri alkatrészek fizikai kivitelezésének. Egyik a klasszikus megoldás, ahol van két vagy három kivezetés, és mint drótot bele kell dugni a NYÁK-lap megfelelő furatába, a túloldalon pedig leforrasztani. Ezt „furatszerelt” (through-hole) alkatrésznek nevezik, és a 1.4 ábra bal oldala szemlélteti.

Modern rendszerekben (elég egy számítógép alaplapjára pillantani) egy olyan technológia lett uralkodó, amivel drasztikusan lehet csökkenteni az alkatrészek helyigényét: ez a felületszerelt (surface mount, SMD) elrendezés. A 1.4 ábra jobb oldala mutatja a megoldás lényegét. Az alkatrész egy kis méretű téglalapot (egy tipikus méret a 0,5 x 1,5 x 2 mm), aminek távolabbi lapjai fémezették. Ezt az áramköri lapra helyezik, és mindkét oldalát leforrasztják, az áramköri lapon megfelelően kialakított felületre. Ezt vázlatosan a 1.4 ábra jobb oldala mutatja.

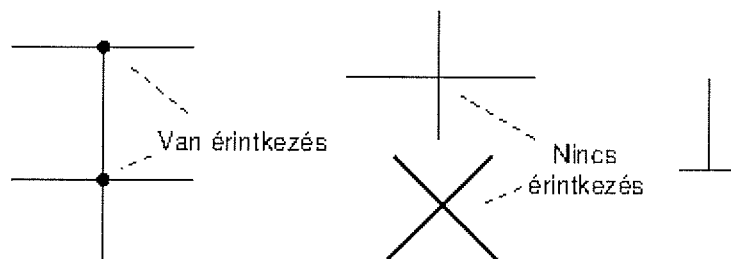


1.1. ábra. Egy feszültségstabilizátor áramkör kapcsolási rajza. A bal- illetve jobb oldali elsőre különbözőnek tűnő rajzok ekvivalensek egymással

meg. Az áramkört ténylegesen is használják ilyen formában, az  $U_{T+}$  pozitív tápfeszültség értékétől (ami akár időben változhat is) teljesen független a kimenő feszültség. A tranzisztor szerepe annyi, hogy a kimenet árama így jelentősen nagyobb lehet mint a műveleti erősítő kimenő árama.

Az áramköri kapcsolási rajzokban a vezetékeket (ténylegesen zérusnak tekinthető ellenállású kapcsolatot) folytonos vonallal jelöljük. Egyetlen vezeték mentén minden alkatrész csatlakozó pontjának feszültsége ugyanaz.

Ha egy vezeték elágazik, akkor egy határozott fekete ponttal jelöljük a kapcsolatot. Hasonlóan, ha négy vezeték találkozik, akkor fekete pötty van a keresztezésüknél. Ezzel szemben ha két vezeték keresztezi egymást de nem érintkeznek, akkor a fekete pont hiányzik – ez utóbbira figyelni kell, mert a modern áramköri rajzokon nincs egyéb utalás arra hogy független a két vezeték. Mindezeket a 1.2 ábra mutatja.



1.2. ábra. Vezetékek kapcsolatának jelölése (balra), illetve nem érintkező vezetékek (középen). Áramköri nullapont (földpotenciál) jelölése (jobbra).

Az áramkör ki- és bemeneteit, a tápellátást vagy bármilyen más szempontból fontos pontokat kis üres karikával szokás jelölni az áramkörön. Ezen pontok feszültsége alatt mindig a kiválasztott zérushoz képesti, akár időfüggő feszültségét értjük.

# Tartalomjegyzék

<b>1. Elektronikai kapcsolások fizikai megvalósítása</b>	<b>2</b>
1.1. Az áramkör mint gráfelméleti probléma . . . . .	2
1.1.1. Az áramköri rajz konvenciói . . . . .	2
1.1.2. Földpont: az áramköri nulla potenciál rögzítése . . . . .	4
1.2. Nyomtatott áramkörök kialakítása . . . . .	4
1.2.1. Nyomtatott áramkörök gyártása . . . . .	4
1.2.2. Furat- és felületszerelt alkatrészek . . . . .	5
1.2.3. Nagysebességű áramkörök szempontjai . . . . .	6
1.3. Integrált félvezető eszközök felépítése . . . . .	7
1.3.1. Félvezető chip-ek gyártástechnológiája . . . . .	7
1.3.2. A számítógép központi feldolgozóegységének fejlődése . . . . .	8
1.4. Elektronikai jelek mérése: az oszcilloszkóp . . . . .	9