

IV. Elektronikus áramkörök 3D tervezése

A mérés célja: A számítógéppel segített 3D áramköri- és geometriai tervezés alapjainak megismerése. A labor során a hallgatók nagy vonalakban áttekintik az elektronikai termékek tervezési folyamatának főbb lépéseit kiindulva az áramköri huzalozás-tervezéstől, az elektronika burkolatának megtervezéséig bezárólag.

A mérési feladat: Elektronikus áramkör 3D modelljének elkészítése (3D alkatrészmodellek alkalmazásával, a gyárthatóságra és szerelhetőségre tervezés szabályait figyelembe véve) a III – CAD-PCB laboron elkészített huzalozástervből kiindulva. Egy egyszerű burkolat geometriai tervezése a III-as laboron tervezett áramkörhöz.

A mérés elvégzésével megszerezhető képességek: a hallgatók nagy vonalakban megismerkedhetnek 3D geometriai tervezőrendszerekkel, például láthatnak egy elektronikai termék tervezésének menetére, annak érdekében, hogy a későbbi munkájuk során hatékonyabban tudjanak kommunikálni, együttműködni terméktervezőkkel, gépészeti tervezőkkel az elektronikai termékek fejlesztése során.

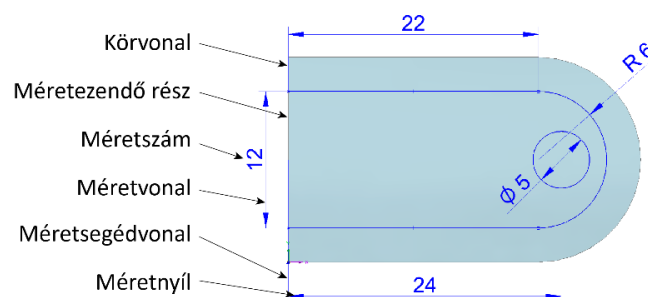
A mérés során felmerülő fogalmak rövid meghatározása

Geometriai modellezés

Általános értelemben a modellezés során matematikailag írjuk le a virtuális valóságot. A számítógépes geometriai modell az objektum alakját, méreteit képezi le. Napjainkban a geometriai modell alatt egyre inkább háromdimenziós modellt értünk, melyek lehetnek huzalváz-, felület- vagy testmodellek. A testmodellek számos fizikai jellemzővel rendelkeznek, mint például tömeg vagy térfogat, míg a felületmodellek csak a tárgy alakját mutatják meg. A testmodellek összeállítása után lehetőség nyílik ütközésvizsgálatra, túrések elemzésére, vagy akár egy mechanizmus kinematikai és dinamikai vizsgálatának elvégzésére is.

Műszaki rajz

A műszaki ábrázolás szabályai (a laboron a szabályokat csak nagy vonalakban követjük; **vázlatgeometriákat** – 1. ábra. – készítünk csak) szerint készített olyan szabadkézzel, rajzfelszereléssel vagy számítógéppel készített rajzok, amelyek akár az adott tárgy, alkatrész, termék gyártási dokumentációi is lehetnek. A műszaki rajznak tartalmaznia kell a tárgy alakjának, formájának megmutatására szolgáló ábrát vagy ábrákat és a gyártáshoz szükséges méreteket. Továbbá a laboron nem alkalmazzuk, de a műszaki rajznak tartalmaznia kell(ene) az alak- és a méretek megengedett eltéréseit, túréseket, a felületek minőségi követelményeire utaló előírásokat, jelöléseket.

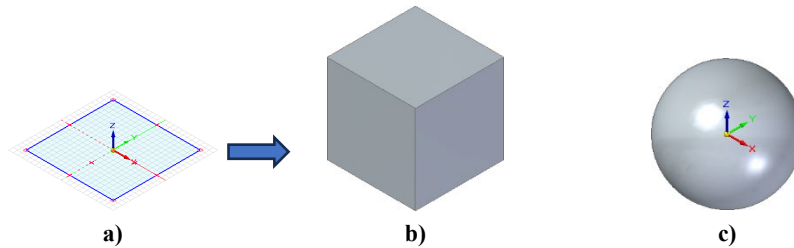


1. ábra. Vázlatgeometria méretezéssel; a méretszámok dimenziója szabvány szerint [mm].

Alkatrészmodellezés

A legtöbb 3D CAD modellező rendszerben az egyik alapvető környezet az alkatrészek geometriai modellezésére szolgál, melyekből összeállítható a modellezett rendszer. Az alkatrészmodellek létrehozása történhet geometriai primitívek (henger, hasáb, kúp, gömb, tórusz) egyesítésével, kivonásával, közösítésével és a testek, vagy testrészek manipulálásával, de komplexebb alakzatok esetén ez meglehetősen nehézkessé válhat. A manapság elérhető modellező rendszerek

többségében **építőelemek** (2. ábra) segítségével hozzuk létre a végső alkatrész geometriáját. Megkülönböztetünk vázolt és direkt, vagy másnéven elhelyezett építőelemeket. A vázolt építőelemeket minden esetben egy vagy több kétdimenziós vázlatból származtatjuk pl. a vázlatgeometria kihúzásával (*extrude*), kivágásával (*cutout*) vagy forgatásával (*revolve*).



2. ábra. Különböző építőelemek: a) 20x20 mm-es vázlatgeometria kocka létrehozásához; b) 20 mm magasságú kocka a vázlat kihúzásával létrehozva; c) direkt (elhelyezett) 20 mm átmérőjű gömb

Modellezési módszerek

Háromdimenziós testek modellezését végezhetjük direkt vagy parametrikus, modelltörténeten alapuló módszerrel, valamint a két módszer előnyeit ötvöző szinkrontechnológiával.

A **parametrikus modellezési** technológiánál az építőelemek közötti kapcsolatok, valamint a geometriát leíró méretek és paraméterek alkotják a modellt. Az építőelemek egymásra épülését a modelltörténet-fában követhetjük nyomon. Az építőelemek jelentős része vázlatokkal hozható létre, az ezekben megtalálható méreteket bármikor megváltoztathatjuk azon határok között, ahol az azokat felépítő elemek el nem vesztik a tulajdonságaikat (pl. vonal nem lehet nulla hosszúságú). A méret megváltoztatása egyben a ráépülő további építőelem automatikus módosulását is jelenti (komplex modell esetén az újraszámítás időigényes lehet). Ezt a törvényszerűséget hívjuk szülő-gyermek kapcsolatnak. A parametrikus modellezés előnyös pl. terméksaládok készítése során, amikor is meglévő alapmodellből kiindulva kisebb változásokkal előállíthatóak az újabb termékek, akár automatizáltan. Konceptcionális tervezési fázisban viszont túlságosan időigényessé és bonyolulttá teheti az ötletelés szintű tervezést, amely fázisban konkrét méretek legtöbbször még rendelkezésre sem állnak.

A **direkt vagy közvetlen** (nem parametrikus) tervezési módszer során közvetlenül a geometriát hozzuk létre, így nem létezik a modelltörténet-fa és a paraméterek sem; a modell módosítása az alkotó geometriai elemek manipulálásával lehetséges. A direkt tervezéshez ún. explicit modellező rendszerek jöttek létre, melyek a műszaki területeken csak korlátozott mértékben terjedtek el, inkább organikus modellek létrehozására alkalmazzák (pl. <https://youtu.be/B4jFTnXj9VA?si=dE-FNLi1TfytKHP>). A direkt tervezési technológiánál a modell határozza meg a méretszámot (nem a méretszám a modellt). A modell rugalmas, módosításkor nincs újraszámítás, ezért a file-méret 30–50%-kal kisebb lehet. A direkt módszer hátránya, hogy a módosításkor a paraméterek használata korlátozott, valamint a tervezési folyamat egyes lépései nehezen automatizálhatók.

A felsorolt okokból adódik, hogy igény van olyan rendszerre, amely képes egyesíteni a parametrikus és direkt módszer előnyeit önmagában, ez pedig nem más, mint a **szinkronmodellezési** technológia. Ez a modellezés parametrikus, alakelem-alapú modellezést tesz lehetővé a modelltörténet kötöttsége nélkül. Itt közvetlenül a modellel dolgozunk, a vázlat nem vezeti a modellt, így módosításkor nincs újraszámítás. Bizonyos esetekben a tervezési idő hosszát is lerövidíti, mivel nem kell a modellek javításával és újraépítésével foglalkozni, mivel nincs szülő-gyermek kapcsolat sem.

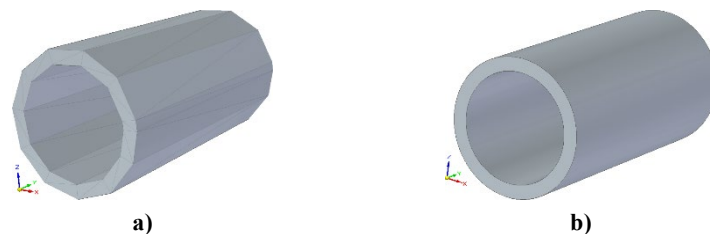
Modellek ábrázolási-, leírási módjai

A **poligonmodellek** az alakzatokat háromszögek vagy négyszögek halmazával írja le (3. a) ábra). A geometria leírása a sokszögek csúspontjaival, mint elemi pontok (*vertex*) és a sokszögek által bezárt felületfoltok normálisával valósul meg. A gépészeti tervezésben ezek a modellek leggyakrabban a 3D szkennelés eredményeként jönnek létre, valamint az STL file-formátumra (l. később) történő

konverzióként, például, amikor a modellünket 3D nyomtatóval ki szeretnénk nyomtatni. Még azzal együtt is, hogy a poligonok síkbeli alakzatok, így sok poligon felhasználásával is csak megközelíteni tudjuk a görbe felületek ívét.

A **NURBS-modellezés** esetén (Non-Uniform Rational B-Spline Surfaces): az alakzatok felületeit súlyozott vezérlőpontokkal befolyásolt függvények görbéi definiálják (3. b) ábra). A görbék követik, de nem feltétlenül érintik a vezérlőpontokat; a közöttük lévő távolságot a vezérlőpont súlyozása határozza meg. A NURB-felületek nemcsak közelítik az alakzatok görbe felületeit (mint a poligonmodell), hanem teljesen rá is simulhatnak, így különösen alkalmasak organikus modellek készítésére. Ezzel a módszerrel elsősorban a járműiparban (pl. karosszéria elemek), repülőgépiparban (pl. szárnyprofil), energetikai iparban (pl. turbina, szivattyú járólapát) találkozhatunk.

A **primitívmodellezés** geometriai primitíveket vesz alapnak, mint például gömbök, hengerek, kúpok vagy síkok, és ezekből épít fel komplexebb alakzatokat. Előnye, hogy gyors, könnyű használni, a leíró nyelve egyszerű, és a méretek abszolút pontosak, mivel a formák matematikailag definiáltak. Ez a módszer inkább műszaki jellegű problémákra alkalmazható, és kevésbé organikus dolgok modellezésére. A műszaki modellezésben a primitívmodellezés terjedt el, pontosan a nagyfokú méretpontosság miatt. A primitívmodellezésnek több fajtája van, direkt (nem parametrikus), parametrikus és szinkronmodellezés, ahogy fentebb láthattuk.



3. ábra. Geometriai modellek különböző leírásai: a) cső leírása poligonmodellel (keves poligonnal a hangsúlyosabb különbség megmutatásához); b) cső leírása primitívmodellezéssel

3D file-formátumok

A geometriai modellezésénél a 3D-s file-formátumok biztosítják az átjárást az egyes tervezőeszközök (pl. PADS Layout és Solid Edge) vagy a különböző eszközök (pl. 3D scanner, számítógép, 3D nyomtató) között. A két legelterjedtebb formátum az STL (Standard Tessellation Language) és a STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data – ISO 10303), de újabban továbbfejlesztett formátumok is terjednek, mint pl. az AMF (Additive Manufacturing File Format) vagy a 3MF (3D Manufacturing Format). Az újabb file-formátumokat azonban jóval kevesebb 3D CAD tervezőrendszer támogatja.

STL: Az egyik legrégebbi 3D-s file-formátum, amely legnagyobb felhasználási területének a 3D nyomtatás tekinthető manapság. Segíti a gyors prototípuskészítést és a legtöbb CAD szoftver is támogatja. A modelleket háromszögekből építi fel (poligonmodellezés) és a műszaki adatok közül csak a modell geometriájáról képes információt tárolni. ASCII és bináris file-formátum is jellemezheti. Amennyiben mégis szükséges a textúra, szín vagy anyagi adat átvitele a 3D nyomtatás valamely területén, akkor általában a hasonló tulajdonságokkal rendelkező AMF vagy 3MF file-formátumokat használják.

STEP/STP: a STEP formátum NURBS-modellezéssel írja le 3D geometriákat, ezáltal nagyfokú pontosságot biztosít, különösen az STL file-okkal összehasonlítva. A STEP file tárolja a 3D-modell teljes struktúráját, összes alkatrészét, és lehetővé teszi a file későbbi szerkesztését – akár más programokban is. A STEP formátum sem tárol anyagi- és textúra-adatokat, és nem tartalmaz sem megvilágítási, sem kamerainformációkat. Ennek oka ismét az, hogy amikor a STEP file-formátumot az 1990-es évek közepén megtervezték, a CAD-szoftverek kizárólag a tervezett objektumok alakjának ábrázolására és átvitelére összpontosítottak. További hátránya, hogy a formátum tárolási hatékonysága alacsony (nagy file-méret).

A mérés menete

A laboron több alfeladatot fogunk elvégezni a PADS Layout, PADS 3D és a Solid Edge (3D geometriai szinkronmodellező) környezeteket használva. Az előző laboron elkészített huzalozástervre 3D alkatrészmodelleket helyezünk fel, beállítjuk az áramkör fizikai paramétereit egy adott gyártási környezetet szimulálva, megtervezzük az elektronika burkolatának alkatrészeit, és összeállítjuk a szerelvényt a megtervezett alkatrészekből. A laboron elvégzendő feladatokról egy gyorsított (kb. 4 perc hosszú) videó megtekinthető a <https://youtu.be/rHnuKyFsels> linken.

Előkészületek

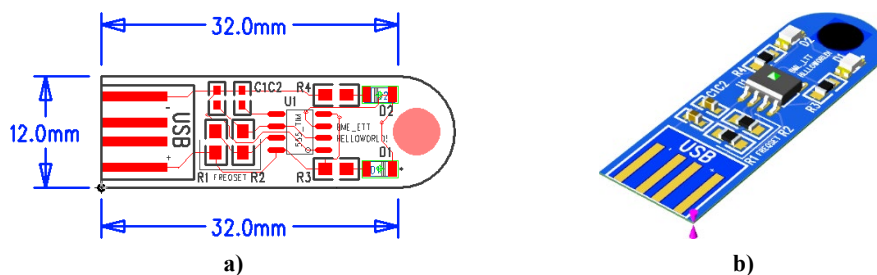
A laboron első lépésként hozzuk létre a számítógépen a saját munkakönyvtárunkat: **D:\Users\ET_VIETAB01\04_3D\NEPTUNKÓD**

Ebbe a könyvtárba másoljuk át a kiindulási file-okat tartalmazó, **Layout, Models, Solid** könyvtárakat. A **Layout** könyvtárban található, **Villogo_.pcb** file nevébe írjuk be a neptun kódunkat:

Villogo_NEPTUNKÓD.pcb

1. 3D alkatrészmodellek elhelyezése az áramkörre

A labor első feladata háromdimenziós alkatrészmodellek elhelyezése az előző (III-CAD-PCB) laboron elkészített huzalozástervre. A feladathoz a PADS Layout és a PADS3D környezeteket használjuk (4. ábra). A PADS_3D környezetet a PADS Layout környezet **View->PADS 3D** menüpontjából vagy a „3”-as gyorsbillentyűvel érjük el.

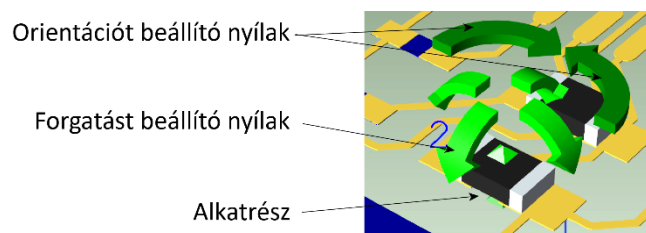


4. ábra. Az első feladat környezetei: a) PADS Layout – huzalozásterv;
b) PADS 3D – az áramkör geometriai modellje (már felhelyezett alkatrészekkel)

A laborvezető segítségével importáljuk be egyesével az alkatrészek 3D modelljeit a PADS_3D környezetben (alkatrészhely kijelölése után **Import Part Model...** funkció). Az alkatrészek STEP modelljei a ...**NEPTUNKÓD\Models** könyvtárban találhatók:

0603-as méretkódú kondenzátor (**C_0603.stp**), 3216 méretkódú LED (**LED_3216.stp**), NE555 IC (**NE555D.stp**), 0805 méretkódú ellenállás (**R_0805.stp**).

Figyeljünk az alkatrészek megfelelő orientációjára (pl. NE555D) és forgatására (pl. LED). Az alkatrészek helyzete, orientációja az importálás után közvetlenül beállítható (5. ábra).



5. ábra. Alkatrész orientációjának és forgatásának beállítása az importálás után közvetlenül

Tipp: amennyiben egy alkatrész importálást hibás pozícióban, orientációban véglegesítettük, könnyebb az alkatrészt inkább újra beimportálni.

2. Gyárthatóságra- és szerelhetőségre tervezés

A labor második feladatában a következő gyártási környezetet szimuláljuk; az áramkör fizikai paramétereit a következő információk szerint módosítjuk.

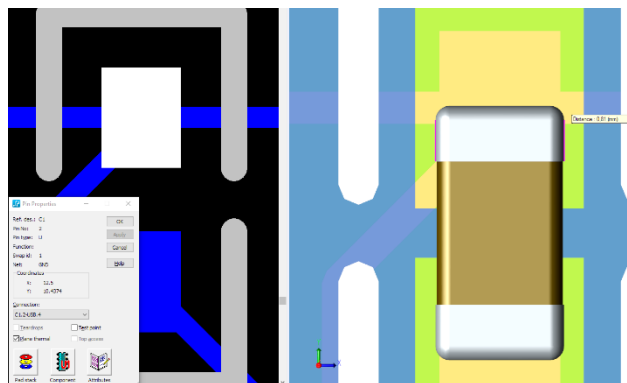
A) A lemez gyártója azt az információt adta, hogy az áramköri hordozó 2 mm vastag, és a forrasztásgátló maszk ablakméretét 300 μm -rel kell megnövelni a forrasztási felületekhez képest, a maszk-illesztési toleranciák figyelembevételéhez.

B) A lemez szerelését végző vállalat azt kérte, hogy a diszkrét alkatrészekenél a forrasztási felületeket 100 μm -rel nagyobbra kell venni, mint az alkatrész szélessége, annak érdekében, hogy kiküszöböljük a beültető-automata pozícióhibájából származó forrasztási hibákat.

Az A) feladat megoldásához a hordozó vastagságát a Setup->Layer definition...->Thickness... menüpontban tudjuk állítani, ahol a *Substrate* vastagságát állítsuk 2 mm-re. Figyeljük meg, hogy a rézrajzat vastagsága a felső és az alsó oldalon is 35 μm (0.03429 mm), ami az egyik gyártási standard. A forrasztásgátló maszk ablakának növelését pedig a következő pontnál tehetjük meg:

File->CAM..., duplán kattintsunk a *Solder Mask Top*-ra, majd *Options*, és *Over(Under)size Pads by*-nál írjuk át a 0.254-et 0.3-ra. Opcionálisan ki lehet próbálni, hogy ha pl. 1 mm-re állítjuk, az hogyan jelenik meg a 3D nézetben.

B) A mérésvezető segítségével mérjük le a diszkrét alkatrész (R, C, LED) szélességeit a PADS 3D-ben (6. ábra). A Pads Layout-ban pedig állítsuk be a pad méreteket a *Setup->Pad Stacks...* menüpont alatt az egyes alkatrészeket kiválasztva, vagy a pad-et kijelölve *Alt+Enter->Pad Stack*.

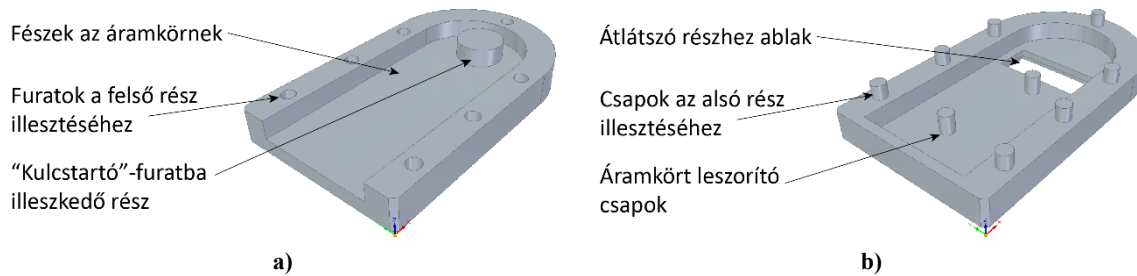


6. ábra. Alkatrész-szélességek lemérése (pl. C – 0,81 mm), és a padméretek beállítása

Az alkatrész pad méreteinek beállítása után exportáljuk (*Export...* ikon) ki az áramkör 3D geometriáját a PADS 3D-ben a következő beállításokkal. *Type: STEP*; *Save in: D:\Users\ET_VIETAB01\04_3D\NEPTUNKÓD\Solid*; pipáljuk be következő opciókat: *Component Pads*, *Holes*, *Metal: Top & Bottom*, *Silkscreen*, *Soldermask*, és az utóbbi kettőre vonatkozó *Export as sheets* opciót.

3. Az elektronika burkolatának megtervezése

Az elektronika burkolatát a Solid Edge, azon belül is a *Parts* környezetben tervezzük meg. A burkolat három részből áll, egy alsó részből (7. a) ábra), egy felső részből (7. b) ábra), és egy átlátszó (pl. plexi) téglalapról, ami a LED-ek fölött helyezkedik el a burkolaton. A Solid Edge elindítása után hozzunk létre egy új file-t a *New->ISO Metric Part* opcióval. Ezután a segédletek könyvtárban (*D:\Users\ET_VIETAB01\04_3D\Segédletek*) található, méretezett vázlatrajzok és a mérésvezető útmutatásai alapján tervezzük meg a burkolat alkatrészeit. A burkolat egyes alkatrészeit a következő file-nevekkel mentjük el a *...\NEPTUNKÓD\Solid* könyvtárba (folyamatosan mentünk a tervezés közben is): alsó rész: **Bottom_part_NEPTUNKÓD.par**; felső rész: **Top_part_NEPTUNKÓD.par**; átlátszó rész: **Plexi_NEPTUNKÓD.par**.

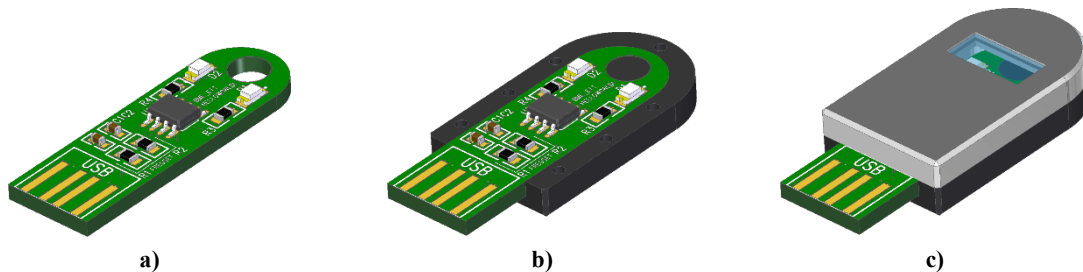


7. ábra. Az elektronika burkolatának alkatrészei: a) az alsó rész az áramkör tartására; b) a felső rész aljával felfelé (180°-kal megfordítva)

4. A megtervezett alkatrészek és az elektronikus áramkör összeállítása

A laboron elvégzendő utolsó feladat pedig a szerelvény összeállítása a különböző alkatrészekből a következő, V – CAD-SIM laboron elvégzendő vizsgálatokhoz. Az összeállítást a Solid Edge Assembly környezetében végezzük el.

Első lépésként a PADS 3D-ből kiexportált rézrajzolat (**Villogo_NEPTUNKÓD_CopperTop.step**), forrasztásgátló maszk ablakrajzolat (**Villogo_NEPTUNKÓD_Soldermask.step**) és szitarajz (**Villogo_NEPTUNKÓD_Silkscreen.step**) STEP file-jait alakítsuk át Solid Edge alkatrészekké (.par kiterjesztésű file-okká), a file-okat külön-külön megnyitva és a *Save as* paranccsal elmentve. Következőnek nyissuk meg a **Villogo_NEPTUNKÓD.step** file-t (ez a hordozót és az elektronikus alkatrészeket tartalmazza) az *iso metric assembly* (izometrikus szerelvény) opció kiválasztásával. Ebbe a file-ba töltjük be az áramkörhöz tartozó Solid Edge alkatrészeket (.par kiterjesztésű rézrajzolat, forrasztásgátló maszk és szitarajz file-ok), és állítsuk össze először az áramkört a részekből (8. a) ábra). Mentsük el a file-t **Villogo_NEPTUNKÓD_PCB.asm** néven. Majd pedig töltjük be a burkolat alkatrészeit is (felső rész, alsó rész, átlátszó rész), állítsuk össze a teljes szerelvényt (8. b) és c) ábra), és mentsük el más néven a file-t: **Villogo_NEPTUNKÓD_PCB_casing.asm**.



8. ábra. Összeállított szerelvénnyek: a) az NE555 alapú áramkör; b) áramkör a burkolat alsó részébe helyezve; c) az összeállított, végleges szerelvény

Ellenőrző kérdések

1. Mi az a műszaki rajz? Sorolja fel, hogy milyen információkat kell tartalmaznia!
2. Hasonlítsa össze a parametrikus és a direkt (közvetlen) geometria-tervezési módszereket, sorolja fel azok előnyeit, hátrányait!
3. Ismertesse a szinkronmodellezési technológiát, és annak előnyeit, hátrányait!
4. Ismertesse a geometriai alakzatok poligonmodellezési leírását/ábrázolását!
5. Ismertesse a geometriai alakzatok primitívmodellezési leírását/ábrázolását!
6. Ismertessen 3D file-formátumokat, és adja meg azok előnyeit, hátrányait!