

Cím: **FOLYADÉKSTABILIZÁLT SZÁMÍTÓGÉPES HŰTŐRENDSZER**

Szerző: **Fekete Albert Zsombor**

Oktatási Intézmény: **Marosvásárhelyi Bolyai Farkas Elméleti Líceum**

Témavezető: **Máthé Márta**

Folyadékstabilizált hűtőrendszer

Folyadékstabilizált hűtőrendszer

Tartalom

1. Rövid betekintés a hűtőrendszerekbe.....	3.oldal
2. A működési elv és a kísérlet.....	3.oldal
3. A készülék felépítése.....	3.oldal
<i>a). Elektronika.....</i>	<i>4.oldal</i>
<i>b). Folyadékűtés.....</i>	<i>7.oldal</i>
4. Mérések, eredmények.....	8.oldal

1. Rövid betekintés a hűtőrendszerekbe

Immár két és fél éve foglalkozom a számítógépes hűtőrendszerekkel. Matematika-informatika osztályban tanulok, hobbym az elektrotechnika, és nagyon sok időt töltök a személyi számítógépem előtt. Nagyon fontos számomra, hogy kifogástalanul működjön. Ennek az egyik feltétele az, hogy a gépház belsejében „uralkodó” hőmérséklet megfelelő legyen. Bár a számítógép felépítésében résztvevő egyes alkatrészek rendelkeznek gyári hűtővel, nem tudnak megfelelően működni, mert a nagy hőmérséklet jóval meghaladja a normál hőmérsékletet. Kutatásaim célja, minél tökéletesebb hűtőegységet létrehozni, mely képes „karbantartani” a számítógépet.

Az idén sok problémát észleltem a merevlemezek felől. Mivel a technika fejlődik, a tárolókapacitásuk már óriási, viszont méretük változatlan. Ebből kifolyólag, jóval nagyobb hőmérsékletet érhetnek el. Az interneten, számítástechnikai folyóiratokban olvastam ezekről a problémákról, s úgy döntöttem, hogy megtervezek és megépítek egy önálló hűtőrendszert, mely képes felvállalni a teljes PC hűtését, és külön szakosodik a merevlemezek hűtésére.

Napjainkban használatos merevlemezek már elérhetik az 500Gb tárolóhelyet is. Minden merevlemez számára az optimális hőmérséklet az 50°C . Mivel a víznek a *fajhője** nagyon nagy 4185 J/kg K , ideális a hűtésre (ezért használják a járművek motorhűtésére is).

2. A működési elv és a kísérlet

Mikor azon gondolkodtam, hogyan tudnám felhasználni a folyadékűtést, eszembe jutott egy termodinamikai jelenség. Különböző kísérleteket végeztem el, és sikerült a jelenséget magam is végrehajtanom: ha a folyadékrendszer zárt, és állandó keringéssel körmozgásban van a folyadék, akkor az a közeg, amiben éppen található, nem melegedik fel. A kísérlet során a folyadékot egy rézcsövön vezettem végig, melyet nyílt lánggal melegítettem (gyertya lángjával). 5 perces melegítés után eltávolítottam a hőforrást, és megmértem a rézcső hőmérsékletét. Óriási hőmérsékletkülönbséget észleltem, hiszen a rézcső még meg sem haladta a szobahőmérsékletet, azaz a 25°C -ot. A továbbiakban kiürítettem a csövet, és úgy melegítettem. Pár perc elteltével már jól lehetett szemmel észlelni a cső felmelegedését, hiszen változtatta színét. Ebből azt a következtetést vontam le, hogy mivel nem szükséges a folyadék külön hűtése, mint a gyári készülékben, hanem elegendő ha a rendszer zárt, és a folyadék állandó körforgásban van, ideális számomra ez a hűtési módszer. Ezt az elvet felhasználva terveztem és valósítottam meg a rendszert.

3. A készülék felépítése

Felépítés szempontjából a rendszer két nagy részre tagolódik: a). Elektronika és b). Folyadékűtés.

* *Fajhő* – számértékben egyenlő azzal a hőmennyiséggel, amely az adott anyag egységnyi tömegének a hőmérsékletét egy fokkal változtatja meg.

a). Elektronika

A helyes működési elv kiválasztása után egy olyan elektronikát szerettem volna kifejleszteni, mely képes vezérelni, szabályozni, érzékelni és kimutatni bizonyos változásokat. Az elektronika maga is több alkotóláncszemre bomlik. (1. ábra) Az elektronika teljes mértékben sajátos. Két hónapos tervezés után sikerült elérnem a kitűzött teljesítményt.

A kettes számú hőmérsékletérzékelő (2. ábra) áramkörének lelke a National Semiconductor cég által gyártott LM317-es IC[†]. Ez egy pozitív feszültség stabilizátor. Labortápokban, és egyéb hobby tápegységekben használják. Rövidzárvédett is. Két kitűnő sajátossága miatt ideális számomra ez az IC: nagy áramot képes stabilizálni (1.5A-t); és *lineárisan szabályozható*[‡]. A lineáris szabályozást figyelembe véve, az *adj*[§] lábat definiálom egy ellenállással és egy változtatható kapacitású ellenállással (potenciométer). A potenciométer szerepe: a legkisebb hőmérsékletnek megfelelő ventilátorfordulatszám beállítása. Szükséges egy alapfordulat, mert ha a legkisebb hőmérsékletnél megállítjuk a ventilátort, akkor nehezen tud újra működésbe jönni egy kicsi változás hatására, viszont ha már működik, bármennyire lassan is, nagyon könnyen tud alkalmazkodni a változásokhoz. A tulajdonképpeni szabályozást a szobahőn 1.5Kohm ellenállású termisztor végzi. A hőmérséklet változásától függően csökkenti, illetve növeli értékét. Ennek köszönhetően lineáris szabályozásra képes. Az érzékenységet növeltem azzal, hogy az ellenállás nem a bemeneti 12V-os tápfeszültségtől nyeri az áramot, hanem a kimeneti feszültségre van rákötve, ezért minél nagyobb a kimeneti feszültség, annál pontosabban alkalmazkodik a ventilátor.

Az egyes számú hőmérsékletérzékelő is fontos szerepet tölt be: a gépház bármely pontjára vagy bármilyen melegező alkatrészre (CPU) felillesztett érzékelő révén képes mérni a hőmérsékletet. Az előző láncszemben bemutatott elektronikai rajzzal rendelkezik. (3. ábra)

Úgy véltem, hogy igen fontos a központi egység gépházának a levegőztetése is. Ezért egy szokványos manuális ventilátorszabályozót is beépítettem a készülékbe. (4. ábra) Az áramkör központjában újra egy LM317t feszültség stabilizátor áll. Ezuttal a termisztort egy 1Kohm-os ellenállás helyettesít, az álló változtatható kapacitású ellenállás szerepét pedig egy szokványos potenciométer helyettesít. Ez az alkatrész az előlapon van elhelyezve. A tulajdonképpeni szabályozást érhetjük el vele. A rajz bal oldalán van elhelyezve az áramkört működésbe hozó digitális kapcsoló. Azért esett a választás egy digitális kapcsolóra, mert nem rendelkezik a szokványos kapcsolók idegesítő kattanásaival, illetve a beindítás pillanatában fokozatosan emeli a kimeneti feszültséget. Ennek előnye, hogy az LM317t IC nem egyből terhelődik meg. Persze ez a fokozatosság 1 másodperc alatt történik. Az N1 nyomógommbal hozható működésbe a manuális vezérlés, és az N2-el pedig megállítható a ventilátor munkája. Tulajdonképpen ez egy tranzisztoros bistabil multivibrátor. Nyugalmi állapotában gyakorlatilag nem vesz fel áramot. Működésében egy

[†] IC – integrált áramkör

[‡] Lineáris szabályozás – a feszültség egyenletes növekedésével, illetve csökkenésével lehet elérni az értékváltozást.

[§] Adj – koordináta megfeleltető láb

Darlington^{**} pár van, ami másodpercenként 100-szor vált polaritást, és négyszögjelt generál. Ez a polaritásváltás elhanyagolható, hiszen kétszerese a szokványos polaritásváltozásnak. Ennek köszönhetően látszólag folytonos feszültség távozik. Megfigyelhető, hogy az elektronikarészlet a biztonsági egységgel is össze van csatolva. Ennek lényeg, hogy esetleges rövidzárlat, vagy túlterhelés esetén a rendszer megáll. Itt újra a digitális kapcsoló nagy szerepet játszik, hiszen ő tudja kikapcsolni a manuális meghajtót. A biztonsági rendszer továbbá hang- és fényeffektek segítségével jelzi a felhasználónak a hibát. A C kivezetés egyenesen a ventilátorra van ráillesztve, és az egyes számú hőmérsékletérzékelő D kivezetései újra egy digitális kapcsolóra vannak ráillesztve. Túl zsúfoltnak találtam azt a megoldást, hogy két kijelzőt tervezek, sőt nincs is olyan nagy jelentősége mindkettő nyomomonkövetésének. Ezért csak egy kijelzőt használok, és ennek a bemenetét a kapcsolóval választhatjuk ki. A digitális kapcsoló nagyrésztben megegyezik a manuális egységbe beépített kapcsolóval. Egyetlen különbséget észlelhetünk: az LM317t IC és a hozzá tartozó elektronikai alkatrészek helyet egy mágneskapcsoló (relé) vesz részt. Nyugalmi állapotában a hőmérsékletérzékelő áramkört kapcsolja a skálára, míg működése közben a manuális részláncot. A hőmérsékletérzékelő esetében a hőmérsékletet képes kimutatni, míg a manuális áramkör esetén a ventilátor fordulatszámát.

Az 5. ábrán látható a digitális kijelző elektronikai rajza. Ennek az áramkörnek a lelke az LM3914-es IC. Az IC, egy nagyon jól megalkotott kis áramkört tartalmaz. A 9-es lába a Mode láb, arra szolgál, hogy ki lehessen választani a kijelzés módját: bar (vonal) vagy pont. Azaz az adott szinten egy led világítson, vagy addig a szintig az összes. Az IC közvetlenül csatlakozik a 12V-ra, ellenállások nélkül, mivel belső szabályzó áramkört is tartalmaz. Itt ki kellett számítanom az 5.6Kohm-os ellenállás pontos értékét, hiszen ez definiálja az egész áramkör működését. Az IN bejöveten kapja a digitális kapcsolótól a megfelelő jelerősséget, melyet 8 db LED^{††} segítségével juttat kifejezésre. Ötletesebbnek találtam a pontszerű ábrázolást, ezért a mintakészülékben a 9-es láb nincs csatlakoztatva a 12V-os tápfeszültséghez. A ledek gondosan választottam ki: az első kettő piros színű led (túl hideg, vagy kicsi fordulat), a harmadik citromsárga (hideg, vagy jó fordulatszám), a negyedik és ötödik zöld (optimális), a hatodik narancssárga (már meghaladta az optimálisat), és az utolsó két led újra piros (túl nagy hőmérséklet, vagy túl nagy fordulatszám). A ledek is az előpanelen vesznek részt vízszintes sorban, mellettük pedig a digitális kapcsoló nyomógombjai.

A második számú hőmérsékletérzékelő jól látható az ágrajzon, hogy rá van kapcsolva az adatfeldolgozó egységre. (6. ábra) Ennek szerepe, hogy elemzi egy feszültségmérő segítségével a hőmérőtől kapott feszültséget, s ennek megfelelően egy fordulatszámot. A ventilátor fordulatszámának a beállítása nagyon fontos, hiszen ez rá van illesztve a merevlemez hűtőradiátorára, s tulajdonképpen ennek köszönhető a szabályozható hűtőhatás. Továbbá kapcsolatban van a piros úton a biztonsági egységgel. Itt ha a bejövő feszültség eléri a 9V-ot, azaz a hőmérséklet az 55C⁰-ot, akkor a biztonsági rész nem veszi figyelembe az adatfeldolgozó rész által beállított fordulatszámot, és ráengedi a hűtőventilátorra a teljes tápfeszültséget, azaz a 12V-ot. Ezzel egy gyors hőmérsékletnövekedés-megakadályozást lehet elérni.

^{**} *Darlington pár* – egy NPN (BC171) és egy PNP (BD140) tranzisztorból áll.

^{††} *LED* – fényt kibocsátó dioda (light emitting diod)

Az adatfeldolgozó rész egy feszültségmérőből áll. Három részre osztható. Az első rész egészen 5V-ig üzemel, közben világít a kék led, jelezvén, hogy még hideg a merevlemez. 5V-tól egészen 9V-ig működésben van a középső egység, mely során ég a zöld led, érzékeltetvén az optimális hőmérsékletet. Abban az esetben, ha a feszültség meghaladja a 9V-ot, akkor a feldolgozó egység automatikusan nem veszi figyelembe a hőmérő által beállított fordulatot, és a teljes tápfeszültséget ráengedi a merevlemez hűtőventillátorára. Ezt a műveletet a harmadik részecske végzi, és nevezhetjük a TURBO-nak is. Ezzel egyidőben jelez a biztonsági résznek, ami működésbe jön. Az elektronikáját tekintve, a legfontosabb szerepet a zenner diodák játszdják. Értékeikkel volt lehetőségem beállítani a megfelelő működést. Itt a tranzisztorok (BC171 és BC178) kapuszerepet játszanak, mit a zenner diodák határoznak meg. Az IN bejövételre van kapcsolva a kettes számú hőmérsékletérzékelő. Az S kivezetésen a TURBO módban megszakad a kimeneti tápfeszültség, s ezáltal megszakad a digitális kijelző működése. Lényege, hogy ne legyenek fölösleges fogyasztók a nagy melegedés pillanatában. Ez energiatakarékosságra vall.

A biztonsági rész a 7. ábrán látható. Két fontosabb részre tagolódik: egy időzítő és egy csipogó. Valamilyen problémás helyzet kialakulásakor (pl. a TURBO mód működése) a 7805-os feszültségstabilizátor áramot kap. Belőle a bemeneti 12V-os feszültség 5V-ként távozik, hiszen az időzítő és a csipogó erről működnek. Úgy véltem, hogy a problémás helyzetben nem szükséges a hangefekt folytonos jelenléte. Ezért egy szokványos 555-os IC-vel megépített időzítőt helyeztem be a csipogó elé. Az időzítő lehetővé teszi, hogy 7 másodpercig működjön a csipogó, és 20 másodpercig szüneteljen. Ezzel egyidőben nagy fényű és teljesítményű kristálylednek gyulladnak ki. Az előlap két szélén kapták helyet, és nagy fénnel jelzik a veszélyt. Ezek képviselik a vizuális jelzést.

Mivel a folyadékűtés igen veszélyes abban a pillanatban, mikor a rendszer folyadékot veszít, ezért kidolgoztam egy egyszerű és hatékony szintérzékelőt. (8. ábra) Központjában egy PNP tarnzisztor áll, mely a vizen keresztül majdnem teljes egészében megkapja a 3.8kohm-os ellenállás által csökkentett negative feszültséget. Lényeges a negatív feszültség használata, mert így nem áll fenn az a veszély, hogy a tartály hozzáér a gépház vázához, és rövidzárlatot okoz. A sárga színű led is az előpanelen foglal helyet. Ha fényt bocsájt ki, akkor a rendszer nem veszít folyadékot. A két érzékelő elektróna az áramkörön kívül foglal helyet.

Mivel az elektronika vezérli a teljes rendszert, ezért még egy igen fontos szerepet kapott: ki tudja kapcsolni a számítógépet, abban az esetben, ha egyik hűtendő alkatrész hőmérsékletnövekedése nem megállítható. (9. ábra) Ez azért fontos, mert meg tudja előzni a melegedő alkatrész meghibásodását. Az elektronika ezen része 74 C⁰-on jelzést ad le az alaplapnak, és kikapcsolja a számítógépet, de oly módon, hogy nem szemvedünk adatvesztést, hiszen először elmenti az adatokat.

Felépítését figyelve, három részre osztható: a) digitális kapcsoló (szerepe, hogy egy adott hőmérsékleten helyezi készenléti állapotba a rendszert – energiatakarékosságra utal) b) hőmérsékletérzékelő + kikapcsolásra szolgáló relle (a hűtendő alkatrészre elhelyezett érzékelő révén érzékel) c) fény- illetve hangeffektek generálása.

Az a) részben található piros LED a készenlét állapotát jelzi a felhasználónak. A hőmérsékletérzékelő lelke ezuttal egy 741-es integrált áramkör (operacionális műveleti erősítő), mely a 47 kohmos hőérzékelő ellenállását elemzi, felerősíti, és ha az így keletkezett ellenállás meghaladja a 100 kohmos változtatható ellenállás által beállított ellenállást, az IC a BD139-es tranzisztoron keresztül zárja a relét, és ezáltal “közli” az

alaplappal, hogy kapcsolja ki a PC-t. A relle kivezetése az alaplappal és az ATX gépház indítógombja közé jön "beékelve", ISO csatlakozók segítségével. A c) részben egy 555-ös időzítő IC található, mely generálja a jelet a fény- illetve hangeffekteket előállító résznek.

A nyomtatott áramkörök tervezése, akárcsak az elektronika papíron készült, és kézzel lettek megvalósítva.

b). Folyadékűtés

Az elektronikavezérelt folyadékűtéssel mondhatni nagy hűtőhatást értem el. (1. kép) Szerkezeti felépítésében található a 525ml térfogatú tartály, mely tartalmazza a folyadékot, a pumpa, hűtőradiátorok és az elektronika által irányított ventilátor. Ezek az alkotóelemek mind kézzel készültek, és könnyen beszerezhető anyagokból épülnek fel. Lényege a rendszernek, hogy a folyadékot állandó körforgásban tartsa, minek következtében nem tud felmelegedni, s ezáltal az a közeg sem, amiben éppen található (jelen esetben a radiátorok). Nagyon fontos a folytonos keringés és a zárt rendszer. Ha véletlenül a tartály fedele nincs megfelelően visszahelyezve, a folyadék felmelegedhet nagyon könnyen (kb. 10 perc elteltével). Mivel a folyadék fajhője nagy, meglehetősen nehézkes a visszahűtése. Ezért fontos a megfelelő kezelése. A stabilizálófolyadék egy elegy: 320ml desztillált víz és 210ml járműveknél használatos fagyálló. A desztillált víznek korrozógátló szerepe van, míg a fagyálló egy megfelelő kenést biztosít a pumpa számára.

A pumpa egy jármű ablaktisztító pompájának az átalakított változata. Tulajdonképpen eltávolítottam az eredeti motort, és helyettesítettem egy alacsony zajkibocsátású és fogyasztású 12V-os kismotorral. A motor tápfeszültsége 5V. Ennek következtében kis fordulatszámmal üzemel, és így egy megfelelő körforgást biztosít a folyadéknak. A kis fordulatszám hozzájárul a motor élettartamának növeléséhez. Az így elkészült pumpaszerkezet egy különálló műanyagdobozban kapott helyet. (2. kép) A gépházban való rögzítése M3-as csavarok által történik. A fedelén, illetve az oldalán található nyílak jelzik a folyadék menetirányát. Érdekessége a pumpaháznak, hogy rendelkezik egy belső feszültségstabilizátorral, ami képes a beáramló 12V-ot 5V-os feszültségre csökkenteni, és ennek az alkatrésznek (LM7805) a hűtését is a folyadékkal érhetjük el (belső hűtés). Az alkatrész hűtőradiátora közvetlenül a folyadékvezetékek mellett van elhelyezve, és ennek köszönhető a belső hűtési rendszer is. A folyadékszintérzékelő elektronika két érzékelővel rendelkezik. Az egyik a tartályban van elhelyezve, a másik pedig a pumpaházban található. Ennek köszönhető, hogy egyidőben ellenőrzi a folyadékszintet, és a folyadék folytonosságát, hiszen a pumpát és a tartályt összekötő gumicsövekben található folyadékoszlop zárja az áramkört. Ha ez megszakad, az elektronika azonnal jelzi. Ha a két szonda nem egymás mellett van elhelyezve, hanem viszonylag egymástól távol, nő az elektronika pontossága.

A tartály rézlemezekből készült. (3. kép) Azért esett a választás pont a rézre, mert kiváló hővezető, áramvezető, és könnyű a megmunkálása, ugyanis forrasztópálcával össze tudjuk illeszteni a különböző oldalakat. A tartály térfogata 525 ml. a tetején található a beömlőnyílás, a vízszintérzékelő egyik elektródájának az érintkezője, és a feltöltőnyílás. Oldalt van elhelyezve a kiömlőnyílás, mely közvetlenül a pumpára van rácsatolva. A tartály érdekes alakja először is a helyszűknek köszönhető. Mivel az alaplappal és a gépház alja között található minimum 5 centimeter, úgy döntöttem, hogy kihasználom ezt. Ezért egy

lapos tartályt terveztem és valósítottam meg. Megfigyelhető, hogy minden nyílás egy oldalra van felillesztve. Ennek is meg van a maga magyarázata: esetleges kiegészítő kártyák beillesztése az alaplapra (főleg a PCI slot-ra) nem lenne lehetséges, ha ezek a nyílások a belső oldalon lennének elhelyezve.

A tartályból kipumpált elegy a merevlemez radiátorába kerül. (4. kép) A radiátor rézből készült, mivel a réz egy nagyon jó, sőt kitűnő hővezető, és mivel a gyári hűtőradiátorok is rézből készülnek. Rá jön elhelyezve a ventilátor. A ventilátor és a radiátor közé jön elhelyezve az érzékelő. Mivel bármilyen típusú merevlemezre felilleszthető, ezért a HDD alján található furatok segítségével lehet felilleszteni a hűtőrendszert, csupán négy M3-as csavar segítségével. Nem érvényesíthetem a passzív hűtést, ugyanis, ha a hűtőradiátor eléri az elektronika felszínét, rövidzárlatot eredményez. Így 3-4 mm távolság van közöttük. A ventilátor által létrehozott hideg légáramlat, áthaladva a radiátoron, még jobban lehűl, és a nagyon alacsony hőmérsékletű levegő éri el az elektronika felszínét.

A rendszerben nincs nagy nyomás, ezért nem kell félni esetleges gumicsőrepedésektől. A kezdeti elegy hőmérséklete a tartályban $9-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, sőt a radiátorban is közeli értéket kapunk: $8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Működési idő alatt észlelt maximális folyadék hőmérséklet: $12-13\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Mivel a rendszer képes felvállalni a teljes PC hűtését, ezért a mikroprocesszorok hűtéséről is gondoskodni kell. Erre szolgál a következő hűtőradiátor. (5. kép) Alapanyagként ezuttal az alumíniumot használtam fel. Egy $50 \times 30 \times 11\text{ mm}$ térfogatú tömör alumínium tömbből készült el. A benne található labirintus marógép segítségével készült el. Szerepe, hogy a teljes folyadékmennyiség körbejárja a teljes radiátort. Ha a radiátor belseje üres lenne, fennállhatna az a probléma, hogy a folyadék egy része huzamosabb ideig marad a radiátorban. De ez a labirintussal elkerülhető. Így mindig teljes mértékben cserélődik a folyadékmennyiség. A labirintus két szembenálló fala közötti távolság 8 mm . A tetéjét műanyagfedél borítva, megfelelő szilikonszigeteléssel ellátva. Szerepe, hogy adiabatikus szigetelést biztosít (a műanyag rossz hővezető tulajdonságának köszönhetően), ezáltal nem történik hőcsere a radiátor felső része és a környezete között, csakis a hűtendő alkatrészre összpontosít.

A gumivezetékek (6a. kép) sajátos rögzítéssel rendelkeznek, ugyanis a különböző egységek, illetve vezetékek végein kis femcsatlakozókat találunk. Ezek pontosan a TV-huzalok végein található csatlakozók (coax). (6b. kép) Megfelelőnek tartottam őket, ezért fel is használtam, mert megkönnyébbítették az összeillesztést, és ezáltal bármikor könnyedén szét lehet választani a részeket. Nem igényel különösebb szakmai felkészültséget.

Gumipakolásokkal kiegészítve, és némi szilikonzsirrál egy tökéletes csatlakozót sikerült előállítanom. A forgó menettel rendelkező részével csatlakoztatjuk az egységekhez, míg az állórész vezetékekre van ráillesztve.

4. Mérések, eredmények

A megépítést egy teszt követett. A teszt során szerettem volna kimutatni a készülékem hatását. A tesztet mesterséges körülmények alatt végeztem. Mesterségesen előállítottam ugyanazt a hatást, mint milyen a számítógép belsejében érheti a készüléket.

A merevlemez helyettesítettem egy alumíniumlemezzel, melyet felmelegítettem $58\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra. (7a. kép) Állandó hőmérsékleten tartva a lemezt, először ráillesztettem a hűtőradiátort, és megmértem a változást. 3 perces reakcióidővel már észleltem a változást: max. $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ezután eltávolítottam a radiátort, és megmértem a hőmérsékletét. A mért érték $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -al haladta meg a kezdeti hőmérsékletét. A következőkben ráhelyeztem a ventilátort is, és így már $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra tudtam csökkenteni az alumíniumlemez hőmérsékletét állandó hőmérsékleti körülmények között. (7b. kép)

Az észlelteket egy táblázatba foglaltam (minden 5 perc elteltével változtattam a ven. munkáját – megszüntettem az automatikus vezérlését) – 1. táblázat

Már a dolgozat elején említettem, hogy a készülék automatikusan képes önmagát vezérelni, viszont a pontos hűtőhátas megállapításához manuális vezérlésre volt szükség. Abban az esetben, ha az automatikus vezérlés működött, sokkal gyorsabban tudta lehűteni a lemez felületét, viszont a teszt során arra voltam kíváncsi, hogy egyenlő időközökkel milyen hatást ér el. Ezzel magyarázható a manuális vezérlés alkalmazása.

A teszt során arra is kíváncsi voltam, hogy maximális teljesítmény mellett külön-külön, illetve együttesen mire képes a ventilátor és a folyadékűtés. Azonos időközönként mértem a hőmérsékletet. Ezúttal a velük elért hőmérsékletcsökkenést szerettem volna ábrázolni a grafikonon. Megfigyelhető, hogy 20 perc elteltével együttesen $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletcsökkenést érnek el. (1. grafikon)

A 2. táblázat a mikroprocesszorok hűtésére szolgáló hűtőradiátor által elért eredményeket foglalja magába. A kísérlet azonos körülmények között zajlott, mint a merevlemez radiátorával. A táblázatból jól látható, hogy a passzív érintkezésnek köszönhetően jóval nagyobb hőmérsékletcsökkenés érhető el: $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ezt mutatja a 2. grafikon is.

Ellenőrizni szerettem volna a rendszer áramfogyasztását is, hiszen egy PC belsejében igen kellemetlen lenne ha más alkatrészek látnák "kárát a hűtésnek". Egy benchmark program segítségével lemértem a változást. Az eredmény: 450mA-es fogyasztás maximális teljesítmény mellett (fele egy DVD-RW egység áramfelvételének). (2. grafikon)

Ezeket a kísérleteket elvégezve mondhatom, hogy egy stabil rendszer, mely használható a személyi számítógépben. Immár 2 hónapja használom, és eddig még nem észleltem problémát.

Esztétikai kivitelezés szempontjából az elektronika egy optikai egység alakját veszi fel, egy üres egység helyébe építhető be. (8a, 8b. kép) Az oldalán található furatok segítségével egyszerűen lehet rögzíteni. A folyadékűtéses egység a számítógép hátulsó felében foglal helyet. (9. kép) A két rész csatlakoztatása igen egyszerű. A huzalok, és a csatlakozók fel vannak címkézve. A számítógép tápegységéhez való csatlakoztatás ISO csatlakozóval történik. Végezetül még egyszer megemlíteném, hogy minden tervezés, illetve kivitelezés kézzel készült, és 8 hónapot vett igénybe a rendszer teljes kifejlesztése.

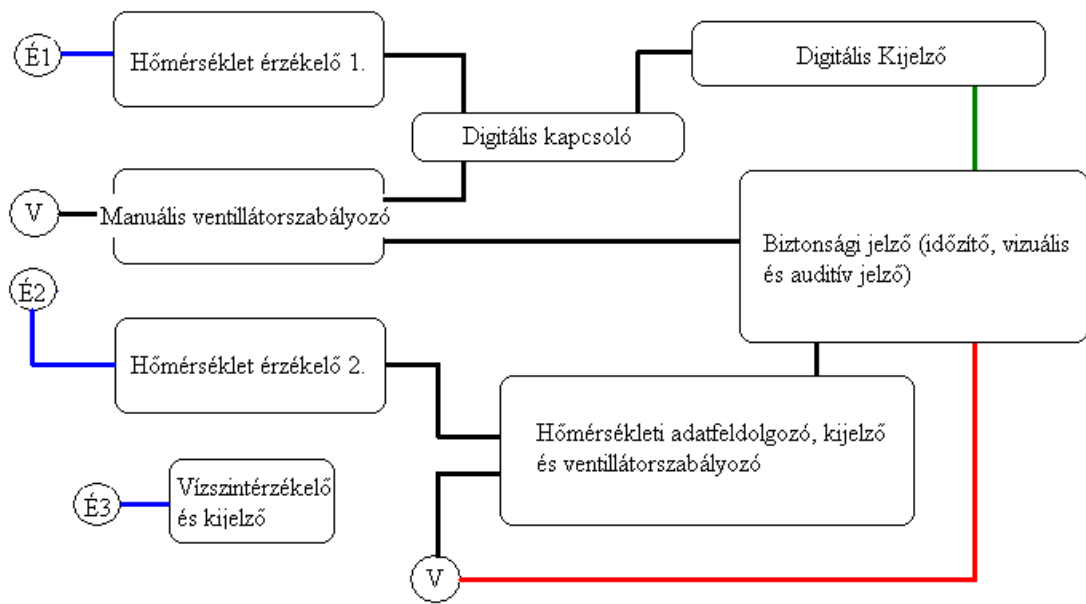
A CD-ROM mellékleten további képsorozat, illetve videofelvételek találhatóak.

Forrásanyag:

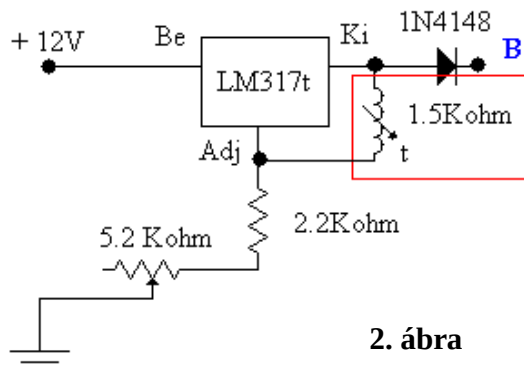
Hobbyelektronika 2001/7,8 2002/2

Connex Club 2005/4

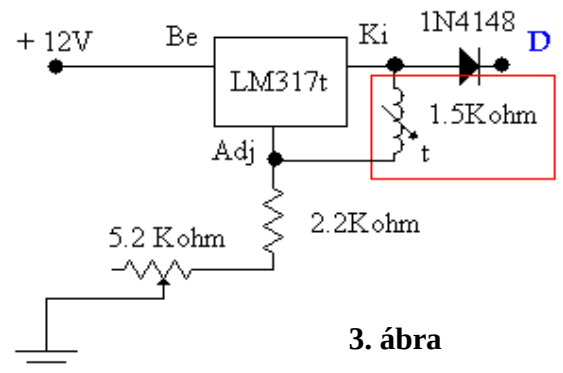
Elektronikai Katalógusok



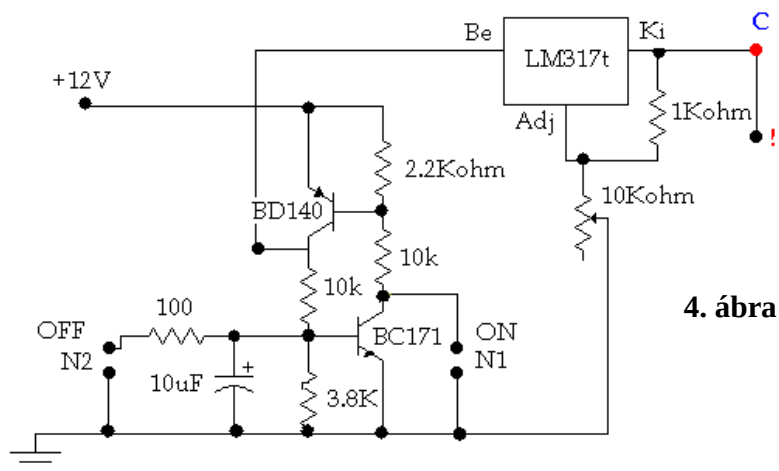
1. ábra



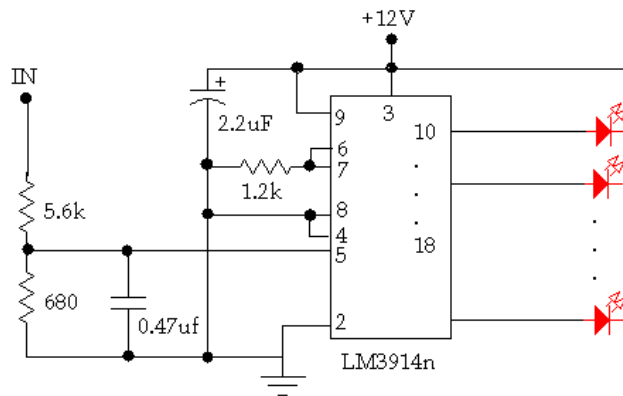
2. ábra



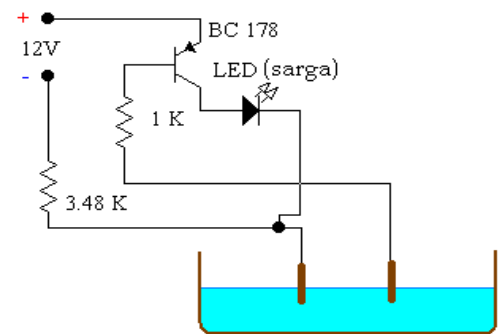
3. ábra



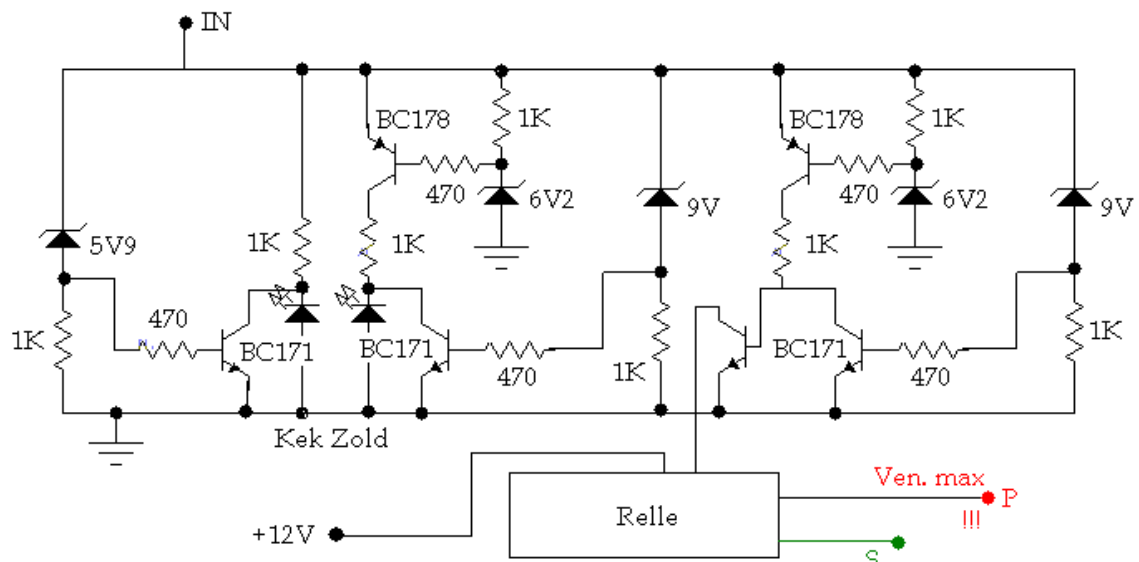
4. ábra



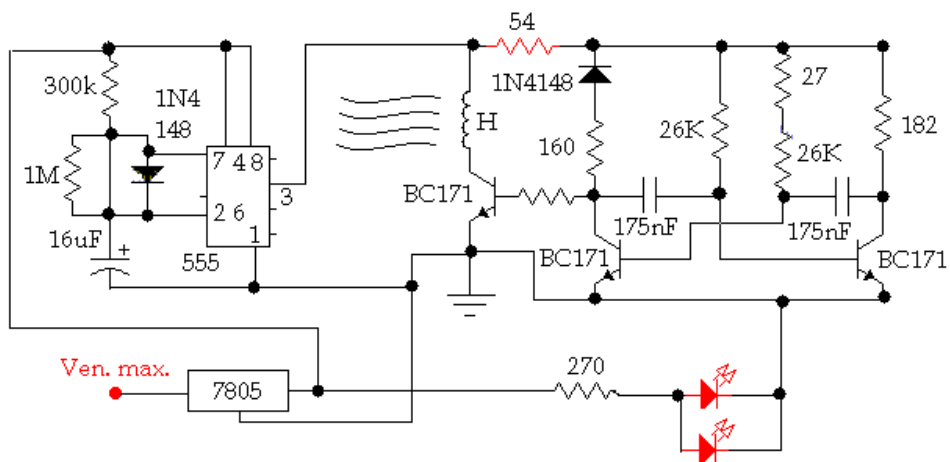
5. ábra



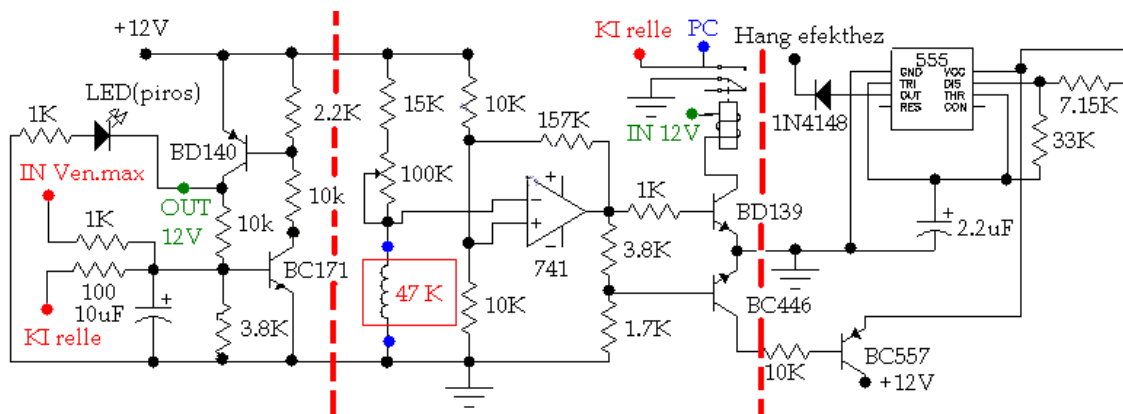
8. ábra



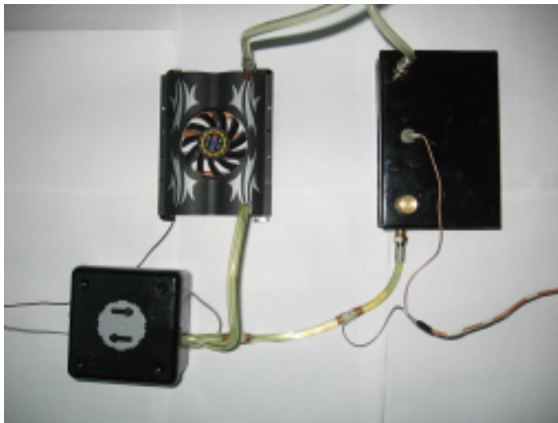
6. ábra



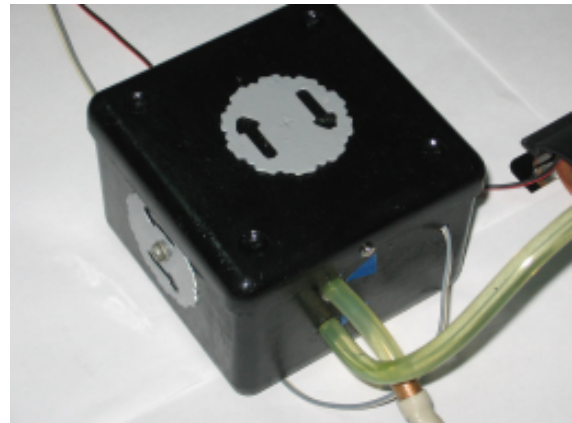
7. ábra



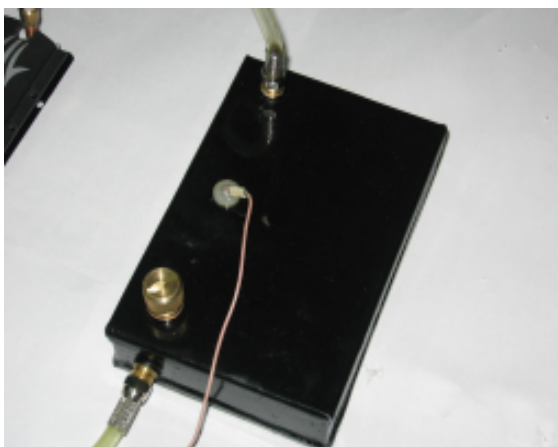
9. ábra



1. kép



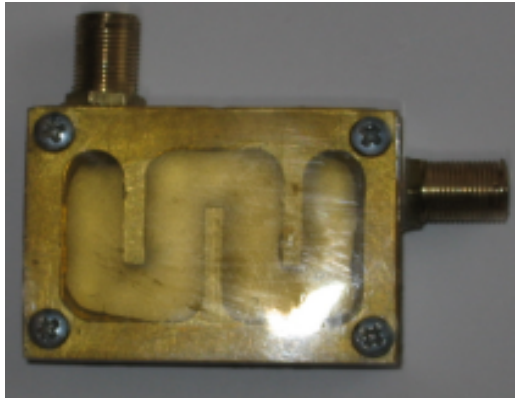
2. lép



3. kép



4. kép



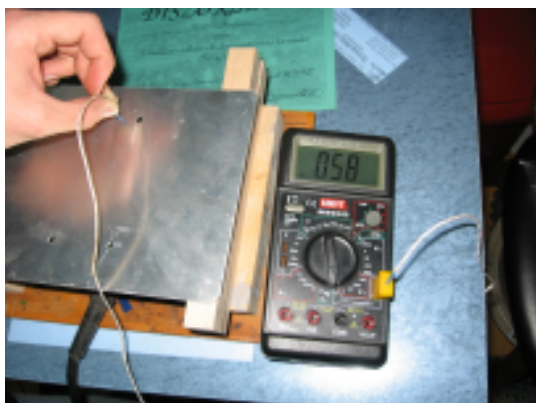
5. kép



6a. kép



6b. kép



7a. kép

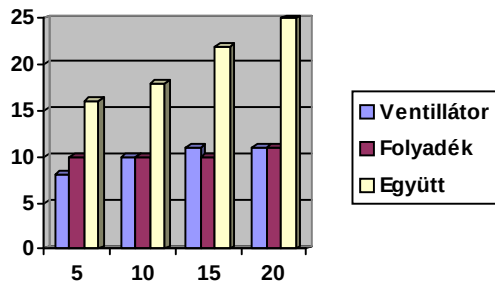


7b. kép

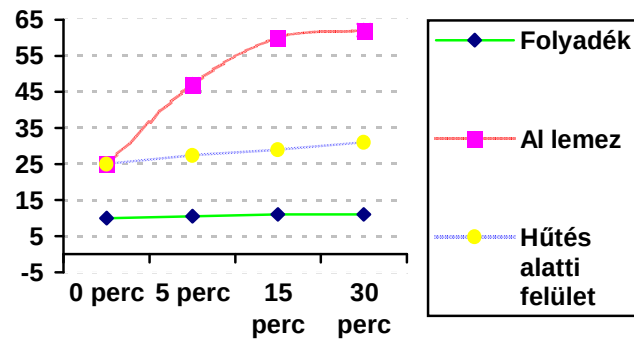
Eltelt idő	Ventillátor munkája	Folyadékűtés	Alumíniumlemez
5 perc	-	-	58 C ⁰
10 perc	Alap	igen	46 C ⁰
15 perc	Közép	igen	40 C ⁰
20 perc	Maximum	Igen	33 C ⁰

1. táblázat

1. grafikon

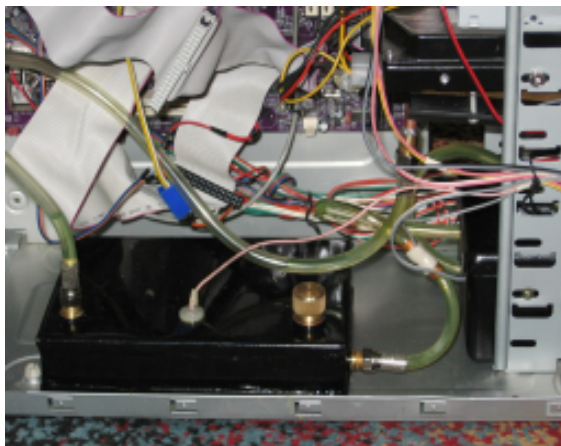


2. grafikon



Folyadék kezdeti hőm.	Eltelt idő	Folyadék végső hőm.	Al lemez hőmérséklete	Hűtés alatti felület hőm.
10 C°	0 perc	10 C°	25 C°	25 C°
10 C°	5 perc	10.5 C°	47 C°	27.5 C°
10.5 C°	15 perc	11 C°	60 C°	29 C°
11 C°	30 perc	11 C°	62 C°	31 C°

2. táblázat



9. kép



8a. kép



8b. kép