

PC-s pulzusszámmérő

A pulzusszámnak (percenkénti érverésszámnak), mint fiziológiai jellemzőnek, már évszázadok óta fontos szerepe van az orvosi diagnosztikában. A következőkben bemutatunk egy egyszerű, kevés pénzből kivitelezhető rendszert, amely a meglévő PC segítségével automatikusan végzi a pulzusszám korrekt meghatározását. A rendszer az itt közölt formában demonstrációs célra készült az informatika nevű tantárgy oktatásához, de az érzékelő áttervezésével és egy, az orvosi szempontokat messzemenően figyelembe vevő „éles” szoftver kidolgozása után professzionális célokra is felhasználható.

A mérési elv

Ha ujjunkat erős fényforrás felé tartjuk, megfigyelhetjük, hogy az áttetsző. A lágy szövetek fényáteresztő képessége az infravörös tartományban különösen érdekes: jól észlelhető mértékben függ a véredények telítettségétől. Ha tehát az egyik ujjunkat – célszerűen a bal kéz mutatóujját, közvetlenül a körömágyánál – IR-sugárral átvilágítjuk, az ujj másik oldalán elhelyezett fototranzisztor kollektórára az érverés ütemében változni fog. A fototranzisztor kollektorellenállásán legfeljebb néhány száz 10 mV-os jelszintváltozás jelentkezik az érverés ütemében. (A jelváltozás amplitúdója sok mindentől függ: leginkább a páciens életkorától és a vérnyomásától.) Ezt felerősítve és négyesítőre a PC egyik párhuzamos portjának valamelyik vonalára vezetjük. A periódusidő-mérés, és ebből a percnkénti érverésszám meghatározása csupán program kérdése.

Bemeneti portként – mivel mindössze

egyetlen portvonalra van szükségünk – célszerűen a game-portot használhatjuk fel. Azért is jó ez a választás, mert a 15-pólusú portcsatlakozóra a gép +5 V-os tápfeszültségét is kivezették, így megfelelő áramköri kialakítás esetén a mérőérzékelő és az adapteráramkör tápellátása automatikusan biztosított.

A mérőadapter áramköri felépítése

A fenti mérési elvet a gyári orvosi műszerekben elterjedten alkalmazzák. Igaz, többnyire vérnyomásméréssel, esetleg az ujjhegy felszíni hőmérsékletének mérésével kombinálva. Mivel különösen az előbbi nem éppen egyszerű (vérnyomásmérő mandzsetta, kompresszor, mágnesszelep és nem utolsósorban igen drága nyomásmérő IC szükséges hozzá), egyelőre ezektől eltekintünk. A mi műszerünk kizárólag érverésszámot mér, azt is lényegesen egyszerűbb felépítésű áramkör segítségével, mint amilyeneket a professzionális,

Alkatrészjegyzék:

Ellenállás:

- 1 db 33 Ω (R_1) *
- 3 db 15 k Ω ($R_2, 10, 12$)
- 4 db 100 k Ω ($R_3, 6, 8, 11$)
- 1 db 220 k Ω (R_4)
- 3 db 1.5 M Ω ($R_5, 7, 9$)

Kondenzátor:

- 1 db 10 nF kerámia (C_5)
- 1 db 47 nF/100 V (C_3)
- C2235, C2236
- 2 db 100 nF kerámia ($C_2, 6$)
- 1 db 2,2 μ F/100 V C2334 (C_4)
- 1 db 100 μ F/10 V (C_7)
- 1 db 220 μ F/10 V (C_1)

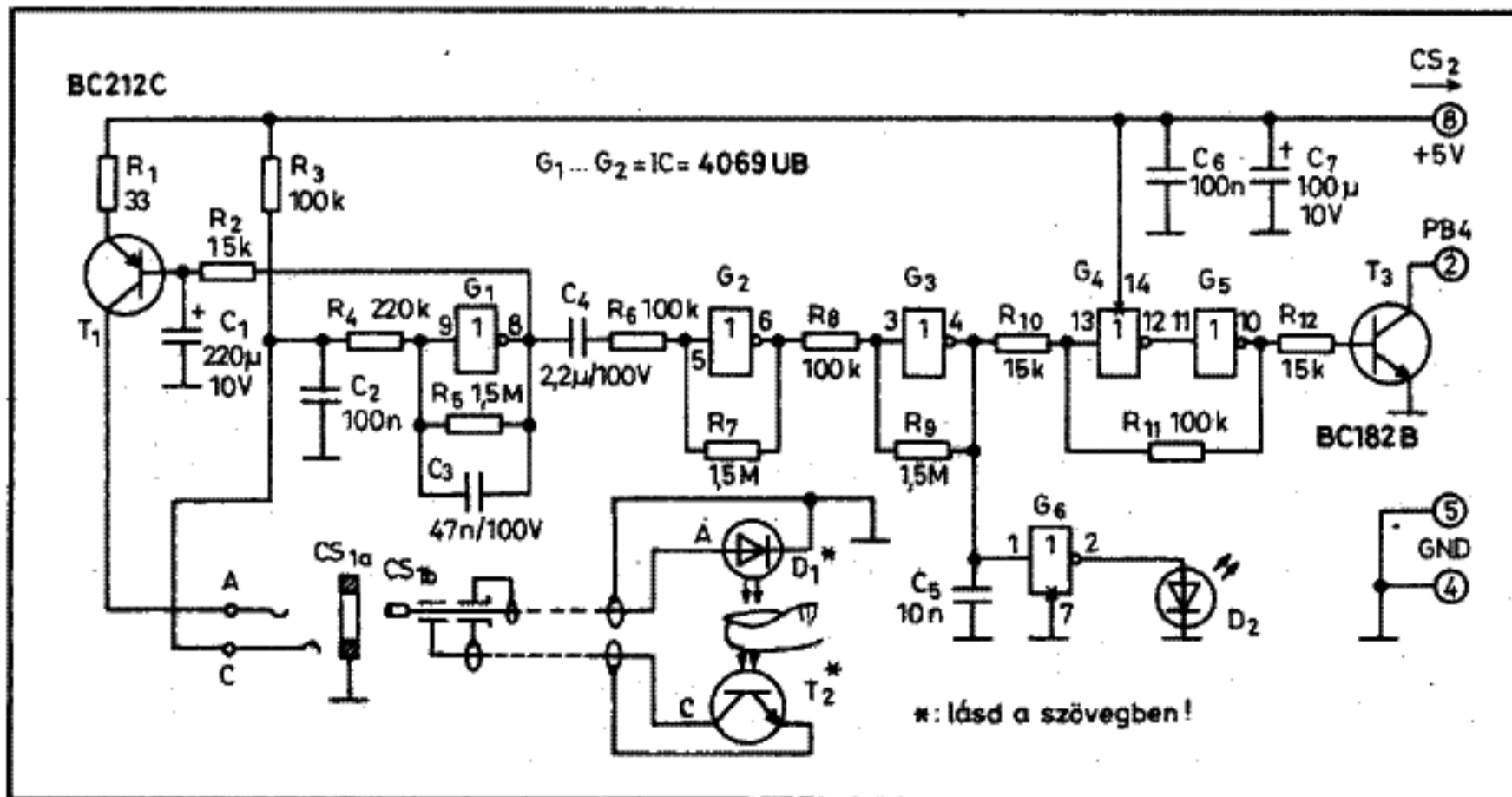
Félvezető:

- 4069UB (IC)
- BC182B (T_3)
- BC212C (T_1)
- \varnothing 3 mm fototranzisztor (pl. BP32) (T_2) *
- \varnothing 3 mm IR LED (tetszőleges típus) (D_1) *
- \varnothing 3 mm extrafényű piros LED (D_2)

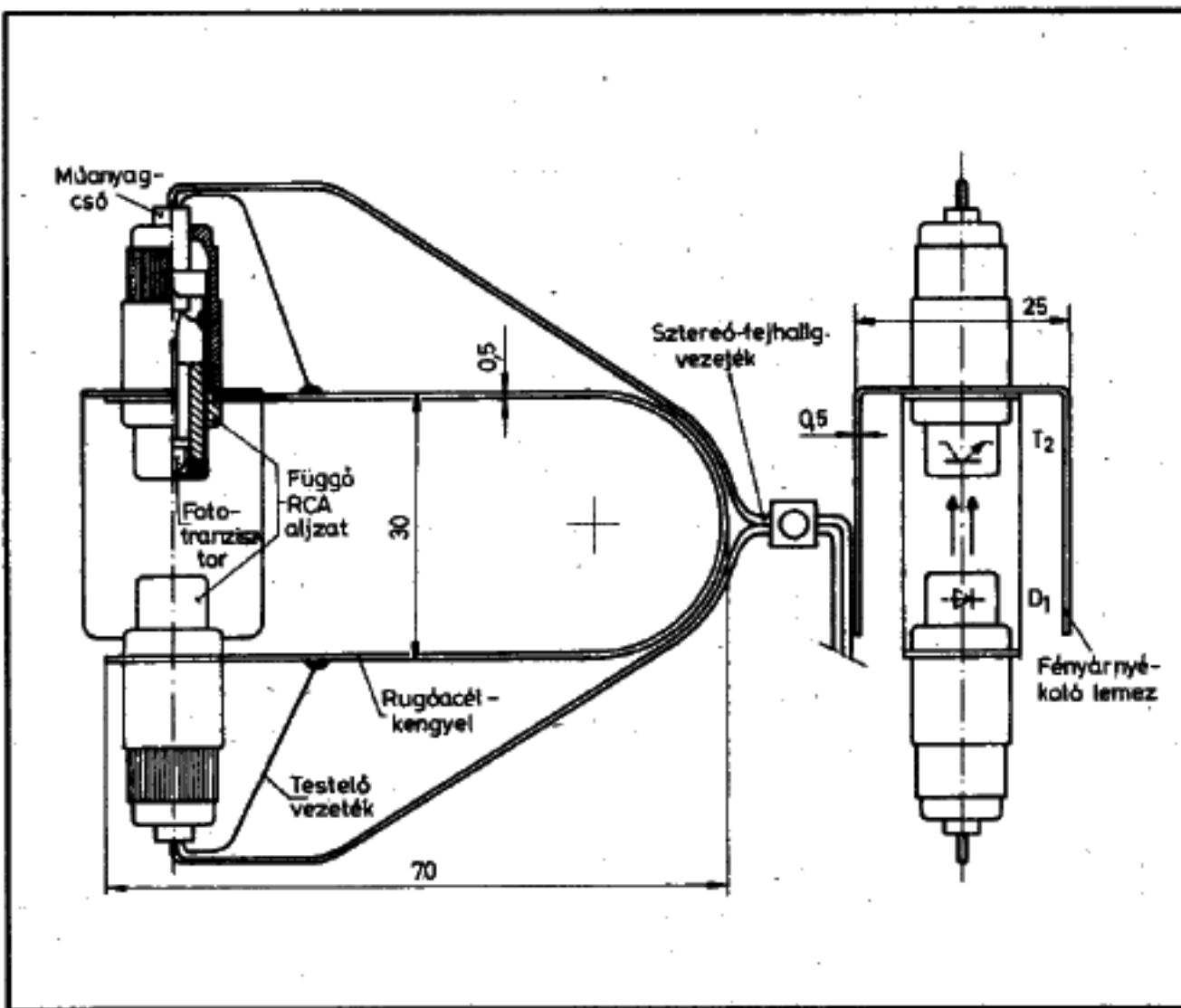
Egyéb:

- \varnothing 3,5 mm, nyákba ültethető sztereó Jack-aljzat (CS_{1a}) *
- 2 x 1 eres sztereó árnyékolt kábel \varnothing 3,5 Jack-dugasszal (CS_{1b}) *
- 15-pólusú, kábelre forrasztható Cannon-D dugasz (CS_2)
- 2 db RCA függőaljzat a fotófélfelvezetők számára *

*: lásd a szövegben



1. ábra



2. ábra

drága orvosi műszerekben megtalálhatunk.

A megvalósított kapcsolás az 1. ábrán látható. Az IR LED-et és a fototranzisztort tartalmazó mérőszonda kettős árnyékolt kábelben és a CS_{1a-b} csatlakozópáron keresztül kapcsolódik az áramkör többi részéhez. Az IR LED-et a T₁, R₁ áramgenerátor táplálja. A fototranzisztor kollektor-köri munkaellenállása az R₃, amelyről a jel a G₁, lineáris munkapontba állított CMOS inverteren alapuló invertáló erősítőfokozat bemenetére kerül. A lineáris beállítást az R₅ által okozott negatív visszacsatolással oldottuk meg. Az erősítést közelítőleg az R₅/R₄ arány adja, a bemeneti ellenállás R₄-gyel egyenlő.

A rendszernek igen kis frekvenciájú jel-sorozatokat kell átvinnie. Ha elfogadjuk azt, hogy a szóba jöhető érverésszám 40/ min...200/ min, akkor az üzemi frekvencia 0,66 Hz és 3,33 Hz közé esik. A rendkívül zavaró hálózati bűgást ezért viszonylag könnyen távol tarthatjuk az erősítőtől: az optoelektronikai eszközöket árnyékoljuk, a jelet árnyékolt kábelben vezetjük az erősítőhöz és az első fokozatot C₃ beépítésével aluláteresztő jellegű Miller-integrátorral alakítjuk. Utóbbi - aluláteresztő jellegéből adódóan - 50 Hz-re nézve jelentős csillapítással bír.

Szintén komoly zavarokat okozhatnak a nagy térerejű elektromágneses sugárzások. Az ebből származó problémáknak a C₂-vel elejét vesszük.

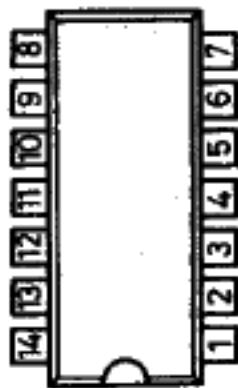
A G₁ által felerősített jelet C₄ kapacitíven csatolja a G₂, R₆, R₇, G₃, R₈, R₉ kaszkád erősítőláncre. A felerősített impulzussorozat a G₄, G₅, R₁₀, R₁₁ elemekből álló, mintegy 0,7 V hisztérizésű Schmitt-trigger négyszögesíti. A G₅ kimeneti jele az R₁₂ áramkorlátozó ellenálláson keresztül kapcsolgatja T₃-at. Ez a tranzisztor egy nyitott kollektoros kimenetet testesít meg: a game-port PB4 pontjának (a joystick „Tűz” gombja csatlakozna ide) éppen erre van szüksége. A számítógép felől nézve tehát nem teszünk egyebet, mint a „Tűz” gombot az érverés ütemében nyomkodjuk.

A G₆ kapu hajtja meg a D₂ extrafényű LED-et, amely a műszer jó működése esetén az érverés ütemében villog.

Hogy a műszer valóban kényelmesen, állandó állítgatás nélkül legyen használható, még egy problémát meg kellett oldanunk. Gondoljunk bele: az egyes emberek ujjának vastagsága, szövetösszetétele, ezzel átvilágíthatósága jelentősen eltérő lehet. Egy vékonyka gyerekujjal előfordulhatna, hogy a LED túlságosan erős fénye „leülteti” a fototranzisztort. Az erre az esetre beállított alacsony LED-áram viszont nem lenne elegendő egy vastag, erős ujj átvilágításához. Ráadásul a külső megvilágítás (napfény, lámpafény) jelentősen befolyásolja az érzékelőt, habár ezen befolyás ellen azért teszünk majd óvintézkedéseket.

A megoldást a fényerő-szabályozás adja. A cél: a LED áramát az áramgenerátor bázisán keresztül úgy kell szabályozni, hogy a fototranzisztor munkapontja lehetőség szerint üzemszerűen a lineárisnak tekinthető tartományban maradjon. Esztünkben a G₁ kimeneti feszültségét az R₂, C₁ integráló tagon keresztül vezetjük a T₁ bázisára. A nagy időállandójú integráló tag a felerősített impulzusoktól „szabadítja meg” az erősítő kimeneti jelét, így a bázisra az átlagos kimenőszinttel arányos feszültség kerül.

Amennyiben a túlságosan erős megvilágítás miatt a fototranzisztor kezd telítésbe menni, a kollektorfeszültség csökken. Az erősítőfokozat invertáló jellege miatt ez a hatás felerősítve és ellentétes értelemben jelenik meg a T₁ bázisán, azaz a lezárás felé vezérlődik az áramgenerátor, ezzel csökken a LED árama és vele együtt a fényereje is. A szabályozási tartományon belül mindig beáll egy egyensúlyi állapot, amely a fototranzisztor kollektorfeszültségét kb. 2,5 V-on, a G₁ kimeneti feszültségét 2,5...3,5 V környezetében igyekszik stabilizálni.



4069UB

- 1: be 1
- 2: ki 1
- 3: be 2
- 4: ki 2
- 5: be 3
- 6: ki 3
- 7: 0 (GND)
- 8: ki 4
- 9: be 4
- 10: ki 5
- 11: be 5
- 12: ki 6
- 13: be 6
- 14: +U_T

Az érzékelő elkészítése

A sok lehetséges kivitel közül a 2. ábrán vázolt konstrukció tűnt a házilag legkönnyebben kivitelezhetőnek. Alapja egy 0,5 mm-es rugólemezből készített kengyel, amelynek száraiba két furatot készítettünk egymással szemben, az RCA függőaljzatok felerősítéséhez. Ezáltal egy újra csíptethető szerkezethez jutunk, amelyben a fotoérzékelők közvetlenül fénytől való árnyékolását (és egyben az elektromos árnyékolását is) az aljzatok külső érintkezőköpenyei biztosítják. Éppen az ujj átvilágíthatósága miatt oldalról is juthat fény az érzékelőbe. Ezt az „U” alakúra hajlított és a belső felületén matt fekete festett árnyékolólemezzel eléggé jól leárnyékolja.

Mind az IR LED, mind a fototranzisztor 3 mm átmérőjű, „LED-tokozású” (SOD-53) eszköz, a típusuk gyakorlatilag közömbös. Az RCA-hüvelyben csak akkor helyezhetők el, ha előzőleg annak középérintkező-hüvelyét erőteljes húzással belülről eltávolítottuk. Az optoelektronikai eszközökhöz egy meghibásodott walkman-fejhallgató Jack-dugasszal szerelt kábelét forrasztottuk.

A testelést feltétlenül a kapcsolási rajz szerint alakítsuk ki! A T_2 -re csatlakozó kábel harisnyáját kizárólag annak emittéréhez forrasztjuk. A csatlakozók külső érintkezőjének és a kengyelnek a testelését csak a D_1 katódjával szabad közösiíteni.

Itt csak megemlítjük, hogy a külső fénytől lényegesen jobban védett érzékelőt úgy készíthetünk, ha D_1 -et és T_2 -t egy fémcsőben helyezzük el, amelynek nyitott végébe dughatjuk a vizsgálandó személy ujját. Tartós méréshez a kényelmesebb, újra rögzíthető fényzáró gumizott szalagból vagy bőrből készült szíjon, kis fémtokokban helyezkedhetnek el az optoelektronikai elemek.

Az áramkör elkészítése, élesztése

Az egyszerűség kedvéért az áramköri panelt közvetlenül a PC game-csatlakozójába dugaszolható, 15-pólusú Cannon-D dugasz érintkezősorához forrasztottuk. (Figyelem! Az adott konstrukcióhoz nem nyákba ültethető, hanem az olcsóbb, kábelre forrasztható dugasz szükséges.)

A 36×75 mm-es, egyoldalon fóliázott, 1,5 mm vastagságú alapanyagból készült panel nyák-rajza a 303. oldalon található meg, az alkatrészek beültetését a 3. ábra alapján végezzük.

A kész áramkör különösebb beállítást nem igényel. Ha csatlakoztatjuk hozzá az ujjunkra csíptetett érzékelőcsipeszt és egy labortápegységről 5 V-tal megtápláljuk, akkor néhány másodperces feleledési idő után a LED a szívverésünk ütemében villogni kezd. Ha nem működne, ellenőrizzük a T_2 kollektorán, illetve a G_1 kimenetén a feszültséget! Előfordulhat, hogy a szabályozókör helyes működéséhez R_1 -et módosítani kell. A kísérletek során kerüljük el, hogy az érzékelőre közvetlenül erős külső fény essék!

A tesztprogram

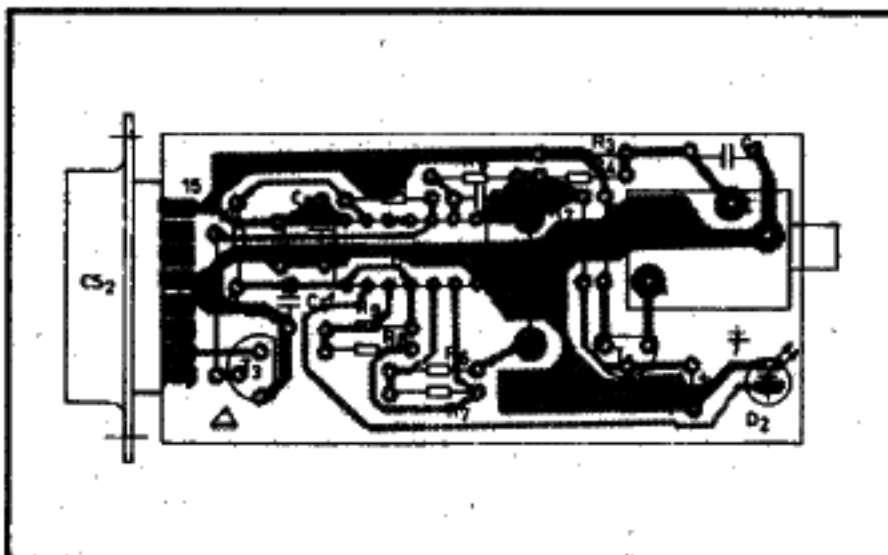
Mottó: „A számítógép túl bonyolult ahhoz, hogy valamire is jó legyen.”

(Ifj. Pálkás Tibor)

A fenti megállapítás igazában senki sem kételkedhet, ha a 4. ábra listájára tekint! A csupán mérési elv demonstrálásához írt tesztprogram a feladat látszólagos egyszerűségéhez képest bizony meglepően bonyolult. Nem egyszerű feladat ugyanis a PC-t kellően finom felbontású, azaz tízed ms nagyságrendű mérőimpulzus-sorozatokkal történő időmérésre kényszeríteni, ráadásul úgy, hogy a mérés ne függjön a processzor típusától és a rendszer sebességétől!

A bemutatott program 286-ostól fölfelé bármely PC-típuson megfelelően fut. Igaz, csak a mérés közben eltelt időt, a beérkező impulzusok összesített számát és a fentiekből folyamatosan számított átlagos percenkénti pulzusszámot írja ki. Minden impulzus beérkezésekor egy piros szívet [CHR(3) karakter] villant fel a képernyőn. A gombnyomást csak a szív felvillanása során érzékeli, ezért előfordulhat, hogy kilépéskor egy pulzusperiódusnyi időtartamra nyomva kell tartani az Esc billentyűt.

Már a tesztprogrammal szereshető első tapasztalatok is meggyőznek minket a számítógépes pulzusmérés hatalmas elő-



3. ábra

```

(PULZUSSZÁMLÁLÓ DEMOPROGRAM - Ifj. Pálkás Tibor, '96)
{ $K+ }
Uses crt, dos;
Const TxtSeg:word=$B800;
Timer:word=40;

Var Old$;Procedure;
c:Char;
ll,l:Longint;
Tim,Timer$;Word;

Procedure New$;Interrupt;Assembler; {0} 8-as megszakítás)
asm
    Push ds
    Lea si, l
    Inc word ptr ds:[si]
    Jnz @t
    Inc word ptr ds:[si+2]
    @t:
    Dec Timer$
    Jnz @v
    Mov Ax, Tim
    Mov Timer$, ax
    Int 60h
    Jmp @e
    @v:
    Cll
    Mov al, 20h
    Out 20h, al
    @e:
    Pop ds
end;

Procedure Display (s:word);
Var r:Real;
t:word;
begin
    r:=ll/time1/18.2;
    t:=round(r);
    GotoKey (1,2);
    WriteLn ('Mérési idő [s]: ',t);
    WriteLn ('Impulzusok száma: ',s);
    if r>0 then WriteLn ('Pulzusszám/min: ',round(60/r+s), ');
end;

Procedure Le;assembler;
asm
    Mov dx, 201h
    Mov cl, 5
    @ipl:
    In al, dx
    Shr al, cl
    Jc @ipl
end;

Procedure fel;assembler;
asm
    Mov dx, 201h
    Mov cl, 5
    @ipl:
    In al, dx
    Shr al, cl
    Jnc @ipl
end;

Procedure measure;Assembler;
Var Start,Count:word;
asm
    Push ds
    Mov ax, TxtSeg
    Mov es, ax
    Lea si, l
    Xor di, di
    Mov count, di
    Call fel
    Call le
    Mov word ptr ds:[si], 0
    Mov word ptr ds:[si+2], 0
    Mov si, 46ch
    Mov ds, di
    @ipl:
    Call fel
    Call le
    Pop ds
    Push si
    Lea si, l
    Mov ax, ds:[si]
    Mov bx, ds:[si+2]
    Lea si, ll
    Mov ds:[si], ax
    Mov ds:[si+2], bx
    Pop si
    Push ds
    Xor ax, ax
    Mov ds, ax
    Mov ax, 3075
    Mov es:[di], ax
    Inc Count
    Pop ds
    Push di
    Push si
    Push es
    Mov ax, Count
    Push ax
    Call Display
    Pop es
    Pop si
    Pop di
    Push ds
    Xor ax, ax
    Mov ds, ax
    Mov ax, ds:[si]
    Mov bx, ax
    Add bx, 2
    Mov dx, 60h
    @delay:
    In al, dx
    Shl al, 1
    Jnc @exit
    Mov ax, ds:[si]
    Cmp ax, bx
    Jb @delay
    Mov ax, 0
    Mov es:[di], ax
    Mov si, 46ch
    Jmp @ipl
    @exit:
    Pop ds
end;

Procedure Pulsus;
begin
    Repeat
        While KeyPressed Do ReadKey;
    ClrScr;
    GotoKey (1,1);
    WriteLn ('Nyomj meg egy gombot! (kilépés: ESC)');
    c:=ReadKey;
    If c=Chr(27) Then Exit;
    GotoKey (1,1);
    WriteLn (' ');
    Delay (1000);
    l:=0;
    Measure;
    Until l=2;
end;

Procedure InitTimer (w:word);assembler;
asm
    Mov al, 36h
    Out 43h, al
    Mov ax, w
    Out 40h, al
    Mov al, ah
    Out 40h, al
end;

Procedure InitIrg;
begin
    GetIntVec ($8,$0ld$);
    timer$:=Tim;
    SetIntVec ($8,$New$);
    SetIntVec ($60,$Old$);
end;

begin
    Tim:=Round(65535/Timer);
    InitTimer (Timer);
    InitIrg;
    Pulsus;
    ClrScr;
    InitTimer (65535);
    SetIntVec ($8,$Old$);
end;

```

4. ábra

nyeről a hagyományos módszerekkel szemben: a program egyetlen pulzusperiódus megméréseiből is kiszámíthatja a percenkénti pulzusszámot! A programot átalakíthatjuk, kiegészíthetjük úgy, hogy minden egyes pulzusperiódus hosszát a mérés előre meghatározott időtartamára egy fájlba írja. A fájl adatai azután egy másik programmal akár grafikusan, akár numerikusan feldolgozhatók. Megállapíthatók például az aritmiák, amelyek egyébként csak a sokkal költségesebb EKG-vizsgálatokból derülnének ki.

A keretprogram Turbo Pascal nyelven

íródott, amelyben beágyazott assembly rutinok végzik a tulajdonképpeni periódusidő-mérést, a Pascal a visszakapott adatokból kiszámítja a percenkénti pulzusszámot. A mérési eredmény kiírása előtt folyamatos átlagolás történik. A periódusidő-mérő impulzusok előállításának algoritmusá eléggé bonyolult, és megértése a számítógép „lelkivilágának” mélyebb ismeretét igényli. Mivel a listát elláttuk kommentekkel, a hozzáértők megfejthetik a program működését és saját igényeiknek megfelelően kiegészíthetik azt.