

# 小型动物活动微机自动精确记录方法

姜仕仁 斯青松\* 鲍毅新\*\* 诸葛阳

(杭州大学生物系, 杭州 310012)

**摘要** 本文介绍了用 APPLE II 微机对小型动物活动自动记录与结果处理的实验方法, 同时尝试了把电子触摸开关电路作为监视动物进出活动的传感器和把自制的简易时钟卡用于本实验中, 经反复实验表明, 用该装置不仅实验结果精确, 而且省事省时, 还可利用存盘的数据方便地进行种间、种内不同个体间的对比处理。扩大了一些低档微机在生物学研究领域的应用范围。

电子学的发展以及电子计算机的广泛应用为生物学的实验研究创造了良好的条件,\*\*应用电子学和计算机技术于动物生态学研究, 可以取得更加精确的实验结果。如研究小型啮齿动物的活动规律, 有助于更有效地防治它们, 使用一

般的活动记录仪很难获得准确的实验结果, 最后

- 
- \* 杭州大学计算机科学系;
  - \*\* 浙江师范大学生物系

的实验结果还要人工进行大量的计算处理。以往虽有用微机自动记录和结果处理的文章介绍,但缺乏具体的应用方法。笔者从 1989 年开始把 APPLE I 微机用于啮齿类动物活动自动记录与处理实验,同时把电子触摸开关电路作为传感器用于本实验中,效果非常理想。现将方法介绍如下:

**(一) 动物活动微机自动记录装置的组成**

本实验装置主要由 APPLE II 微机和动物实验箱两部分组成(见图 1)。动物进出活动的信息由安装在巢室和活动室出入口处的触摸板经触摸传感接口线路送入计算机。为了准确计时,在 APPLE II 微机的扩展槽口上安装了自制的简易时钟卡。

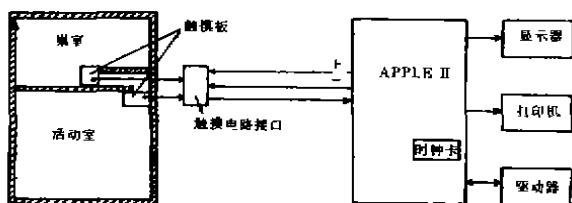


图 1 动物活动微机自动记录装置的组成

**(二) 实验箱的制作** 实验箱用木板制成,大小视实验动物的个体大小而定,如用于臭鼩 (*Suncus murinus*) 的实验箱其长×宽×高为 550×350×200mm 左右,而对于个体较大的实验对象,则实验箱的尺寸必须相应地增大,使动物在实验箱内有较大的空间。箱内用隔板分成大、小两室,大的为活动室,小的为巢室。隔板下沿开一出入口,并在巢室一侧的出入口处做成一小过道,目的是利用过道的一定长度和拐弯,避免在动物出入洞口时同时接触安放在出入口两端的触摸板。根据啮齿动物喜在暗洞中休息的特性,实验箱的顶盖在巢室一侧需遮光,活动室一侧需透光但又能防逃。

**(三) 传感器与接口** 为了准确记录动物进出次数,用了两个传感器,克服了一个传感器只

要一接触(实际上并非进出)就当作出入信号被记录的特点。本实验试用了电子触摸开关电路作为传感器,电路原理(见图 2),实际上它是由二个触摸开关电路和一个 RS 触发器构成。触摸开关电路部分利用了 CMOS 门的高输入阻抗和有较大的输出电流的工作特性,选用了 4049 六反相器,每个触摸电路仅利用了其中的二个 IC 加上二个电阻和一个电容构成,电路简单,调试方便,性能稳定,且灵敏度极高。当动物的裸露脚掌一碰上触摸板 A(或 B)便有感应信号输入。当触及 A 时,RS 触发器输出低电平,无论碰触几次信号状态始终不变;只有等到 B 被触及时才使 RS 触发器翻转,输出高电平。于是,把 A、B 触摸板分别安装在巢室和活动室的出入口,高、低电平就分别代表进、出的信号,计算机根据这一变化信号记录动物每次进出的时间和次数。触摸板可用金属片,最好用单面敷铜板。

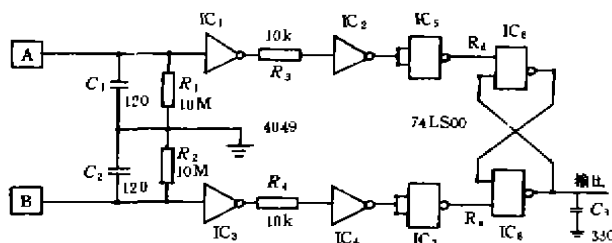


图 2 传感器与接口电路

**(四) 时钟卡与计时** 由于 APPLE I 机没有向外提供时间的功能,又因程序跳转等原因,也无法用软件计时,为了记录动物每次活动的时间,我们根据 APPLE I 主机扩展槽口的第 29 脚为不可屏蔽中断(NMI)请求接脚,只要该脚上出现由高电平向低电平负跳变时能被 6502 指令系统所识别,6502 在执行完正在执行的本条指令后就一定会暂停主程序而进入(NMI)中断响应周期的原理,利用电子钟机芯上的秒脉冲发生器,自制了一块简易的高精度时钟卡,电路(见

图 3)。将该卡查入 2—5 任何一个扩展槽口中，打入语句 POKE49280+SLOT \* 16, < (SLOT 为槽口号)，当  $X \geq 127$  时打开时钟卡， $X > 127$  时关时钟卡。同时在非屏蔽中断响应的入口处放了一段计时和具自动显示时间功能的机器语言子程序(见清单 1)。用户程序在任何时刻都可从 7、8、9 三个单元中取出即时的时、分、秒值。计时子程序和用户程序互不影响。

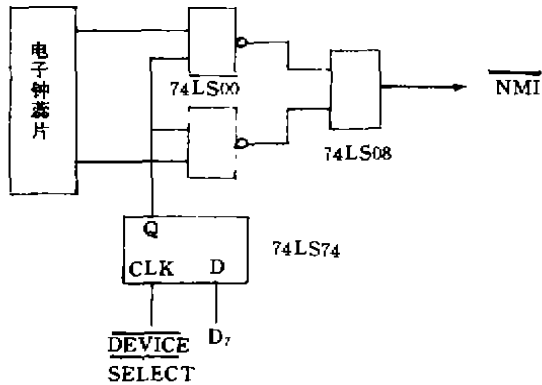


图 简易时钟卡电路

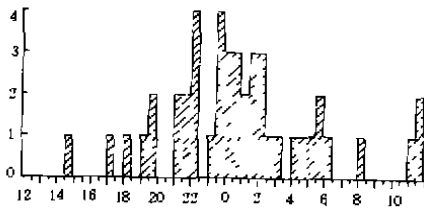


图 4 活动频率分布图

清单 1 中断响应计时子程序 (clock.SUB)

0300-	48	8A	48	98	48	E6	09	A5
0308-	09	C9	3C	30	1C	A9	00	85
0310-	09	E6	08	A5	08	C9	3C	D0
0318-	10	A9	00	85	08	E6	07	A5
0320-	07	C9	18	D0	04	A9	00	85
0328-	07	A9	BA	8D	12	04	8D	15
0330-	04	A9	01	85	22	A9	00	85
0338-	06	A2	00	A0	00	86	1A	B5
0340-	07	C9	0A	30	08	38	C8	E9
0348-	0A	C9	0A	10	F9	48	98	69
0350-	B0	A6	06	9D	10	04	68	69
0358-	B0	E8	9D	10	04	E6	06	E6
0360-	06	E6	06	A6	1A	E8	E0	03
0368-	D0	D1	68	A8	68	AA	68	40

(五) 程序设计与运行结果 由图 2 输出的动物进出信号直接送入 APPLE II 游戏接口 (GAMEI/O) 的四个模拟量输入的任一通道中，

根据高、低电平转换出的数字大小来辨别动物进、出和计算进出次数及记录每次进出的时间。本实验用的数据采集主程序(见清单 2)可供 1—4 个实验箱同时进行。程序一开始只要输入实验开始时间和动物名称(或代号)，即进入自动检测状态，屏幕上随时显示各动物进出时间和外出的次数。24 小时之后自动将数据存盘并给数据文件加锁。接着由数据处理程序(见清单 3)打印出每次进出时间和计算前后进出活动的间隔时间，同时计算出外出活动的总时数及内、外活动的比值。如社鼠 (*Rattus norvegicus*) 一个体某次的实验结果(见表 1)，然后统计并打印出一定时间阶段(如 30 分钟)内的活动总次数和分别统计出白天和夜间(下午 6 时—翌日清晨 6 时)的活动次数及两者之比值(见表 2)，最后以粗柱状图的形式显示并打印出活动频率分布图(见图 4)。

本实验的方法和接口同样可用于其它各种微机，程序只要根据各机型的规定语法略作修改。总之，把计算机用于小型动物活动的自动记录，不仅结果准确，实验一结束就可得到结果，省事省时，而且还可利用存盘的数据对种内、种间进行各种对比和统计处理。同时也扩大了计算机在生物学研究领域的应用范围。

清单 2 数据采集主程序

```

2 POKE 1019, 76: POKE 1020, 0: POKE 1021, 3
5 PRINT CHR$(4); " BLOAD CLOCK, SUB"
10 CL% = PEEK(175) + PEEK(176) * 256 - 32:
   CALL CL%
20 HOME: VTAB 5: INPUT " START TIME: (H,
   M, S)"; HO, MI, SE
25 IF HO > 23 OR MI > 59 OR SE > 59 THEN 20
30 POKE 7, HO: POKE 8, MI: POKE 9, SE
35 TM = 255: GOSUB 3000
40 VTAB 7: INPUT " SAMPLE NUMBER: "; NU%:
   FOR I = 0 TO NU% - 1
45 PRINT " NO. " I + 1; " BODY NAME: "; INPUT
   NA$(I): IF ASC(NA$(I)) < 65 THEN 45
50 NEXT: LM = 30/NU%
60 FOR I = 0 TO NU% - 1: AD%(I) = 16384 +
   4096$I: MR%(I) = AD%(I): NEXT
    
```

```

100 FOR I=0 TO NU% - 1; A% (I) = PDI (I)
110 ON (A% (I) < 5) + (A% (I) = 255) $ 2 GOTO
    200, 300
150 GOTO 350
180 H=PEEK (7); M= PEEK (8); S = PEEK (9);
    RETURN
190 POKE AD% (I) + 1, H; POKE AD% (I) + 2, M;
    POKE AD% (I) + 3, S; AD% (I) = AD% (I) +
    4; RETURN
200 M% (I) = M% (I) + 1; IF M% (I) = 1 THEN
    GOSUB 180
205 IF M% (I) = LM THEN POKE AD% (I), 1; GO-
    SUB 190; VTAB 15; HTAB 4+I$ 20; PRINT H" :
    "M" : "S" IN " ; N% (I) = 0
210 IF M% (I) > LM + 1 THEN M% (I) = LM - 1
215 N% (I) = N% (I) $ (N% (I) > LM)
220 GOTO 350
300 N% (I) = N% (I) + 1; IF N% (I) = 1 THEN
    GOSUB 180
305 IF N% (I) = LM THEN POKE AD% (I), 0; GO-
    SUB 190; TU (I) = TU (I) + 1; VTAB 14; HTAB
    8+I$ 20; PRINT TU (I); VTAB 15; HTAB 4+I
    $ 20; PRINT H" : " M" : " S" OUT " : M%
    (I) = 0
310 IF N% (I) > LM + 1 THEN N% (I) = LM + 1
320 M% (I) = M% (I) $ (M% (I) $ > LM)
350 NEXT
450 IF PEEK (7) = HO - (MI = 0) AND PEEK (8)
    = (MI - 1) + 60 $ (MI = 0) THEN 600
500 GOTO 100
600 TM=0; GOSUB 3000
620 FOR I=0 TO NU% - 1
650 PRINT CHR $ (4); " BSAVE"; NA $ (I); ", A";
    MR% (I); ", L"; AD% (I) - MR% (I)
655 PRINT CHR $ (4) : " LOCK" : NA $ (I)
660 NEXT; END
3000 FOR I=1 TO 5; POKE 49280 + I $ 16, TM;
    NEXT; RETURN

```

清单 3 数据处理程序

```

8 DIM W% (23, 60), T% (48)
10 CL% = PEEK (175) + PEEK (176) $ 256 - 32 ;
    CALL CL%
12 ST=CL% - 136; HW = INT (ST / 256) ; LW=ST
    - HW $ 256; POKE 232, LW; POKE 233, HW ;

```

```

SCALE=1; ROT=0
50 INPUT " FILE NAME;" : NA $
60 PRINT CHR $ (4) : " BLOAD"; NA $ : ", A
    $ 4000"
80 DD% = 16384 ; AD% = PEEK (43616) + PEEK
    (43617) $ 256 + DD%
100 PRINT CHR $ (4) : " PR # 1"
600 PRINT " SPECISES;" ; NA $
690 GOSUB 2500; PRINT " NO. IN INTERVAL OUT
    INTERVAL"; GOSUB 2500
700 MX = 0; OU = 0; TL = 0; NO = 1; GOSUB 900;
    IF A A = 0 THEN TL = 1
705 PRINT NO;
710 HO = H; MO = M; SO = S; GOSUB 900; SX =
    (H $ 3600 + M $ 60 + S) - (HO $ 3600 + MO $
    60 + SO) + (H < HO) $ 3600 $ 24
715 IF AA = 1 THEN OT = OT + SX
720 HS = INT (SX / 3600); SX = SX - HS $ 3600; MS
    = INT (SX / 60); SS = SX - MS $ 60
725 PRINT TAB (TL $ 19 + 5); HO"; " : " MO" :
    " SO;
730 IF DD% > AD% THEN PRINT ; GOTO 950
735 PRINT TAB (TL $ 20 + 14); " (" HS"; " MS";
    " SS")"; ; TL = TL + 1; IF TL = 2 THEN PRINT ;
    TL = 0; NO = NO + 1; GOTO 705
740 GOTO 710
900 AA = PEEK (DD%); H = PEEK (DD% + 1); M
    = PEEK (DD% + 2); S = PEEK (DD% + 3);
    DD% = DD% + 4
910 IF AA = 0 THEN W% (H, M) = W% (H, M) +
    1; OU = O U - 1; IF H = > 6 AND H < 18 THEN
    DY DY + 1
920 RETURN
950 IN = 86400 - OT; PR = IN / OT
955 HS = INT (IN / 3600); EX = IN - HS $ 3600; MS
    = INT (EX / 60); SS = EX - MS $ 60
960 PRINT " TOTAL TIME INSIDE; ="; HS; "; "; MS
    : " : "; SS
965 HS = INT (OT / 3600); EX = (OT - HS $ 3600);
    MS = INT (EX / 60); SS = EX - MS $ 60
970 PRINT " TOTAL TIME OUTSIDE; ="; HS; "; ";
    MS; "; "; SS
980 PRINT " IN/OUT="; PR
990 GOSUB 2500; PRINT

```

```

1000 PRINT ; PRINT " SPECISES:"; NA $ ; GOSUB
    2500
1060 TL = 0
1100 FOR II = -12 TO 11; I = (II < 0) $ 24 + I
    I; FOR J = 0 TO 59 STEP 30
1110 T6 = 0; FOR K = 0 TO 29
1135 T6 = T6 - W% (I, J + K)
1140 NEXT ; IF T6 = 0 THEN 1300
1145 PRINT TAB (TL $ 19 + I); I;" J" -- " I";
    " J - 29" (" T6" )% ; TL = TL + 1; IF TL =
    2 THEN TL = 0; PRINT
1190 IF T6 > MX THEN MX = T6
1200 V = V - I; T% (V) = T6
1210 NEXT
1250 NEXT ; PRINT ; PRINT " TOTAL TIMES OUT
    - " (OU
1260 PRINT " TIMES OUT AT DAY:"; DY
1265 PRINT " TIMES OUT AT NIGHT:"; OU - DY
1270 PRINT "NIGHT TIMES / DAY TIMES ="; (OU
    - DY ) / DY
1280 GOSUB 2500; PRINT
1300 HGR ; HCOLOR = 3; GOSUB 2000
1320 FOR I = 1 TO 48
1400 X = 35 + (I - 1) $ 5
1410 FOR XD = X TO X + 4; H PLOT XD, 150 TO
    XD, 150 - T% (I) $ IT; NEXT
1420 NEXT
1905 PRINT ; PRINT ; PRINT CHR $ (17); PRINT
    CHR $ (4); " PR#0"
1908 END
2000 H PLOT 34, 25 TO 34, 150 TO 275, 150
2005 IT = 125 / MX
2010 FOR I = 25 TO 150 STEP IT; H PLOT 32, I TO
    3 3, I; NEXT
2015 FOR I = 150 TO 25 STEP - 5 $ IT; H PLOT 30,
    I TO 33, I; NEXT
2018 FOR P = 0 TO MX STEP 5 - 4 $ (MX < 11); X
    = 15; Y = 150 - P $ IT; GOSUB 4000; NEXT
2020 FOR I = 35 TO 275 STEP 5; H PLOT I, 151 TO I,
    153; NEXT
2030 FOR I = 35 TO 270 STEP 10; H PLOT I, 151 TO
    I, 155; NEXT
2035 FOR P = 12 TO 23 STEP 2; Y = 163; X = 32 +
    (P - 12) $ 10; GOSUB 4000; NEXT

```

```

2038 FOR P = 0 TO 10 STEP 2; X = 35 + (P + 12)
    $ 10; GOSUB 4000; NEXT
2040 H PLOT 35, 150; RETURN
2500 FOR I = 1 TO 40; PRINT " -"; ; NEXT;
    PRINT ; RETURN
4000 P $ = STR $ (P)
4010 FOR PP = 1 TO LEN (P $ ); DRAW VAL (MID
    $ (P $ , PP, 1)) + 1 AT X + 6 $ (PP - 1), Y;
    NEXT; RETURN

```

表 1 动物进出时间与间隔  
SPECISES; S5-3

No.	IN	INTERVAL	OUT	INTERVAL
1	14: 26; 16	(0; 27; 13)	14: 53; 29	(0; 6; 55)
2	15; 0; 24	(2; 15; 40)	17; 16; 4	(0; 10; 46)
3	17; 26; 50	(0; 52; 40)	18; 19; 30	(0; 22; 19)
4	18; 41; 49	(0; 29; 31)	19; 11; 20	(0; 2; 18)
5	19; 13; 38	(0; 23; 38)	19; 37; 16	(0; 10; 36)
6	19; 47; 52	(0; 5; 17)	19; 53; 9	(0; 4; 35)
:	:	:	:	:
35	3; 31; 18	(0; 55; 21)	4; 26; 39	(0; 4; 26)
36	4; 31; 5	(0; 11; 24)	4; 42; 29	(0; 0; 50)
37	4; 43; 19	(0; 36; 40)	5; 19; 59	(0; 1; 37)
38	5; 21; 36	(0; 33; 27)	5; 55; 3	(0; 0; 54)
39	5; 55; 57	(0; 0; 44)	5; 56; 41	(0; 2; 40)
40	5; 59; 21	(0; 4; 41)	6; 4; 2	(0; 1; 47)
41	6; 5; 49	(1; 58; 24)	8; 4; 13	(0; 10; 53)
42	8; 15; 6	(2; 49; 23)	11; 4; 29	(0; 19; 5)
43	11; 23; 34	(0; 10; 49)	11; 34; 21	(0; 3; 41)
44	11; 38; 4	(0; 1; 12)	11; 39; 18	(0; 0; 57)
45	11; 40; 13			
TOTAL TIME INSIDE; =20; 14; 22				
TOTAL TIME OUTSIDE; =3; 45; 38				
IN/OUT=5.36203575				

表 2 外出活动次数统计 (每 30 分钟内)  
SPECISES; S5-3

14; 30--14; 59	(1)	17; 0--17; 29	(1)
18; 0--18; 29	(1)	19; 0--19; 29	(1)
19; 30--19; 59	(2)	21; 0--21; 29	(2)
21; 30--21; 59	(2)	22; 0--22; 29	(1)
23; 0--23; 29	(1)	23; 30--23; 59	(4)
0; 0--0; 29	(3)	0; 30--0; 59	(3)
1; 0--1; 29	(2)	1; 30--1; 59	(3)
2; 0--2; 29	(3)	2; 30--2; 59	(1)
3; 0--3; 29	(1)	4; 0--4; 29	(1)
4; 30--4; 59	(1)	5; 0--5; 29	(1)
5; 30--5; 59	(2)	6; 0--6; 29	(1)
8; 0--8; 29	(1)	11; 0--11; 29	(1)
11; 30--11; 59	(2)		
TOTAL TIMES OUT = 45			
TIMES OUT AT DAY; 7			
TIMES OUT AT NIGHT; 38			
NIGHT TIMES / DAY TIMES = 5.42857143			

(下转第 27 页)

(上接第 35 页)

## 参 考 文 献

- 1 E干 金华京 姜日新 1987 实用电子电路大全(一) 46—47页 电子工业出版社
- 2 杨士剑 诸葛阳 1989 臭鼬的食性与昼夜活动节律 动物学杂志 24(4): 30—33
- 3 姜仕仁 施青松 1991 简易精确的 APPLE II 时钟卡 电子与电脑 (10): 30—31
- 4 胡礼和 周卓伦 1990 苹果机和中华学习机应用实验与实用制作 12—136页 清华大学出版社
- 5 荣树熙 张开敬 1984 6502 微处理机及其应用 16—187页 北京师范大学出版社
- 6 赛丰满 1989 PC—1501 袖珍电子计算机在小哺乳动物行为研究中的应用 动物学杂志 24(4): 33—36
- 7 C. R. Ireland & S. P. Long 1984 Microcomputers in biology: a practical approach. P. 17—89 IRL Press (Oxford Washington DC).