

パーソナル・コンピュータを利用した 自動活動記録装置の設計

吉 岡 英 二

1. はじめに

時間生物学の研究には、生物現象の連続的記録が不可欠である。とくに、概日リズムなど比較的長周期の生物リズムの解析に際して、位相や周期などの値を十分に信頼できる精度で推定するためには、高い頻度で採取された長期のデータが必要になる。概日リズムの場合、同一個体の活動量などを5分毎に1ヶ月程度連続記録することは普通のことであり、場合によっては1ヶ年近くの連続記録が要求されることもある。このような要求に答えるためのデータを研究者の直接の観察だけによって採取することは、現実的には不可能であり、研究者は以上に述べたような長期的、連続的な使用に耐える耐久性と信頼性を備えた自動記録装置に頼らなければならない。

生物現象の記録媒体としてよく使われる自動記録装置として、マーティン・ベイトソン (1990) はビデオテープ、ペンレコーダ、イベントレコーダなどを挙げている。これらによって採取された活動記録は、さらにコンピュータへの入力に都合のよい形に数値化されて分析されることが多い。分析に先立つそのような数値化の作業は、研究現場の大きな作業負担である。この作業負担の軽減を図るためには、採取されたデータが直接コンピュータに保存されるようなシステムが最も望ましいものと考えられる。その種の活動記録装置は、すでに Symonds and Unwin (1982) などによって紹介されているが、使用する機種や部品などがやや時代遅れになっている。

以上のような点を鑑みて、現在最も普及しているパーソナル・コンピュータ NEC PC-9801 シリーズによって、動物の活動量の自動記録システムを設計し制作したので、ここでは、主としてそのハードウェアの部分について報告する。

2. 設計の前提

装置は、PC-9801シリーズの標準スロットに装着できるボードの形態とする。また、装置の電源はコンピュータ本体から供給され、装置を駆動するための付属部品、付属機器などは必要としない。

動物の活動を電気信号に変換する部分（動態検出部）としては、互換性を高くするため、オムロン(株)の光電センサ、フォト・マイクロセンサなど（オムロン(株), 1991）の一般的仕様のものを使うようにする。通常それらの出力はオープン・コレクタ出力の矩形波パルスとして得られる。そのため、それらの出力をTTLレベルの電気信号として取入れる入力端子と、それらを直接駆動でき

パーソナル・コンピュータを利用した自動活動記録装置の設計

ような電源供給端子 (+12V, 40mA) を備える。

活動量は、動態検出部よりの電気信号のパルス数により検出する。そのため、パルス数を加算する6個の独立した計数部(カウンタ)を持つものにする。また、計数はコンピュータ本体とは独立に行われ、本体が常時動態検出部の監視する必要のない設計とする。

飼育下の生物の環境条件を制御するため、相当量の駆動力のある出力端子を備える。また、ソフトウェアの開発努力を軽減するため、BASIC (N88-BASIC等) のみによって制御できるものとする。

3. 主要部品および回路 (図1, 2, 3)

(1) ボード

設計・制作の基盤となるボードは、(株)アイダ製のPC-9801用拡張ボード (IB-1020) を用いた。同ボードは16ビットフルデコードできるデコーダ (74LS688×2) とデータバスのバッファ (74LS245×2) を実装するためのプリント配線が施されたユニバーサルボードである。図1の破線部は、同ボードによって構成される回路を示す。

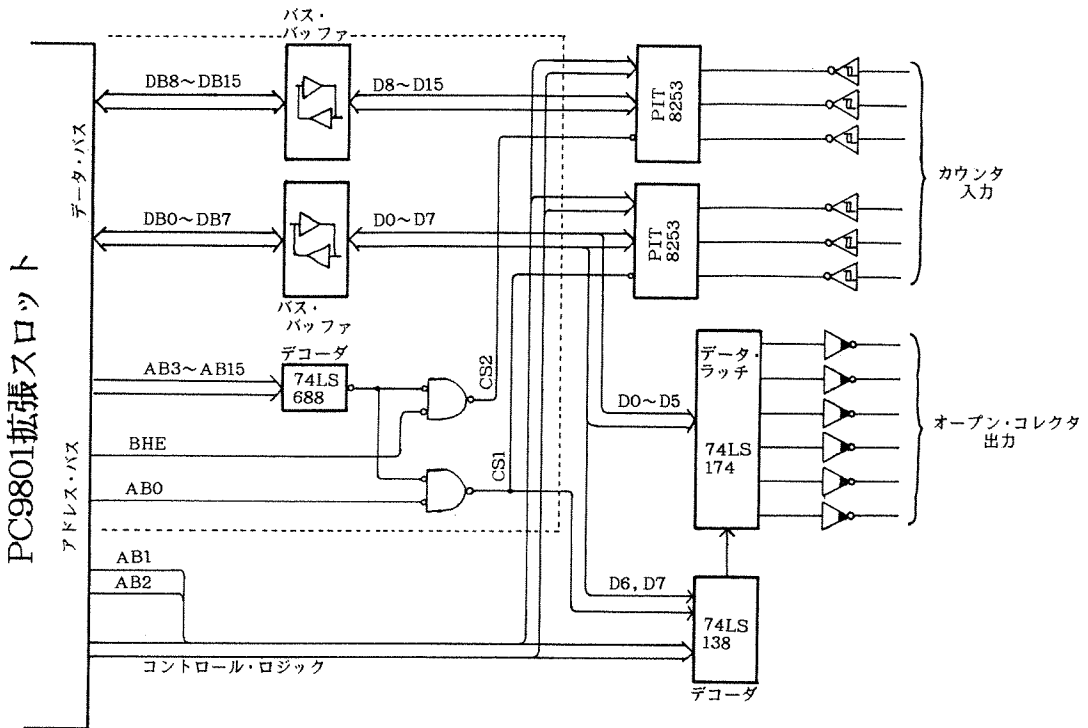


図1. 全回路の概要。ユニバーサルボードによって構成できる回路を破線で囲む。

(2) 動態検出部との接続 (図2)

外部からのパルスは、接続のためのステレオ・フォノジャックを通して入力される。各入力は、TTLレベルでない場合はそれぞれの入力の様式によって適当な配線を付加する必要がある。図2のINP0に示した回路例では、オムロン(株)製のアンプ中継形フォト・マイクロセンサ (EE-SPW321) のオープンコレクタ出力をTTLレベルの入力とするために、 V_{CC} に $3.3k\Omega$ の抵抗を介して接続した。また、ステレオ・フォノジャックからは+12Vの電源が供給できるように配線した。PC-9801 VM21の場合、コンピュータ本体から全拡張スロットに供給できる電流は合計240mAである。

(3) 計数部 (図2)

カウンタには、タイマ/カウンタIC (PIT8253) を2個用いた。8253は、16ビットのカウンタを3個持つICである。同ICの使用法については、矢野 (1984)、村田 (1990) などに詳しい。8253のクロック入力の前段でシュミットゲート (74LS14) によって波形を修整している。8253のゲート入力は、常時カウント可とするため V_{CC} と接続した。

(4) 出力端子 (図3)

出力は、ダーリントン・トランジスタ・アレイ (ULN2003A) を通じて制御するようにした。出力の制御には、I/Oアドレス節約のため、下位8ビットに接続した8253のコントロールワード・レジスタと同一のアドレスを用いた。制御方法は、上位2ビットを 'H' にした時のみ、下位6ビット

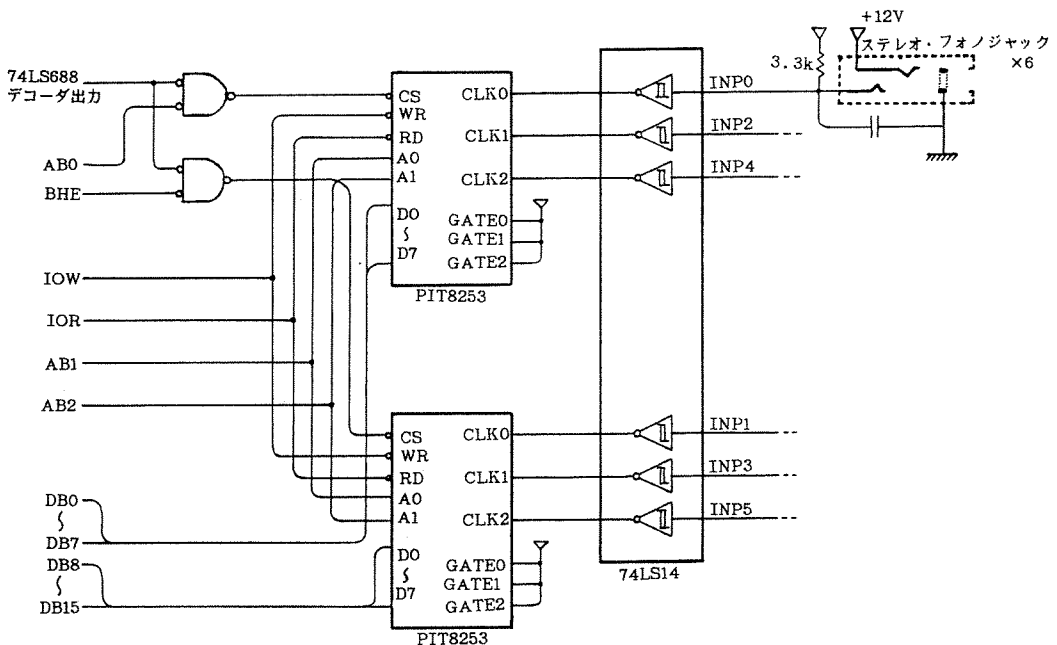


図2. 計数部の回路。接続のためのステレオ・フォノジャック (INP1~INP5) は省略して示した。

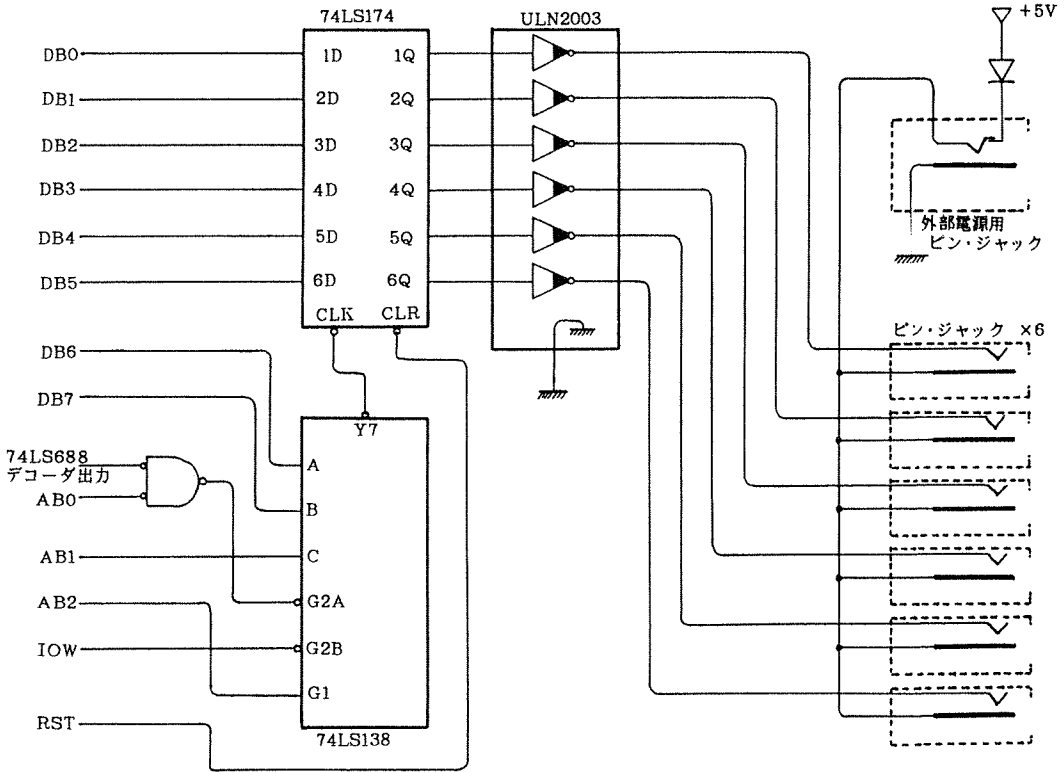


図3. 出力部の回路。

トの出力がラッチされるようにした。8253のコントロールワード・レジスタは、カウンタの動作モードを設定するためのものであるが、上位2ビットがともに‘H’のときは、カウンタの動作等に一切影響を及ぼさないので、図3のような設計によって下位6ビットを用いた出力のアドレスと共存させることができる。

専用インバータを介して、5V電源に接続する。

4. 接続する飼育箱の例 (図4)

飼育箱やセンサは、それぞれの動物の大きさや特性に応じて考案され、工夫されている(千葉・高橋, 1991)。ここでは、ムカデ類の活動量を計測するために用いる飼育箱として、図4に示したような小型のものを制作したので、その一例として示す。

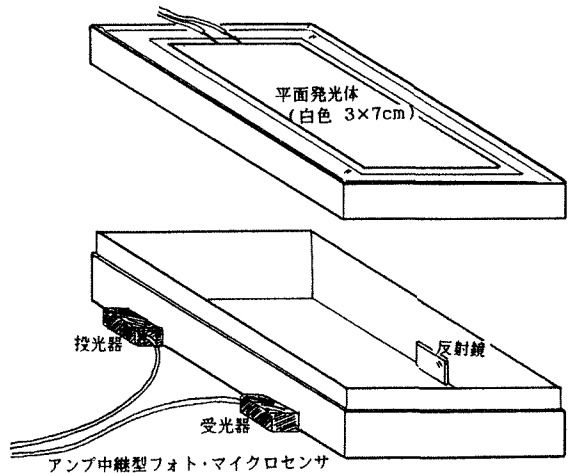


図4. 標本箱を利用して製作した小動物の活動量を計測する飼育箱の例。

オムロン(株)製のアンプ中継形フォト・マイクロセンサ (EE-SPW321) の投光器からは赤外線が照射され、反射鏡を介して受光器に達する。飼育している動物の活動により赤外線の光路が遮断されると、カウンタ入力 (図 2) へ信号が出力される。活動量は、単位時間当りに出力された信号の数として観測される。

明暗の条件をつけるため、箱の上面に平面発光体を貼り、専用のインバータ装置を介して出力回路 (図 3) に直接接続できるように設計した。白色の発光体の場合、5V で約 100mA を消費し、飼育箱の底面でおおよそ 200ルクスの照度を得られる。電流の消費量が比較的大きいので、3 台以上接続するときには、外部から駆動用の電源を供給する必要があるが、出力部全部に同規模の負荷を接続しても ULN2003A の最大許容損失には満たない。

5. 制御上の注意

(1) I/O アドレス

この装置が占拠する I/O ポートは、連続した 8 バイトとなる。I/O アドレスの上位 13 ビットは、ボード上のディップスイッチで設定する。すでに使用されている I/O アドレスと重複しないように注意して設定する必要がある。ディップスイッチ設定後の各ポート・アドレスは、下のようになる。

ディップスイッチで設定したアドレスを (ADDR) とすると、

(ADDR) + 0	.....	下位バイトの 8253 のカウンタ 0	(INP 0)
(ADDR) + 1	.....	上位バイトの 8253 のカウンタ 0	(INP 1)
(ADDR) + 2	.....	下位バイトの 8253 のカウンタ 1	(INP 2)
(ADDR) + 3	.....	上位バイトの 8253 のカウンタ 1	(INP 3)
(ADDR) + 4	.....	下位バイトの 8253 のカウンタ 2	(INP 4)
(ADDR) + 5	.....	上位バイトの 8253 のカウンタ 2	(INP 5)
(ADDR) + 6	.....	下位バイトの 8253 のコントロールワード・レジスタ及び、出力端子制御アドレス	
(ADDR) + 7	.....	上位バイトの 8253 のコントロールワード・レジスタ	

PC-9801 の CPU の性質上、I/O を 8 ビットで制御する場合は、下位バイトのアドレスは必ず偶数、上位バイトのアドレスは必ず奇数となる。そのため、同じ 8253 の 3 つのカウンタのアドレスが、連続した I/O ポート交互にデコードされることになる。ボード上の入力端子は、アドレスの順に配置してソフトウェアとの間の齟齬を避けた。

(2) 8253 の初期化

8253 の動作モードは 6 つあり、各コントロールワード・レジスタで設定する。ここでは、単純にカウンタとして使用するので、内部起動単発カウンタ (モード 0) で使用するように設定するのが適当であろう。モード設定、カウンタの読み書きの方法については、矢野 (1984) などに詳しく説明されているので、ここでは省略する。

(3) 出力端子の制御

出力端子の制御に際しては、初期化の必要はない。コンピュータ起動時はすべてオフになっているので、(ADDR)+6のアドレスに、上位2ビット(D6,D7)を'H'にして、下位6ビット(D0~D5)のうち、必要な出力を'H'にすることによってオンにすることができる。各端子は、外部の電源に接続しないときには+5Vのオープン・コレクタ出力となるので、SSRなどに付属部品なしで接続できる。

6. おわりに

ここで述べた装置は、限られた研究スペースで実験を可能にするためにいろいろな工夫を重ねた成果である。これまで、明暗周期をつけた飼育条件下で活動量を計測するためには、それぞれの条件毎に蛍光灯などで明暗条件をつくった個別の明暗ボックスが必要であった。今後、この装置によって、6つの独立の明暗条件下での小動物の活動周期を計測することができるだろう。

装置の制作とソフトウェアの開発にあたっては、大阪市立大学理学部動物生理学研究室の田中真一君と森田明広君の協力を得た。また、本短大の事務担当者の理解によって前例のない部品の調達を円滑に進めることができた。ここに謹んで謝意を表する。

参 考 文 献

- P. マーティン・P. ベイトソン (1990) : “行動研究入門——動物行動の観察から解析まで” (柏谷英一・近雅博・細馬宏通 訳) 東海大学出版会, 東京.
- R. J. Symonds and D. M. Unwin (1982) : The use of a microcomputer to collect activity data. *Physiological Entomology* 7 : 91-98.
- オムロン(株)センサ事業部編 (1991) : “センサ総合カタログ '91” オムロン(株), 京都.
- 矢野越夫 (1984) : ホビーエレクトロニクス④ “作れるマイコンインタフェース” 日本放送出版協会, 東京.
- 村田 聡 (1990) : “タイマ/カウンタLSIの使い方” *トランジスタ技術* 27(9) : 463-472.
- 千葉喜彦・高橋清久編 (1991) : “時間生物学ハンドブック” 朝倉書店, 東京.