

卒業研究報告

題目

室内人数計測器の設計・製作

指導教員

原 央 教授

報告者

学籍番号: 1030190

氏名: 窪田 晃秀

平成 15 年 2 月 10 日

高知工科大学 電子・光システム工学科

目次

| | |
|--------------------------------|------|
| 第1章 序論 | 1 - |
| 1.1 背景..... | 1 - |
| 1.2 研究目的..... | 1 - |
| 第2章 室内人数計測器の回路と動作 | 2 - |
| 2.1 室内人数計測器の動作原理..... | 2 - |
| 2.2 発光部..... | 4 - |
| 2.2.1 発光部の回路..... | 4 - |
| 2.2.2 CR発振回路..... | 5 - |
| 2.2.3 シュミットインバータの並列接続..... | 6 - |
| 2.3 受光部..... | 7 - |
| 2.3.1 受光部の回路..... | 7 - |
| 2.3.2 光電流増幅回路..... | 8 - |
| 2.3.3 CMOS増幅回路..... | 8 - |
| 2.3.4 バイアス回路..... | 9 - |
| 2.4 カウンタ部..... | 10 - |
| 2.4.1 カウンタ部の回路..... | 10 - |
| 第3章 ICの動作と配置配線 | 11 - |
| 3.1 インバータIC..... | 11 - |
| 3.2 カウンタIC..... | 13 - |
| 3.2.1 アップ入力とダウン入力の関係..... | 14 - |
| 3.3 デコーダIC..... | 15 - |
| 3.4 7セグメント表示器..... | 17 - |
| 3.5 カウンタ部の配置配線..... | 19 - |
| 第4章 評価 | 20 - |
| 4.1 各部分の動作確認..... | 20 - |
| 4.1.1 発光部と受光部..... | 20 - |
| 4.1.2 カウンタ部..... | 20 - |
| 4.2 全体の動作確認..... | 20 - |
| 4.2.1 チャタリング除去..... | 22 - |
| 4.2.2 カウント動作の確認..... | 23 - |
| 4.3 センサの反応時間..... | 27 - |
| 4.3.1 測定方法..... | 27 - |

| | |
|---------------------|-------------|
| 4.3.2 入り口のセンサ..... | 28 - |
| 4.3.3 出口のセンサ..... | 29 - |
| 4.3.4 測定結果..... | 29 - |
| 4.4 回路全体の消費電力..... | 30 - |
| 4.4.1 消費電流..... | 30 - |
| 4.4.2 消費電力..... | 30 - |
| 4.5 完成品..... | 31 - |
| 第5章 まとめ..... | 32 - |
| 謝辞..... | 32 - |
| 参考文献..... | 32 - |

第 1 章 序論

1.1 背景

家電製品や携帯電話、パソコンなどに代表されるように近年、電子機器はその重要性を高め、日常生活で触れる多くのものに利用されている。また、これらの性能は日々向上し、これから先、さらに世の中の生活スタイルを変えていくであろうと考えられる。そのような電子機器の根幹を支えるものとして電子回路がある。電子回路はアナログ回路とデジタル回路に分けられるが、これらの回路は IC(Integrated Circuit)として小型集積化されている。

最近では 1000 万ゲートを超える ULSI(Ultra Large Scale Integration)と呼ばれる IC も登場し、小型化、高集積化、高速化、そして、低消費電力がさらに進められている。

1.2 研究目的

これまで学習してきたことを基礎とし、汎用ロジック IC を用いてデジタル回路を設計し、製作する。具体的な素子を使用することにより、実装に必要な部品の知識を身につける。また、プリント基板に配置配線する場合に如何に短い距離で効率よく配線するか、ということ念頭に入れて製作する。具体的なテーマとして室内に居る人の数をカウントする室内人数計測器の設計・製作を行うこととする。

小規模ではあるが汎用ロジック IC を用いて設計から製作までを遂行することで、これから先、何らかの回路を設計し、それを実現したいと考えた時に最適な部品を選び出し、スムーズに製作していくことが可能になる。そして、もし何か問題点があれば素早くそれを見つけ出し、解決していけるような力を身に付けることが目的である。

報告書の構成としては第 2 章に室内人数計測器の回路と動作を示し、第 3 章で IC の動作を示す。そして、第 4 章で製作した回路の評価を行い、第 5 章でまとめを記す。

第 2 章 室内人数計測器の回路と動作

室内人数計測器では人の出入りを認識するために発光部と受光部からなる回路を 2 個製作し、あらかじめ決められた出口と入り口に 1 つずつ設置する。そして、1 人の人が入り口から部屋に入れば 1 アップカウントし、1 人の人が出口から部屋を出れば 1 ダウンカウントする。これをセグメント表示器で表示し、最大 99 人までのカウントを可能にすることにする。

2.1 室内人数計測器の動作原理

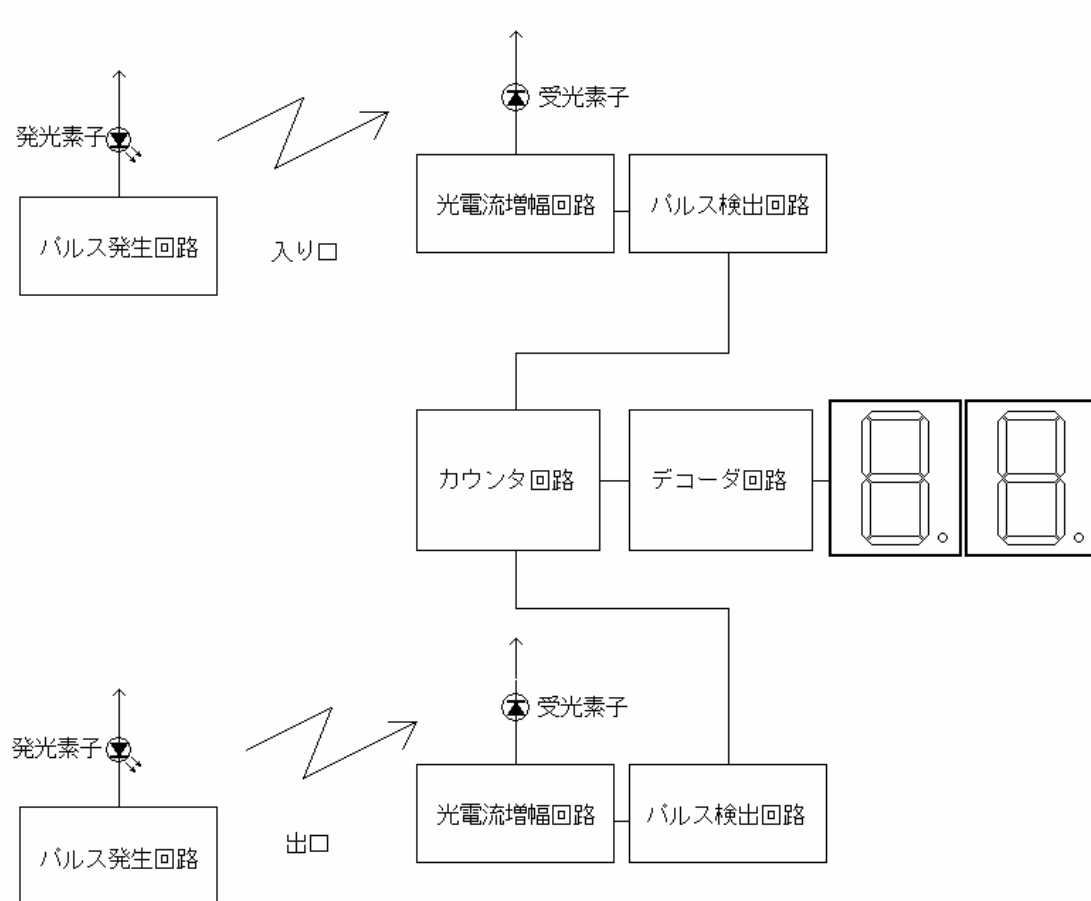


図 2・1 原理図

図 2・1 に示すような、光軸が合った状態の発光素子、受光素子を入り口と出口に設置する。通常の光軸が合った状態における受光側では、パルスを認識してパルス検出回路の出力を“H”にする。この発光・受光間の赤外光を遮ると、その瞬間に受光側ではパルスを認識することができず、パルス検出回路の出力は“H”から“L”に切り替わる。遮った時間だけ検出回路の出力は“L”になり、遮ることをやめれば再び検出回路の出力は立ち上がり“L”から“H”へと切り替わる。この“H”と“L”の変化をカウンタ回路でカウントし、デコーダ回路を通して 7 セグメント LED にカウント表示させる。これらの原理を図 2・2 のタイムチャートに示す。

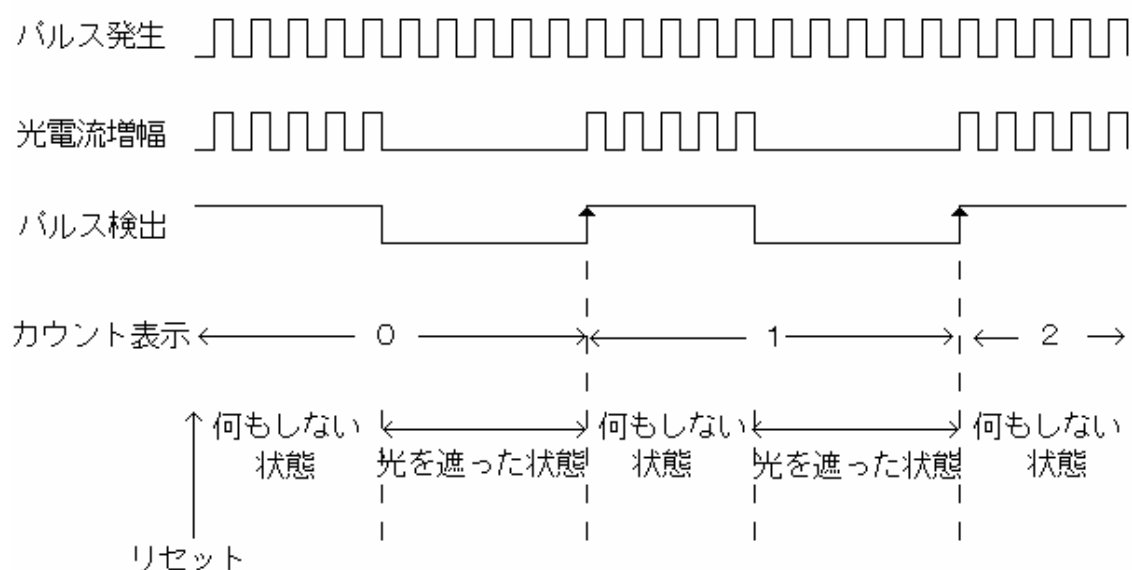


図 2・2 各回路のタイムチャート

カウント表示を見れば分かる通り、カウントアップのみの動作(0 1 2)を表した。光を遮った瞬間、パルス検出は“H”から“L”へ切り替わるもののカウンタに変化は起こらず表示はまだ“0”のみである。光を遮ることをやめた瞬間にパルス検出が立ち上がり、カウンタがプラス1という動作をする。そして、カウント表示が“0”から“1”へと変化する。すなわちパルス検出が“L”から“H”へ立ち上がることによりカウンタが動作するという仕組みになっている。

2.2 発光部

2.2.1 発光部の回路

図 2・1 の発光素子とパルス発生回路を合わせて発光部とし、図 2・3 に回路を示す。

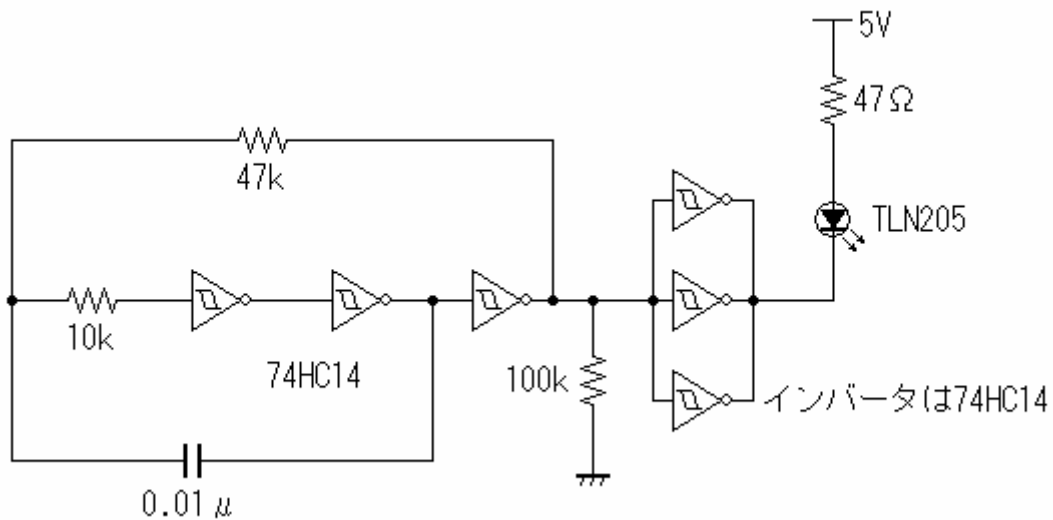


図 2・3 発光部の回路図

発光部は、蛍光灯の影響を少なくするために赤外 LED を用いることにした。ただ光を出すだけであれば直流動作で良いが、人が通らず、動作していないときの消費電流を少なくしたいことと、人が通り、動作したときに発光部・受光部の距離を大きくとっても反応するくらいの発光出力にしたいという 2 つの理由から赤外 LED はパルス動作をさせることにした。このため図 2・3 のように CR 発振回路を前段に設け、また発光出力を大きくするために 47 の低抵抗、そして 3 個のシュミットインバータを並列にするスイッチを用いた。

2.2.2 CR 発振回路

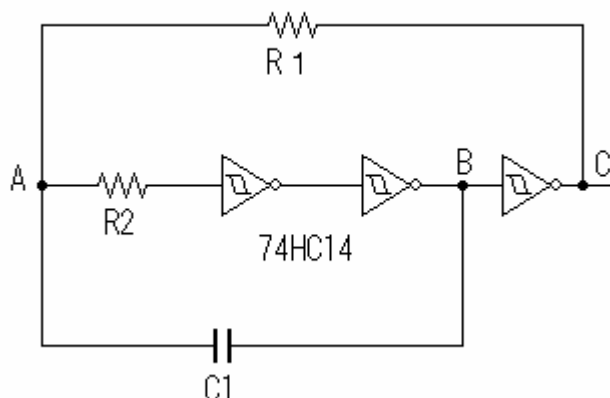


図 2・4 CR 発振回路

図 2・4 に示すように、74HC14 中のシュミットインバータを 3 個リング状に配置する CR 発振回路を用いることにした。この回路の動作は、電源を入れると、A 点は “L” で B 点は “L”、C 点は “H” を出力する。そして、R1 の抵抗を通過して C 点と A 点の間に電位差が生じ、電流が発生する。その電流がコンデンサ C1 に流れて電荷が溜まり始める。コンデンサに電荷が溜まると A 点の電圧が上がり始め、“L” から “H” になる。B 点も “H” となることで C 点は “L” を出力する。C 点が “L” になるとコンデンサは放電を開始し、コンデンサの両端の電圧が低下する。すると、A 点、B 点が “L” になり、C 点が “H” になる。この繰り返しでパルスが発生する。

電流を制限するインバータの保護抵抗として R2(10k)の抵抗を加えてある。

この回路は C1 と R1 の値によって周波数を定めることができる。発光部のパルスを発生させる発振回路の周波数は

$$f[\text{Hz}] = \frac{1}{2.2CR}$$

で表すことができる。これを計算すると

$$f = \frac{1}{2.2 \times 0.01 \times 10^{-6} \times 47 \times 10^3} \cong 967[\text{Hz}]$$

となり、この発振回路で約 1kHz の周波数が得られる。

2.2.3 シュミットインバータの並列接続

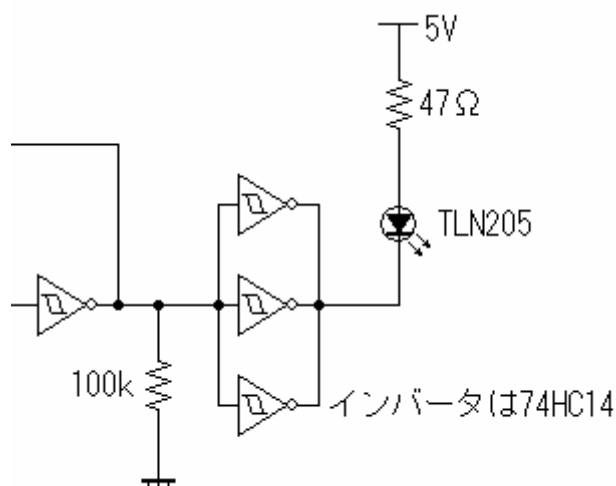


図 2・5 シュミットインバータの並列接続回路

赤外 LED の光出力を多く得るために LED からなるべく多くの電流を流したい。インバータが“L”を出力したときの n チャンネルトランジスタにシンク電流を多く流すことを目的としてインバータを並列接続する。この場合のインバータはヒステリシスを持つシュミットインバータである必要はないが、CR 発振回路で 74HC14 の中に 6 個ある内の 3 個のシュミットインバータを用いているため、残っている 3 個のシュミットインバータを利用する。

100 k の抵抗はインバータの入力“H”と“L”を明確にするための抵抗である。

2.3 受光部

2.3.1 受光部の回路

図 2・1 の受光素子、光電流増幅回路、パルス検出回路を合わせて受光部とし、その回路を図 2・6 に示す。

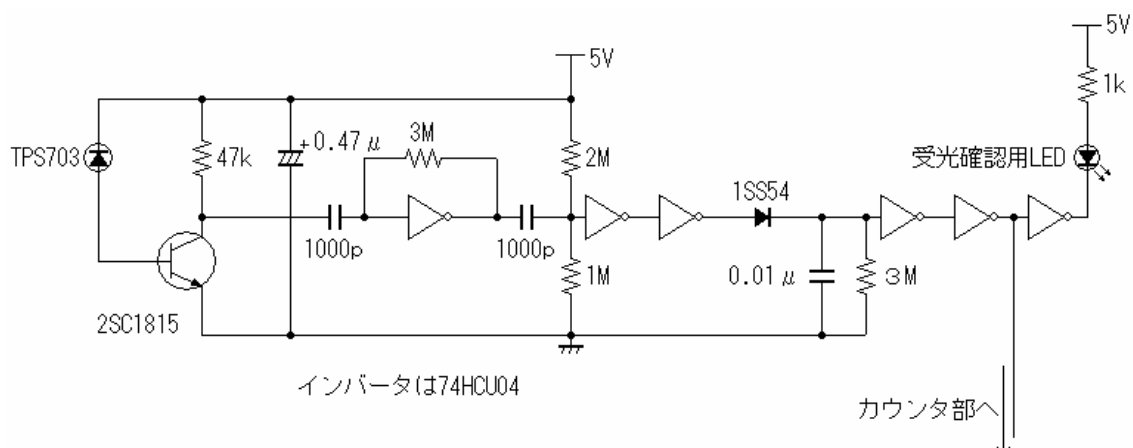


図 2・6 受光部の回路図

受光部は発光素子からの赤外光を受光素子が受けて、光電流増幅回路で電流を増幅させる。そして、パルス検出回路で波形を整形し、パルスを検出する。受光確認用 LED は発光素子の光を受けている時に光らせる。

受光部に使うインバータは通常のインバータ(74HC04)では増幅度が高すぎて異常発振を起こすため、内部構成がバッファなしの 1 段インバータ(74HCU04)を使用する。

2.3.2 光電流増幅回路

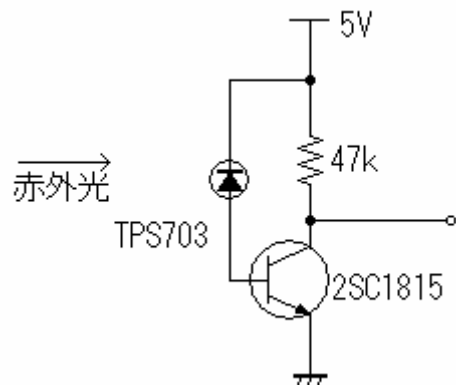


図 2・7 光電流増幅回路

パルス状の赤外光をフォトダイオード(TPS703)で受ける。赤外光が入るとフォトダイオードは低抵抗となり、増幅用トランジスタ(2SC1815)にベース電流が流れる。トランジスタはそれを増幅してコレクタ電流を流す。

2.3.3 CMOS 増幅回路

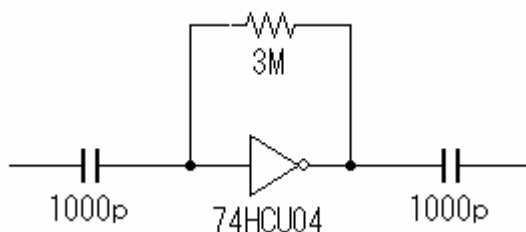


図 2・8 増幅回路

CMOS インバータの入力には定常的な電流は流れないため、入力端子と出力端子に 1M 以上の高い抵抗を入れることにより $V_{in} = V_{out}$ にバイアスする。この時の入出力特性は最も傾きが急になっているため、交流の小振幅動作として特性の良い増幅回路となる。インバータの両側にあるコンデンサは直流を遮断するためのコンデンサである。

2.3.4 バイアス回路

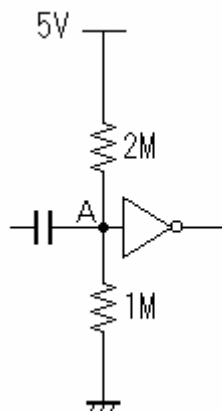


図 2・9 バイアス回路

A 点の電圧は $V_a = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{cc}$ で表され、

$$V_a = \frac{1 \times 10^6}{1 \times 10^6 + 2 \times 10^6} \times 5 \cong 1.7[V]$$

A 点は約 1.7V にバイアスされる。

2.3.5 ダイオードの波形整形回路

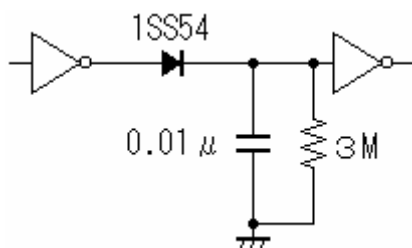


図 2・10 波形整形回路

ダイオードを通すことでパルス波形の + 側は通過することができるが、- 側の波形はダイオードを通ることができないため、+ 側のみのパルスでコンデンサを充電する。

2.4 カウンタ部

2.4.1 カウンタ部の回路

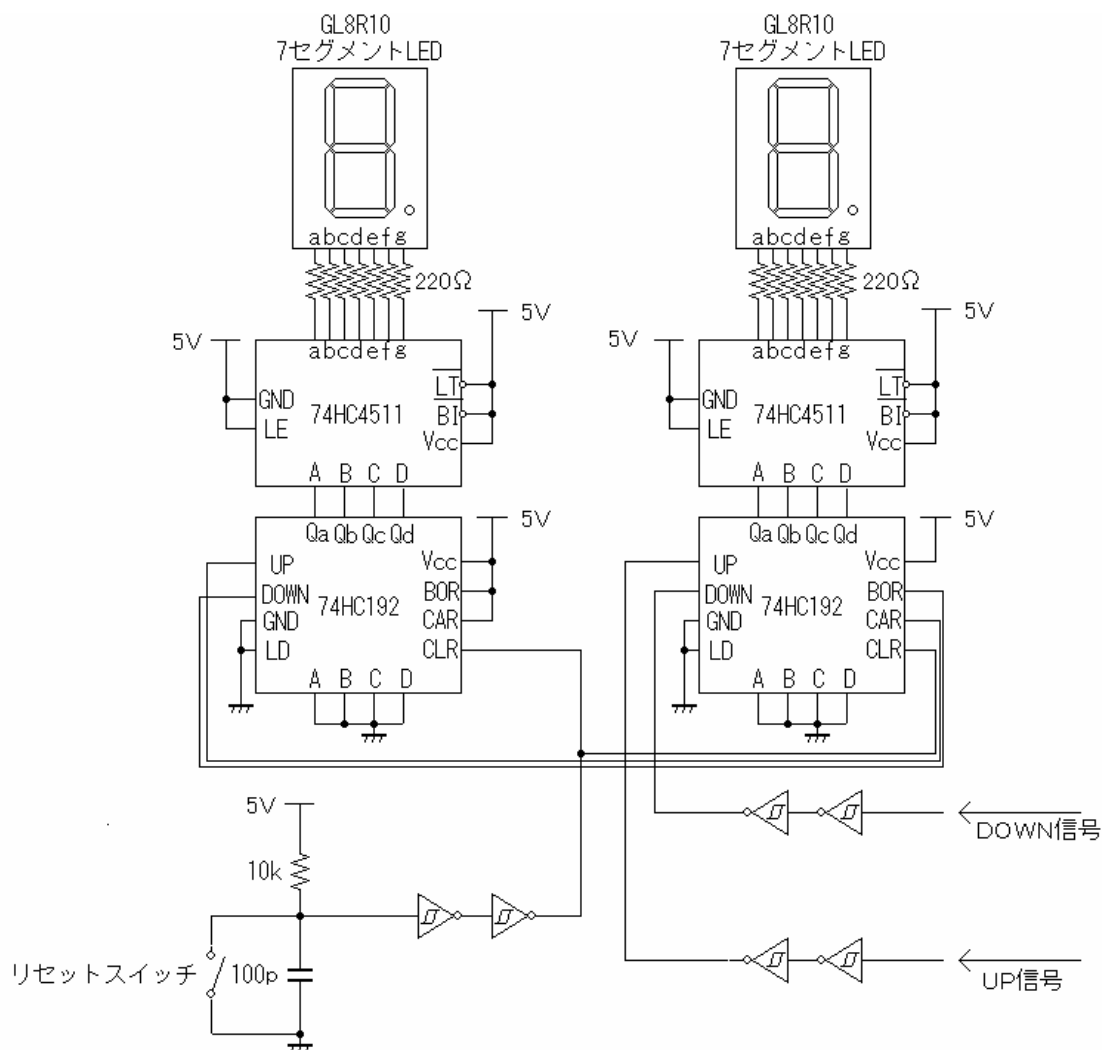


図 2・11 カウンタ部の回路図

入力信号は UP , DOWN、そして、クリアに繋ぐリセットスイッチである。チャタリングを防ぐためにそれぞれシュミットインバータを通す。そして、その出力をアップダウンカウンタ(74HC192)に入れる。7セグメントLEDに表示させるためにデコーダ(74HC4511)に信号を入れ、その出力を7セグメントLED(GL8R10)で表示させる。

第3章 ICの動作と配置配線

使用したICの動作と配置配線を示す。

3.1 インバータIC

室内人数計測器には2種類のインバータICが使われている。発光部、カウンタ部には74HC14、受光部には74HC04、ともに入力電圧を反転させて出力するインバータである。

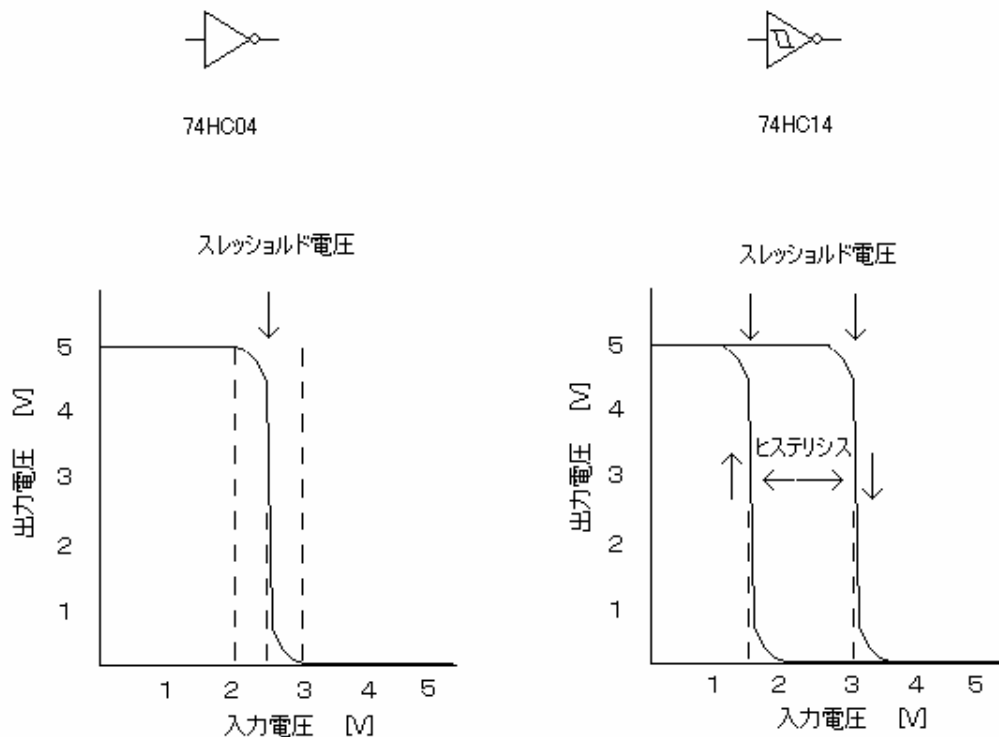


図3・1 74HC04と74HC14の入出力波形

図3・1に74HC04と74HC14の入出力波形を示す。2つの違いは電圧の立ち上がりと立下がりのスレッシュホールド電圧が一致するか一致しないかである。図のように一致しているのが74HC04で、立ち上がりと立下がりのスレッシュホールド電圧に違いが生じているのが74HC14である。

シュミットインバータによるチャタリング除去を図3・2、図3・3で説明する。

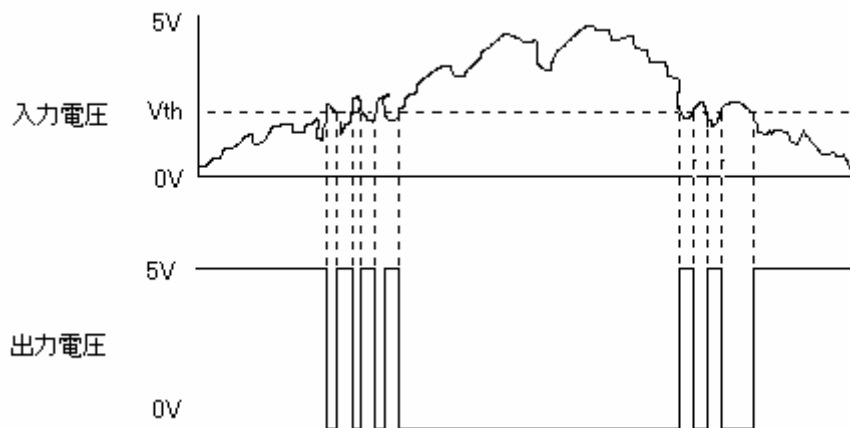


図 3・2 インバータ(74HC04)

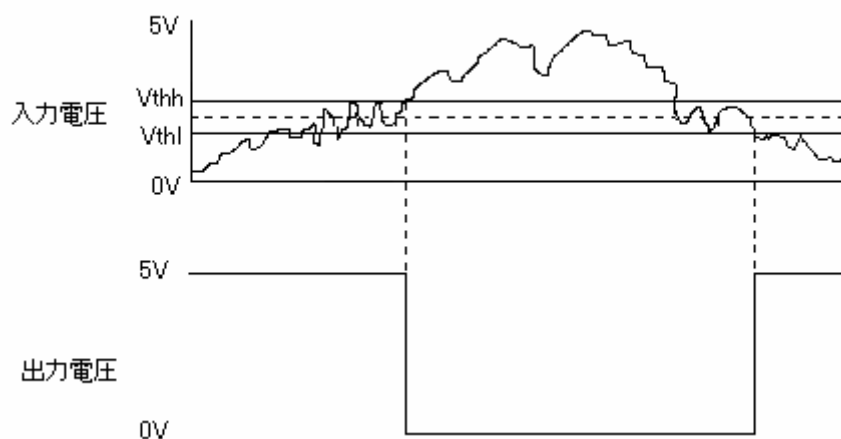


図 3・3 シュミットインバータ(74HC14)

図 3・2 に示すように 74HC04 の波形はスレッシュホールド電圧が 1 つである。74HC04 では、入力電圧がこのスレッシュホールド電圧より高くなったり低くなったりを繰り返すノイズに逐一反応し、出力電圧にその影響が出てしまう。しかし、図 3・3 に示す 74HC14 は “L” “H” の場合と “H” “L” の場合でスレッシュホールド電圧が異なっているため、L レベルと認識する電圧範囲と、H レベルと認識する電圧範囲と間に幅ができる。この幅によってチャタリングを除去することができる。

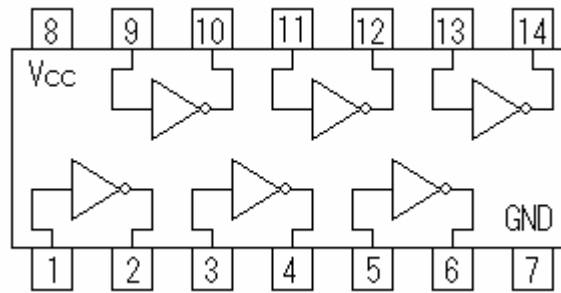


図 3・4 インバータのピン配置

74HC14 にはシュミットインバータが 6 個入っていて、奇数番号が入力、偶数番号が出力になっている。また、7 番ピンと 14 番ピンはそれぞれアースと電源に繋ぐ。

3.2 カウンタ IC

カウンタとは入力された“H”か“L”2種類の信号の変化を数えるものである。数え方は“L” “H”(立ち上がり)の変化を数えるか、“H” “L”(立ち下がり)の変化を数えるかに分類され、IC によってその性質は異なる。また、クロックによって各ビットの出力を同期させる同期式カウンタ、クロックに同期させず各ビットの出力が変化する非同期式カウンタがある。信号の変化を加算していくカウンタをアップカウンタ、加算減算ともに行えるカウンタをアップダウンカウンタと呼ぶ。扱う数値によってバイナリ(純 2 進)、BCD(10 進)、プログラマブル(外部からの設定可能)などに分けられている。

室内人数計測器は部屋の出入りをカウントするため加算と減算ができなければならないので 10 進のアップダウンカウンタ(74HC192)を使用することにする。

使用した 74HC192 の真理値表とピン配置を表 3・1、図 3・5 に示す。

表 3・1 74HC192 の真理値表

| 入力 | | | | | 出力 | | | |
|-----|----|----|------|-----|------------|----|----|----|
| CLR | LD | UP | DOWN | D~A | Qd | Qc | Qb | Qa |
| H | X | X | X | X | L | L | L | L |
| L | L | X | X | D~A | D~Aをそのまま出力 | | | |
| L | H | ↑ | H | X | カウントアップ | | | |
| | | ↓ | H | X | 不変 | | | |
| | | H | ↑ | X | カウントダウン | | | |
| | | H | ↓ | X | 不変 | | | |

表 3・1 の真理値表を元に 74HC192 の動作を説明する。CLR(クリア)に“H”が入れば他がどんな状態であれ強制的に出力は全てのビット(Qd~Qa)が“L”になる。クリアが“L”でLD(ロード)に“L”が入ればあらかじめ決められているD~Aの値がそのまま出力される。

3.2.1 アップ入力とダウン入力の関係

クリアが“L”でロードが“H”の状態にすることにより動作させることが可能となる。このICは立ち上がりのカウントする仕組みになっていて、アップが立ち上がったときのダウンが“H”であることを条件にカウントアップする。もし、ダウンが“L”になっているとアップ動作を行わない。カウントダウンの場合も同じようにダウンが立ち上がったときのアップが“H”になっていることを条件にダウン動作を行う。

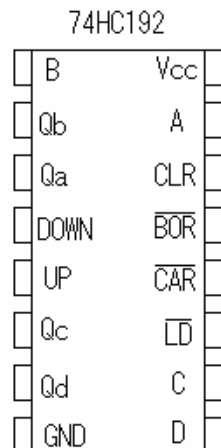


図 3・5 74HC192 のピン配置

図 3・5 にピン配置を示す。今回ロードは使用しなかったため LD は電源に、D～A はアースに接続した。また、センサ部からの信号を UP と DOWN にそれぞれ接続し、桁上げの CAR と桁下げの BOR を次の桁のカウンタの UP と DOWN に繋げる。

3.3 デコーダ IC

デコーダとは、ある法則でコード化された信号を解読して元の形に戻すことを目的とする。何本かある入力にそれぞれ“H”か“L”どちらかの信号を入力し、どの入力にどの信号が入っているかを認識する。そして、それらのパターンによって出力される信号が区別される仕組みになっている。

今回、7セグメント LED にコモン・カソードを用いたので、“H”で点灯しなければいけないということを考慮して 74HC4511 を使用した。真理値表とピン配置を表 3・2 と図 3・6 に示す。

表 3・2 74HC4511 の真理値表

| | 入力 | | | | | | | 出力 | | | | | | |
|------|----|---|---|---|----|-----------------|-----------------|---------------------|---|---|---|---|---|---|
| | D | C | B | A | LE | \overline{LT} | \overline{BI} | a | b | c | d | e | f | g |
| 0 | L | L | L | L | L | H | H | H | H | H | H | H | H | L |
| 1 | L | L | L | H | | | | L | H | L | L | L | L | |
| 2 | L | L | H | L | | | | H | L | H | H | L | H | |
| 3 | L | L | H | H | | | | H | L | L | L | H | | |
| 4 | L | H | L | L | | | | L | H | L | L | H | H | |
| 5 | L | H | L | H | | | | H | L | H | L | H | H | |
| 6 | L | H | H | L | | | | L | H | L | L | H | H | |
| 7 | L | H | H | H | | | | L | H | L | L | L | L | |
| 8 | H | L | L | L | | | | H | L | H | H | H | H | |
| 9 | H | L | L | H | | | | L | H | H | H | L | L | H |
| 表示なし | H | X | H | X | H | L | L | L | L | L | L | L | L | |
| | H | H | X | X | | | L | L | L | L | L | L | L | |
| | X | X | X | X | | | L | L | L | L | L | L | L | |
| Lテスト | X | X | X | X | X | L | X | H | H | H | H | H | H | H |
| | X | X | X | X | H | H | H | LEが'H'になる直前の状態を保持する | | | | | | |

74HC4511 は D~A の入力信号で 0~9 までを区別し、出力する。それ以外の 10~15 までの入力は全て“L”として出力される。

LE を“L”にして LT と BI を“H”にすることで入力信号が出力される。LT はランプテストで“L”にすると強制的にすべての出力が“H”になる。また、逆に BI を“L”、LT を“H”にするとすべての出力が強制的に“L”になる。

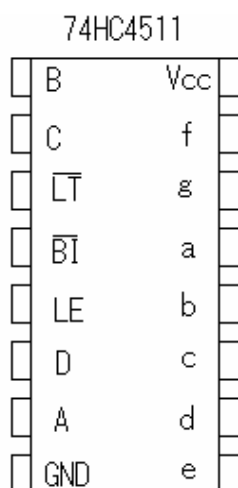


図 3・6 74HC4511 のピン配置

図 3・6 に 74HC4511 のピン配置を示す。カウンタの出力を D~A に入力し、動作させるために LT と BI は電源に、LE はアースに接続する。a~g を出力として 7 セグメント LED に入力される。

3.4 7 セグメント表示器

7 セグメント表示器は大きく 2 種類あり、端子に “H” が入力されれば LED が点灯するのがコモン・カソード、“L” で点灯するのがコモン・アノードである。

使用した GL8R10 について図 3・7 で説明する。

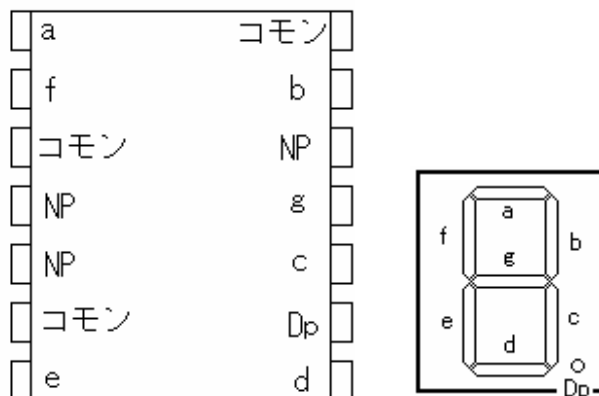


図 3・7 GL8R10 ピン配置

a~g はそれぞれ 7 つある LED に繋がっていて、Dp は小数点の LED に繋がっている。NP はピンが無いことを表す。コモンは共通端子で、コモン・カソードである GL8R10 はコモンをアースに接続する。

これらの IC の動作とピン配置を理解した上で配置配線を行った。カウンタ部の IC の配置配線を図 3・8 に示す。なおセグメントとデコーダの間に入れる抵抗は省略してある。

3.5 カウンタ部の配置配線

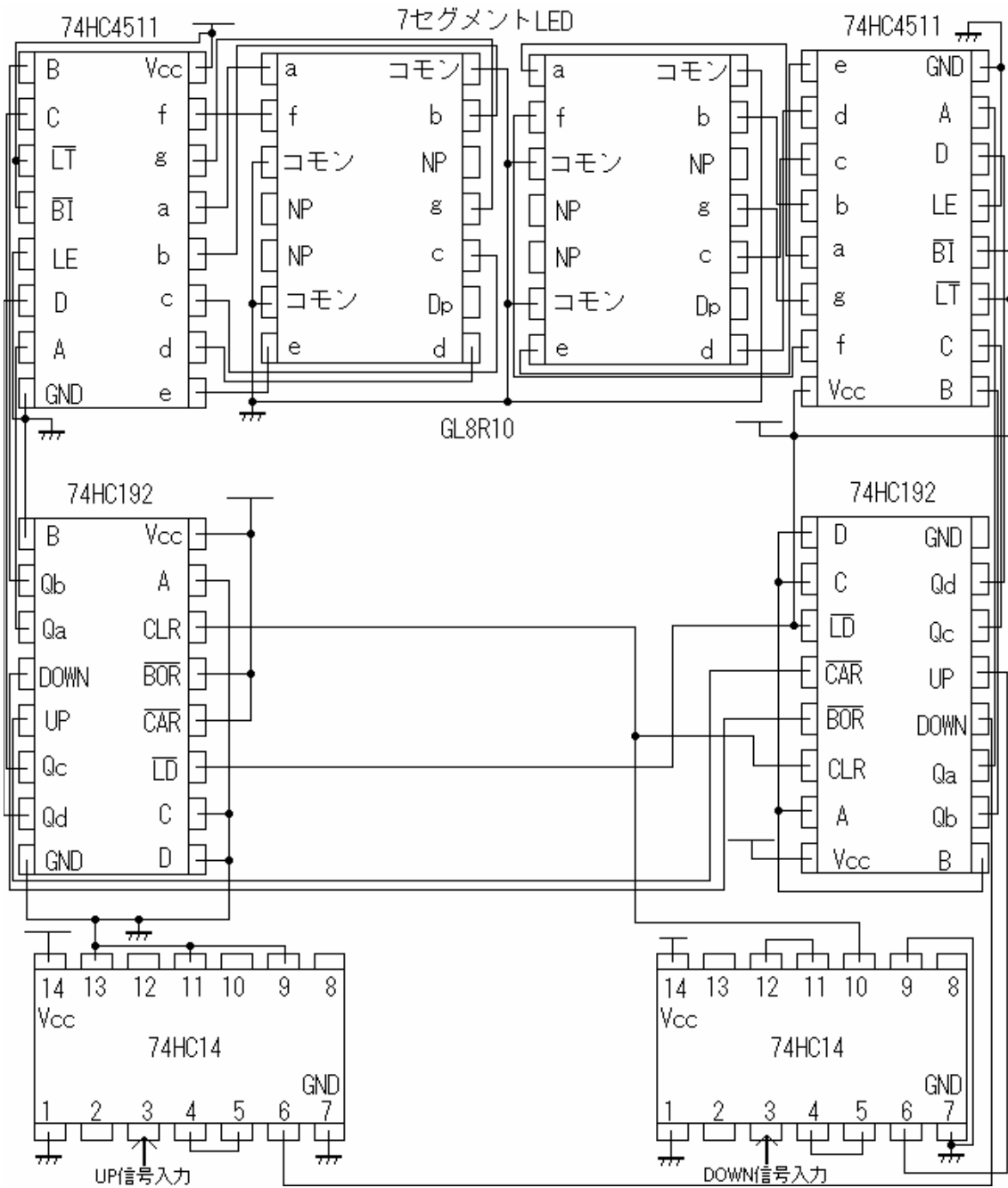


図 3・8 IC の配置・配線

第4章 評価

発光部、受光部、カウンタ部の製作が終了し、それぞれの回路の評価を行う。

4.1 各部分の動作確認

4.1.1 発光部と受光部

赤外 LED は光が見えないため、受光確認用 LED の反応を見て 2 つのセンサの動きを確かめる。蛍光灯下ではフォトダイオードが赤外 LED の光以外を認識するために、赤外 LED を遮っただけではカウント動作をしない。どんな場所でも正常な動作をさせるため、受光部を覆って蛍光灯の光で誤動作が起こらないようにした。

光軸を合わせると発光部、受光部とも確認用 LED が点灯した。次に光を遮ると両方とも LED は消灯した。これにより、センサとしての機能を確認できた。

4.1.2 カウンタ部

カウンタ部の動作を確認する。ファンクションジェネレータを用いて 1Hz のパルスを入れ、アップ入力、ダウン入力の正常な動作することを確認した。

4.2 全体の動作確認

受光部の出力をカウンタ部の入力に繋げて動作をテストした。前述の通り個別の動作は正常であった。しかし、7セグメント表示器には正しい値が表示されなかった。アップ入力、ダウン入力ともに、立ち上がりと立ち下がり両方に反応して不規則な数字に変化していった。各部分は正常に動作していたので、受光部からカウンタ部へ入力される信号に注目してみた。その信号を図 4.1 に示す。

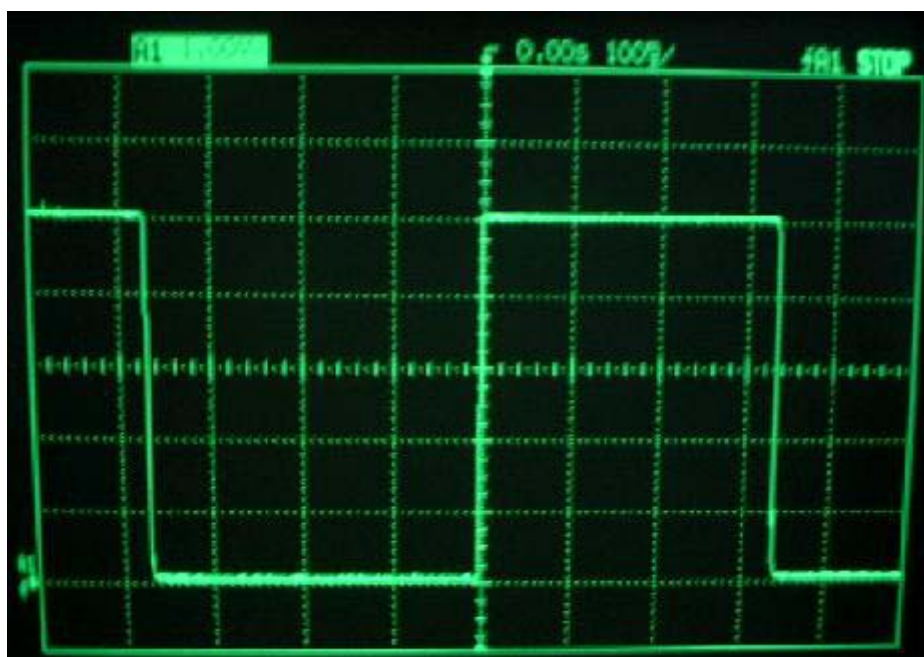


図 4・1 出力信号波形

図 4・1 は一見正常なパルス波形に見える。しかし、時間間隔を狭めて詳しく見ると図 4・2 に示すようにチャタリングが起きていることが分かった。

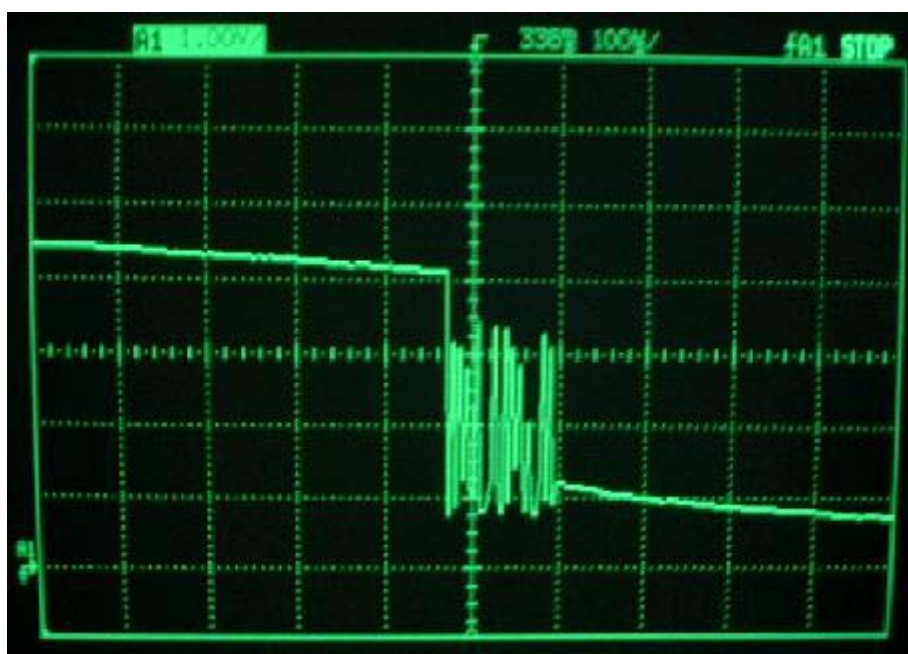


図 4・2 チャタリング波形

4.2.1 チャタリング除去

図4・2よりチャタリングの持続時間は約 $150\mu\text{s}$ であるから、約 7kHz の周波数である。

この高周波をカットし、低周波のみを出力させることができればチャタリングを除去することができる。そのためにローパスフィルタを用いることにした。 $1\mu\text{F}$ のコンデンサと 100k の抵抗を使用し、特性周波数 10Hz をとして、ローパスフィルタを構成し、高周波をカットすることにする。ローパスフィルタを通して出力された波形を図4・3に示す。

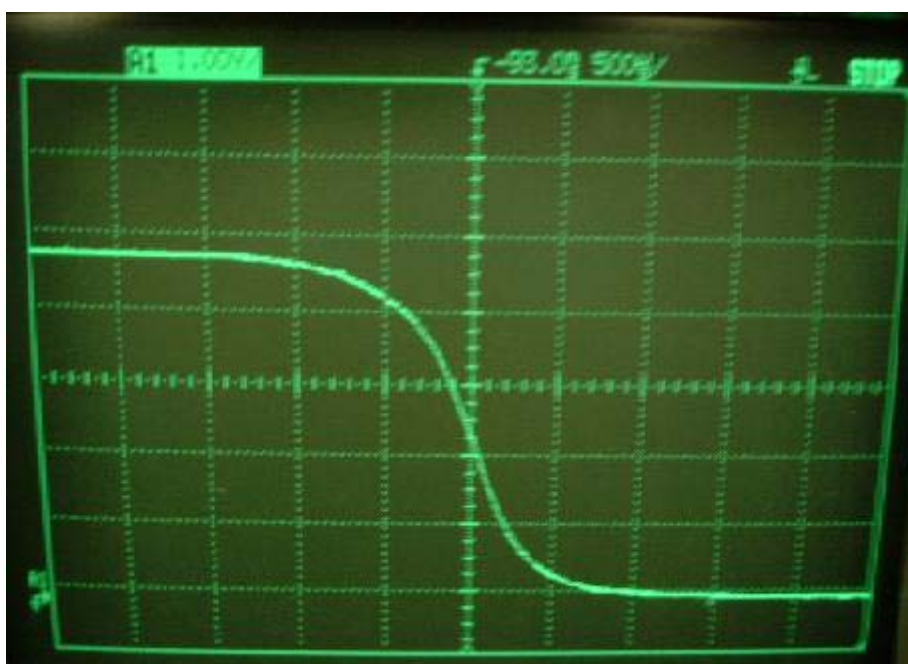


図4・3 ローパスフィルタの出力波形

図4・3に示す通り、チャタリングを除去することができた。

これにより、アップとダウンの出力波形が整形されてカウンタ部へ入力されることで正常な動作を確認できた。ローパスフィルタを接続した部分の回路図を図4・4で示す。

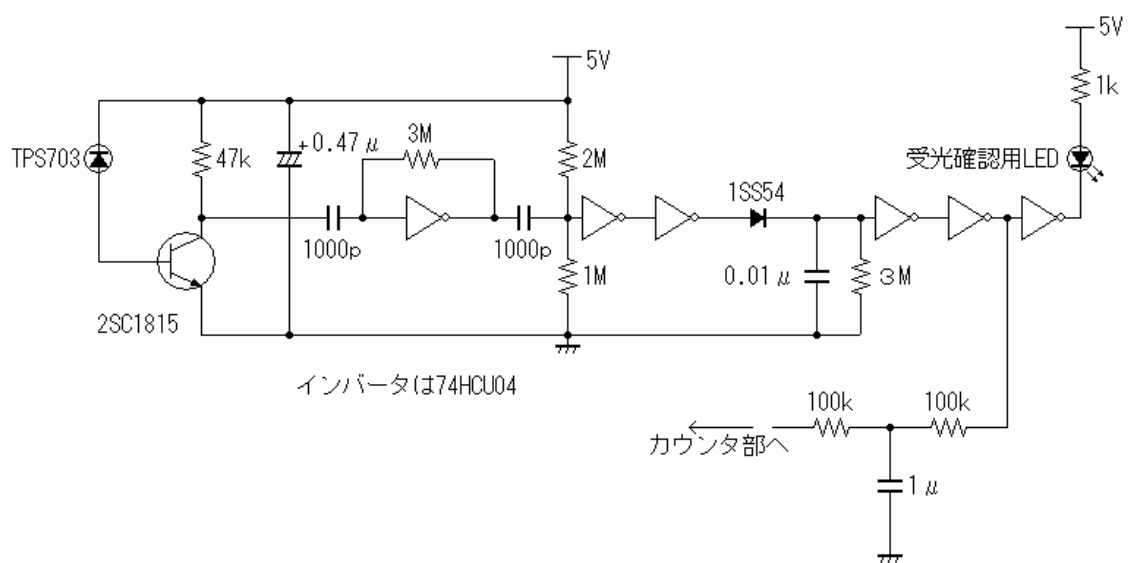


図 4・4 チャタリング除去後の受光部

インバータからの出力にローパスフィルタを加えた。その出力をカウンタ部に入力することによって正常なカウント動作を行うはずである。

4.2.2 カウント動作の確認

入り口用のセンサの赤外光を遮断して“00”から“99”まで、カウントアップ動作の確認を行う。そのときの2つのカウンタ(74HC192)の波形を図4・5に示す。

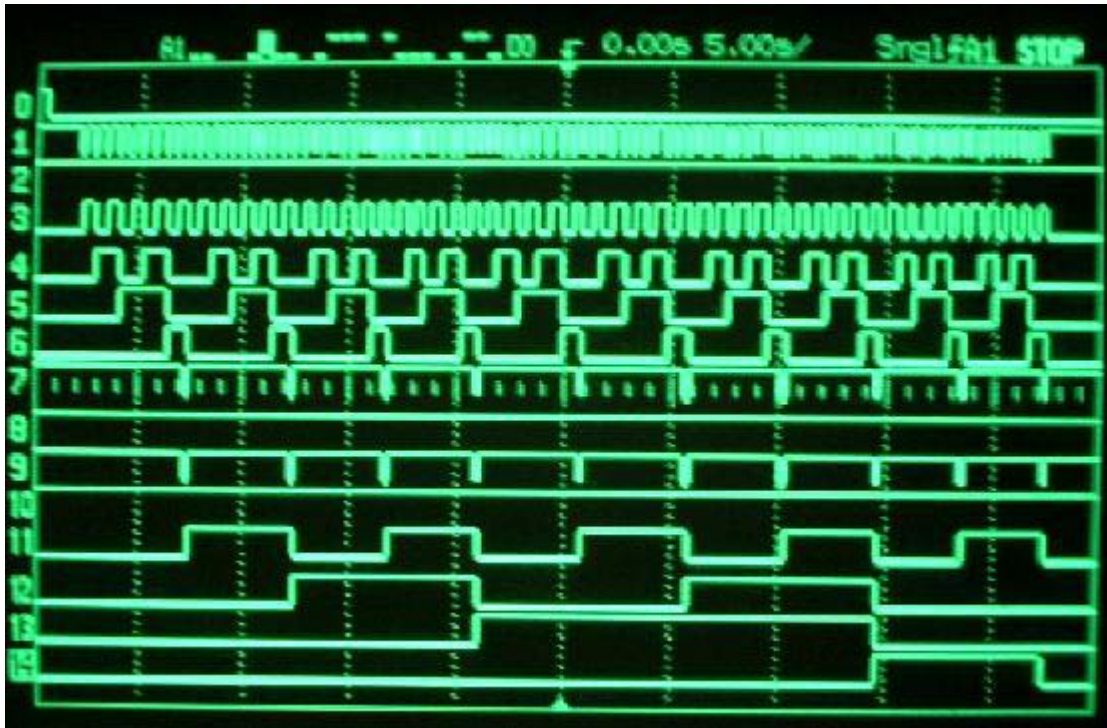


図 4・5 カウントアップ動作 (00 から 99)

< 1 の位 >

< 10 の位 >

0 : CLR

9 : UP (CARRY から入る)

1 : UP (赤外光遮断の信号)

10 : DOWN (BORROW から入る)

2 : DOWN (H レベルに固定)

11 : Qa (出力)

3 : Qa (出力)

12 : Qb (出力)

4 : Qb (出力)

13 : Qc (出力)

5 : Qc (出力)

14 : Qd (出力)

6 : Qd (出力)

7 : CARRY (桁上げ出力)

8 : BORROW (桁下げ出力)

(この波形の説明の順番は図 4・6、図 4・7 も同じ配置で使用される)

次に出口用のセンサで“99”から“00”までのカウントダウン動作の確認を行う。そのときの波形もカウントアップのときと同様に、図4・6で確認した。出力用のセンサで赤外光を遮断することにより、“99”から“00”までカウントダウンすることを確認できた。

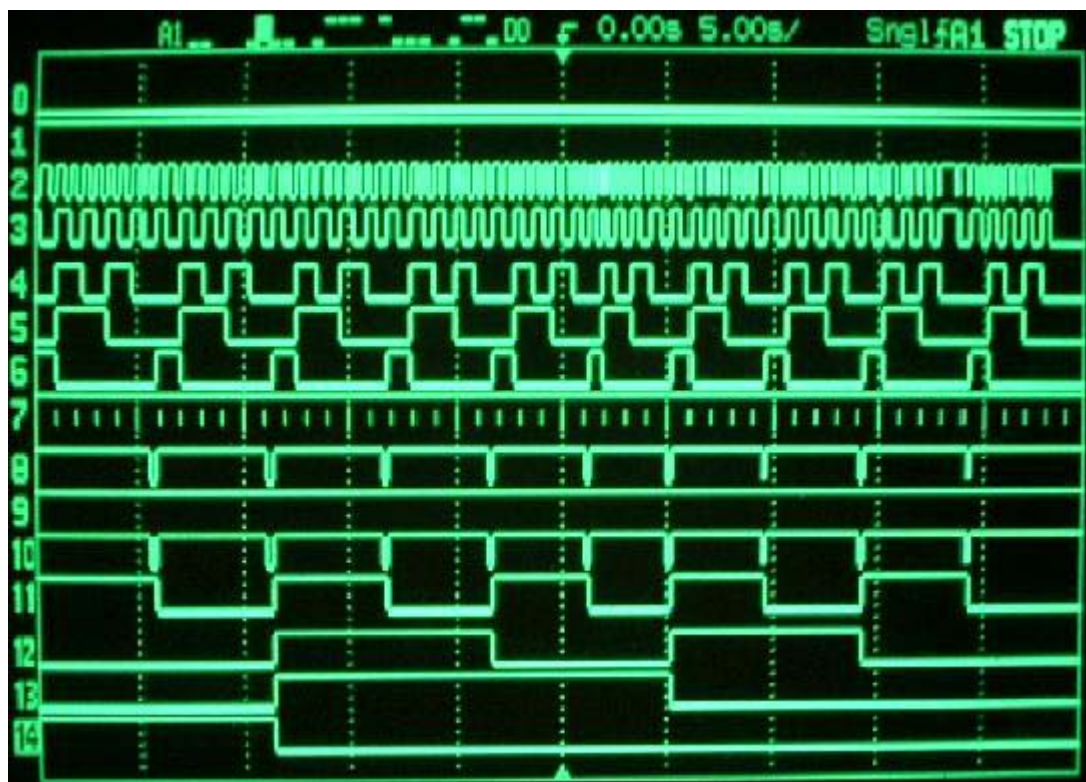


図4・6 カウントダウン動作（99から00）

次にアップとダウン両方の動作を図4・7に示す。

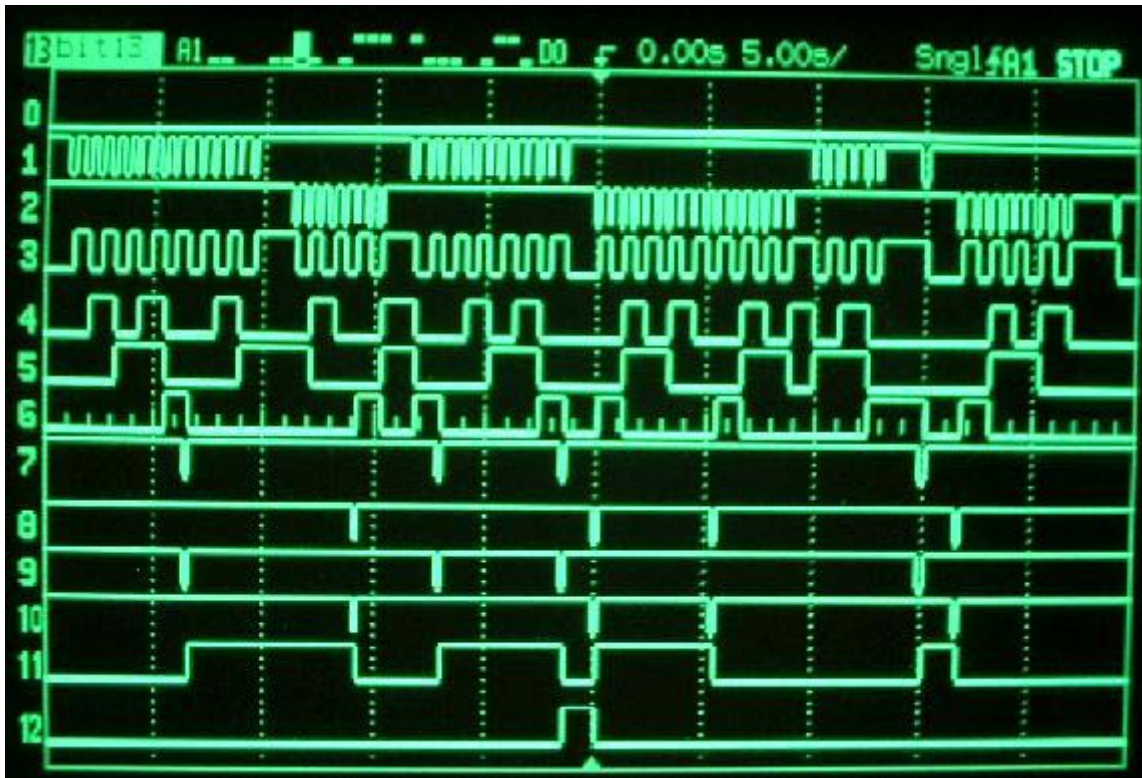


図 4・7 アップダウン動作

図 4・7 はアップとダウンの動作を交互に行ったときの波形である。

始めに 15 カウントアップし、7 カウントダウンする。次に 12 カウントアップして、17 カウントダウンする。また 7 カウントアップして、最後に 10 カウントダウンする。

このパルスを実際に部屋の中に居る人の人数の変化として考えた。

図 4・7 の場合

0 人 15 人 8 人 20 人 3 人 10 人 0 人
 UP DOWN UP DOWN UP DOWN

という人数の変化を表している。

これにより発光部、受光部のセンサとしての正常な動きは確認できた。

4.3 センサの反応時間

赤外光を遮った状態からそれをやめた状態、つまりはパルスが立下がる瞬間から立ち上がる瞬間までの間隔がどれくらいであればカウント動作を行い、どれくらいであればカウント動作を行わないか、というセンサの反応時間を調べる。

4.3.1 測定方法

赤外光を遮る時間を適当に手動で変化させ、それぞれの時間ごとに受光部の出力パルスとカウンタ部の入力パルスをオシロスコープで確認する。どれくらいの時間間隔でカウント動作をする、しないの判断がされているかを調べる。

入り口と出口のセンサの出力は先に述べた通り、ローパスフィルタを通していため、10Hz以上の高周波は遮断されてカウンタ部へ入力される。これを考慮すると理論上はアップ、ダウンともに立ち上がりと立下がりの時間間隔が100msを境目としてカウント動作の有無が区別されるものと推測される。

4.3.2 入り口のセンサ



図 4・8 カウントアップパルス

(0 : CLR、1 : UP、2 : DOWN、3 : Qa、4 : Qb、5 : Qc、
15 : 受光部のインバータからの出力とする)

図 4・8 より、受光部から出力されているパルス(15)の中に UP(1)で認識されていないパルスが存在していることがわかる。この UP で認識されたパルスと認識されなかったパルスを分類して、図の一番下に当たる 15 番のパルスの時間間隔(パルスの立ち下がりから立ち上がりまで)を計測した。

UP で認識されたパルスの時間間隔は 110ms 以上であった。また、認識されなかったパルスの時間間隔は 110ms 以下であった。パルスの時間間隔が 110ms のときに UP で認識されているパルスと認識されていないパルスの両方が存在していた。

4.3.3 出口のセンサ

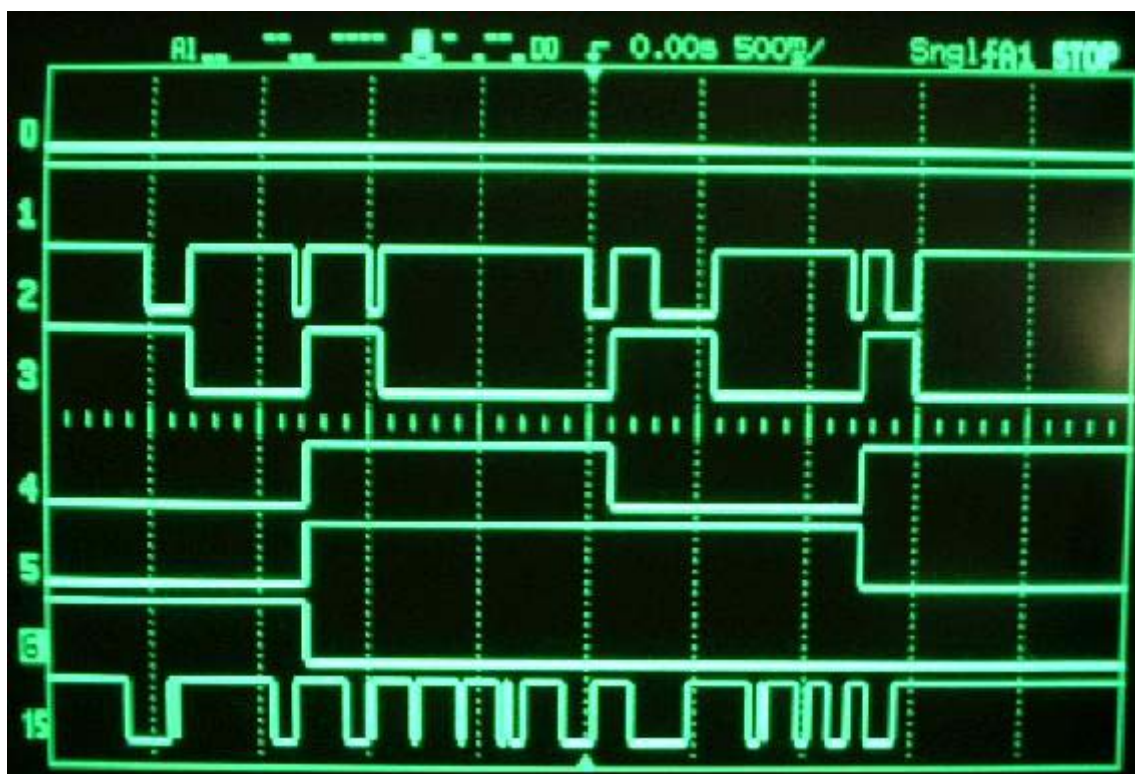


図 4・9 カウントダウンパルス

(0 : CLR、 1 : UP、 2 : DOWN、 3 : Qa、 4 : Qb、 5 : Qc、 6 : Qd
15 : 受光部のインバータからの出力とする)

入り口と同じように出口もカウンタ部の DOWN(2)で認識されたパルスと認識されなかったパルスに分類して図の一番下に当たる 15 番の波形の時間間隔を計測した。すると今度は 90ms 以上時間間隔が開いたときのパルスは認識され、90ms 以下の時間間隔のパルスは認識されなかった。また、90ms のときに DOWN で認識されているパルスと認識されていないパルスの両方が存在していた。

4.3.4 測定結果

2 つのセンサの計測結果から入り口のセンサは光を遮ってから 110ms 以上経ってはじめてアップカウント動作し、また、出口のセンサは光を遮ってから 90ms 以上経ってはじめてダウンカウント動作するということが分かった。

4.4 回路全体の消費電力

4.4.1 消費電流

電源と回路にデジタルマルチメータを直列に接続して消費電流を測定する。状態としてセグメントの消費電流が1番少ない(LEDが4個点灯)“11”のとき、1番多い(LEDが14個点灯)“88”のときの測定を行った。

“11”のときの消費電流を測定した結果 118.5mA

“88”のときの消費電流を測定した結果 177.1mA

7セグメントLED1個に流れる電流をA、LED以外に流れる電流をBとすると次のような式が成り立つ。

“11”のとき $118.5\text{mA} = 4A + B$

“88”のとき $177.1\text{mA} = 14A + B$

この2つの式を解くと、 $A = 5.86\text{mA}$ $B = 95.06\text{mA}$ となり、セグメントのLED1個あたりの消費電流は5.86mAで、それ以外の回路の消費電流は95.06mAである。

室内人数計測器の回路には赤外LEDを2個使用している。そのデータシートより、順方向電圧1.9V、順方向電流50mAであることから、上記の95.06mAは理解できる。

4.4.2 消費電力

上記の消費電流からこの回路の消費電力を計算した。

“11”のとき $5\text{V} \times 118.5\text{mA} = 592.5\text{mW}$

“88”のとき $5\text{V} \times 177.1\text{mA} = 885.5\text{mW}$

4.5 完成品

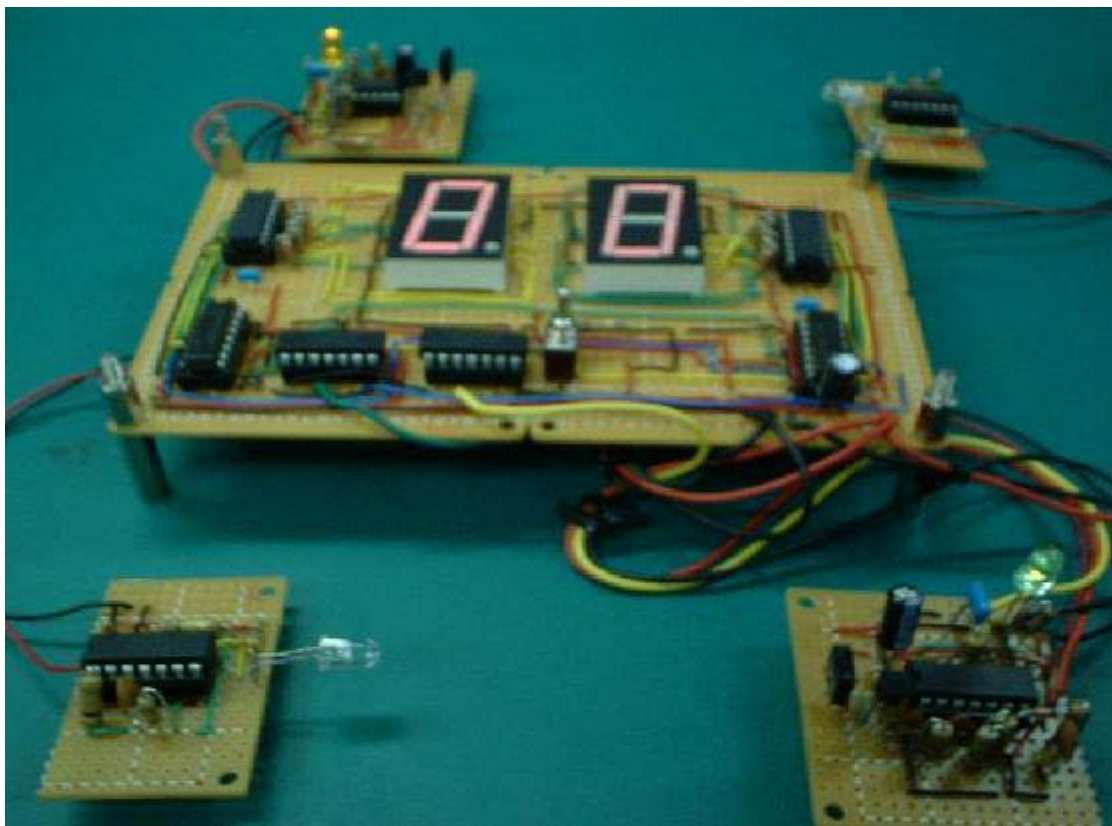


图4·10 完成品

第5章 まとめ

予想していたよりも製作には時間を費やした。設計では自分の考えた回路を確実に構成し、シミュレーションすることができたが、製作ではそうはいかなかった。はんだ付けを一つ間違えただけで回路構成が変わってしまうため、誤動作が起こる。細心の注意を払い、丁寧に進めることの重要性を感じた。また、設計段階では気付かなかった問題も起こった。シュミットインバータを通していたにもかかわらずチャタリングが起きた回路は良い例だと思う。シミュレーションだけでは予測できないことが起こる、製作することで身をもって経験した。

仕様設計に始まり、回路設計、Multi Sim でのシミュレーション、そして、それらを実装すること、さらに測定を通して不具合を発見し回路を改良していくなど、多くのことを経験できた。このことは将来的にとっても有意義である。

謝辞

今回の卒業研究において、懇切丁寧にご指導くださった原 央 教授に心から感謝いたします。矢野 政顕 教授、橘 昌良 教授には輪講で大変お世話になり深く感謝いたします。また、実験をする上でさまざまなご指導を頂いた同研究室の大学院生である新妻 研作 氏、柏田 知志 氏をはじめ、種々助言を頂いた卒研生の秋田 啓志 氏、児島 早紀 氏に深く感謝いたします。

参考文献

- 湯山 俊夫、『デジタル回路の設計・製作』、CQ 出版、1999
- 湯山 俊夫、『デジタル IC の回路設計』、CQ 出版、1999
- 川又 晃、『パルス・デジタル回路』、日刊工業新聞社、1995
- 白土 義男、『デジタル IC の基礎』、東京電機大学出版局、2001
- 白土 義男、『IC 回路セミナー』、東京電機大学出版局、1999
- 成田 福雄、『ロジック IC ハンドブック』、株式会社工学社、1993