

プライベート電波時計塔の製作

著者 尚永優美香

指導教員 高久有一

1. はじめに

電波時計は正確に時間を表示するが、電波の入りにくい鉄筋コンクリートの建物内では時間合わせがうまくいかないことがある。そこでプライベート電波時計塔から電波を送信することで、電波の入りにくい場所でも時間合わせができるようにする[1]。

2. 研究概要

ワンチップマイコンの PIC(Peripheral Interface Controller) を用いてプライベート電波時計塔を製作する。電波時計が受信する 40KHz(搬送波)と時間データ(変調波)の生成、搬送波と変調波を合成する部分をそれぞれ製作する。3 個の PIC とアンテナを組み合わせて、時間情報を送ることで、電波時計の時間合わせを行う。

3. PIC

PIC とはコンピュータの周辺に接続される周辺機器との接続部分を制御するために開発された「マイクロコントローラ」と呼ばれる領域の IC である。それほど高機能、高速性は必要としないが、周辺機器を制御するのに便利な機能を内蔵している。

PIC の中には演算機能、プログラムを格納するメモリや、タイマ、アナログ入力、シリアル通信などの周辺モジュールが内蔵されている。PIC の種類が豊富なので用途に応じた PIC を用いることができる。

PIC の入出力はデジタルポートでは 1(High)か 0(Low)である。

4. 電波時計とプライベート電波時計塔

4.1 電波時計

以下が電波時計の動作原理である[2]。

- ① 送信所から送信される標準電波を、時計内に内蔵されているアンテナで受信
- ② 受信 IC で受信信号の増幅を行い、アナログデータからデジタルデータへと受信信号を変換
- ③ デジタルの時刻コードを CPU へ送信 CPU で時刻コードから時刻情報を解析
- ④ タイムコードに基づき時刻を表示

4.2 タイムコード

日本標準時の年や月日(通算日)、時間、曜日やうるう年などの情報を2進化10進法で60個のデータに表したものをタイムコードという。タイムコードはパルス信号レベルを100%(ハイレベル)の出力から10%(ローレベル)の出力に切り替わるよう変化させたパルス列で表される。電波時計はタイムコードを受信することで、

時間を修正している[3]。

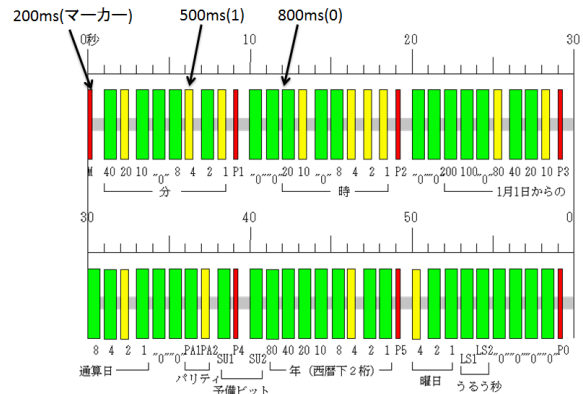


図 1 タイムコード

図 1 は実際に送られるタイムコードである。2004 年 4 月 1 日 17 時 25 分木曜日、1 カ月以内にうるう秒なしを表している。

4.3 搬送波

電波時計は 40KHz または 60KHz の電波を受信して時刻合わせを行う。今回は 40KHz の電波を生成する。40KHz の周期 T は

$$T=1/4000000=25 \mu s$$

である。12.5 μs 間隔で出力を 0 と 1 で切り替えることで、40KHz を生成する。

4.4 変調波

60 個のタイムコードを 1 秒に 1 個ずつ送信することで、1 分間かけてすべてのデータを送信する。タイムコードは 0 と 1 とマーカー (M) またはポジションマーカー (P0~P5) の 3 つの情報で構成されている。

この 3 つの情報は、40KHz の信号を 200 ミリ秒送信し、無信号を 800 ミリ秒継続すると「マーカー」と認識される。「0」は 800 ミリ秒の信号+200 ミリ秒の無信号、「1」は 500 ミリ秒の信号+500 ミリ秒の無信号という組み合わせが定められている。誤差は±5 ミリ秒となっている。

各秒の始まりはパルス信号の立ち上がりで示される。パルスの立ち上がりの 55% (10% 値と 100% 値の中央) が標準時の 1 秒信号に同期する。

電波時計の時間合わせは約 4 分~20 分必要なのでタイムコードは数分間送信し続けなければならない。

5. 実験結果

搬送波用の PIC1、変調波用の PIC2、PIC1 と PIC2 を合成用する PIC3 を製作した。

5.1 搬送波の生成

PIC1 から 0(Low) が 12.5 μs 間出力するように NOP 命令を挿入し、出力を 1(High) に切り替え、同様に 12.5 μs 分 NOP 命令を挿入することで、

40kHz を生成する。

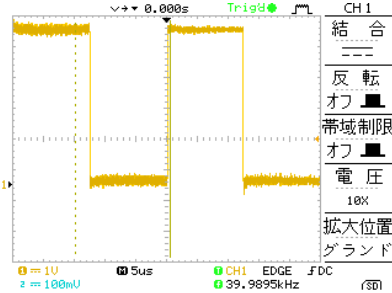


図 2 搬送波の波形

図 2 は搬送波を生成した結果の波形である。結果は 39.99kHz を出力したのでほぼ 40kHz が出力できた。

5.2 変調波の生成

送信する時間は 2004 年 4 月 1 日 17 時 00 分で、1 時間分のタイムコードを送信できるようにした。

タイムコードによって「マーカ」は 200ms の間 1(High)を出力し、800ms は 0(Low)。「1」は 500ms の間 1(High)を出力し、500ms は 0(Low)。「0」は 800ms の間 1(High)を出力し、200ms は 0(Low)を出力する。

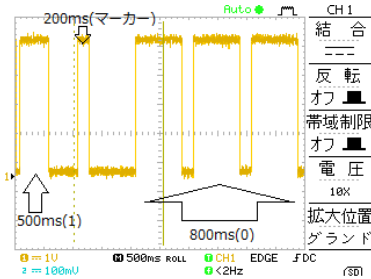


図 3 変調波の波形

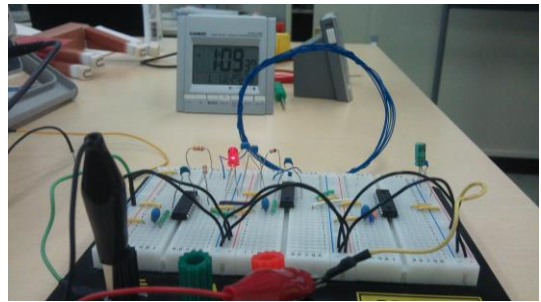


図 5 実験風景と実験結果



図 6 電波時計の受信感度

6. まとめと今後の課題

電波時計は電波の受信感度がいいと 4 分～20 分程度で時間合わせが完了する。1 時間たっても電波時計の表示が 17:00 にならないので、タイムコードが受信できていないことがわかる。

微調整している途中である。

日本では電波法が定められている。試験設備の外部における電界強度が 3m の距離における電界強度に補正した値が図 7 で示されたレベルより低いものであれば、無線局の免許を受ける必要はない。今回の実験では実際に電波を飛ばしている際に 3m 電波時計を離すと。よって今回の実験では電波法の違法にならない[4]。

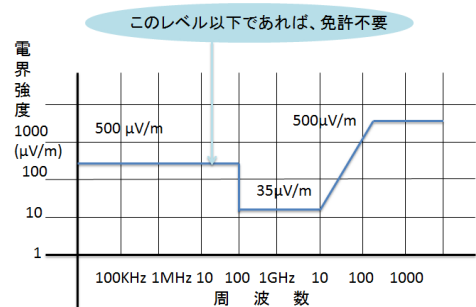


図 7 電波強度レベル

[参考文献]

[1] 米田聡 (2013) 『日系 Linux 2013/7 号』日経 BP 社 pp.92-102
 Raspberry Pi で作る”電波時計塔”
 [2] 電波時計の仕組み
<http://www.seiko-watch.co.jp/support/function/wave01.php>
 [3] 「日本標準時グループ」
<http://jjy.nict.go.jp/index.html>
 [4] 「総務省東海総合通信局」
<http://www.soumu.go.jp/soutsu/tokai/denpa/index.html>

5.3 PIC1 と PIC2 の合成

PIC1 と PIC2 の出力の論理積を取ることで、タイムコード通りの情報を送信できる。

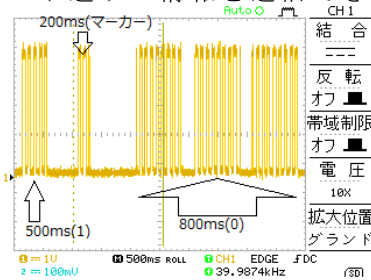


図 4 搬送波と変調派の波形の合成

初期条件

- ① 波時計の時刻は 12:00
- ② 電波時計は強制受信モードにしておく

図 6 は電波時計に 2004 年 4 月 1 日 17 時 00 分から 1 時間分タイムコードを送信した結果である。

図 6 は電波時計が実際に電波の受信感度を目で見ることが出来る。