



Planetarium Power-up Project

ELECTRO

目指すもの(忘れてはならない)

- 壊れない
- 高性能
- 安価
- 簡単操作
- 安全
- 省エネ(高消費機は疲弊や過電流などの事故を誘発しやすい)

理想論と言われても仕方ない条件だがこれを目指す

前回、電源系の補足というか豆知識

- 前も書いてて言ってなかったけど、ステレオジャックって2系統なのに3つ端子があるんですよ。
- 2007年に月探査衛星「かぐや」の打ち上げが1ヵ月延期になりましたよね、あれ、回路の最終チェック中に電解コンデンサ(厳密にはタンタルコンデンサ)の極性逆接続が見つかったからなんです。
 - 間違いが発見されていなければ発火して、かぐやは正常飛行していなかった可能性が高いです。本当に怖い。そして、見つけた技術者さんエライ。

電気系が作らねばならないものと予定

- 電源部

～4月中旬

- 調光部(朝焼け/夕焼け/昼光/恒星電球)

4月中旬～6月上旬(より早くしたい)

- モータードライブ部

6月上旬～8月中旬

- 急ぎ足だけど頑張りましょ

調光部の設計

- 調光部は電球に電力を調節し送り込むための装置である。
- それに要求される機能は、電源から必要な電力を供給し明るさを調節できることである。
- さらに、色数と操作性も加味した上で満足な昼光/朝夕焼け/恒星球などの明かりを提供する。
- すなわち、システム設計と色構成について行う。
- システム構築と明るさの調節について実験を行う
- この資料ではシステム設計のみ扱います

一応...

- 今日の勉強会は授業に直せば、

- 論理回路(情報知能工学科専門科目/1前)
- 情報科学(全学)

今日の勉強会は
単位認定できそう

マニアック

あたりが絡んできます。結構専門的な領域なんで、わからなくても大丈夫です。でも、一応頑張りましょう。

- 一応、今回の資料の灰色の部分は特に飛躍した内容です。一応やりますけど、気にしなくてもいいです。

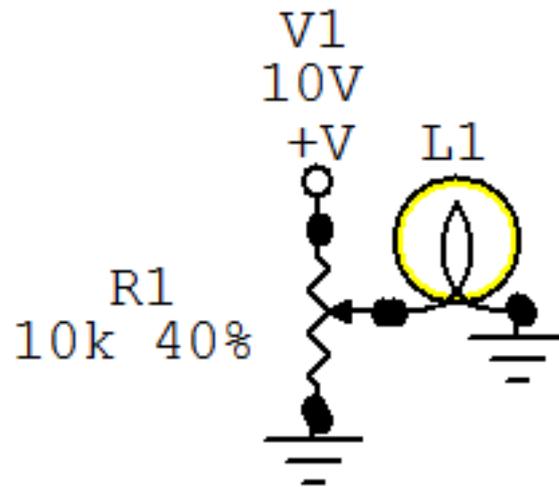
- 設計分解すると、

- 基準クロック生成と調光パルス生成に分けられます。

具体的な方法は、

システム設計

- ただ電球を光らせるだけならば直流電流を流し、可変抵抗をかませればよい(電圧制御)



- 常に点灯状態であるより、目に見えないような速さ (>30~60Hz) でONとOFFを切り替えるパルス(チカチカチカ…)の波の長さを変えて点灯すると、省電力で点灯することが可能になります。(パルス制御)

パルス調光の長所と短所

- 長所

- 安定して一定の明るさを取り出せる。
- 省電力。

- 短所

- 回路の複雑化
- 電球に対しては消耗が激しくなる?
 - 何度もON,OFFを繰り返すなら、耐久性を考えるならLEDか。

なぜ省電力できるか

- まず、明るさ=消費電力(消費した電力を光エネルギーに変えているため)
- 電圧制御ならば、 xV, yA なら、 xyW 分の明るさを持つ。
- パルス波のうち、一周期中にONになっている時間の比をDuty比と言い、 xV, yA なら、 $xy(Duty)W$ 分の明るさを持ち、原理的に電圧制御と変わらないことになる。
- しかし、人間の目の残像効果を利用して、明るさを少し上乗せできる。



Duty比30%のパルス波
あとで出てきます

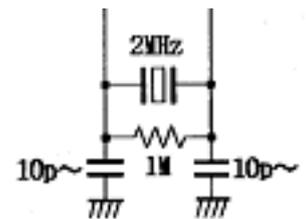
パルス波を作るには

パルス波を作る



サイン

- 正弦波を作るためには発振させます…
 - 発振の例: **ハウリング**、**ししおどし**…
 - **水晶発振**, **CR発振**, **LCR発振**, **マルチバイブレータ**
- この中で制御しやすく、安定した動作を示すのが、**水晶(クォーツ)発振**。アナログ時計にはほぼ全部入ってます。→時計が正確なのは水晶のおかげです
 - 原理は説明しませんが、水晶欠片の両端に電圧をかけると発振を始めます。
- 普通はこう組みます → → → → → → → → →
- でも問題が。2MHzなんて高周波数すぎる!
速すぎて電球も反応しきれない!
低い周波数なんて売ってない! →周波数を低くしよう



二進数(1/2)

- 十進数が数字を0から9まで使う。
 - 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,,,
- 二進数は0と1のみ使う。
 - 0,1,10,11,100,101,110,111,1000,1001,1010,1011,,,
- 機械制御では1=高電圧(ON),0=低電圧(OFF)として、取り扱う
- 十進数→二進数
 - 2で割って余りをつなげる。たとえば19なら、
 $19 \bmod 2 = 1$ $9 \bmod 2 = 1$ $4 \bmod 2 = 0$ $2 \bmod 2 = 0$
 $1 \bmod 2 = 1$
これを後ろから読んで、 $10011_{(2)} = 19_{(10)}$ となる
- 二進数→十進数
 - 最下桁を1の位、次の位を2の位、 $\dots 2^{n-1}$ の位として足し合わせる。
 - 10011なら、1、2、16の位が1なので、 $1+2+16=19$ 。

例えばTC74HC4060なら2Vより高いかどうかで1か0かを判定している

二進数(2/2)

- (今回のルール)桁数を固定し、高位桁を0とする。
桁数をオーバーしたらカットする。 00000 01100
- 五桁とすれば、右表のとおり。 00001 01101
- 1の位だけ注目してみよう。 00010 01110
00011 01111
– 010101010101... 00100 10000
- 2の位だけ注目してみよう。 00101 10001
00110 ...
- 4の位だけ... 00111 11101
01000 11110
01001 11111
01010 00000
01011 00001

これが「分周」

分周回路

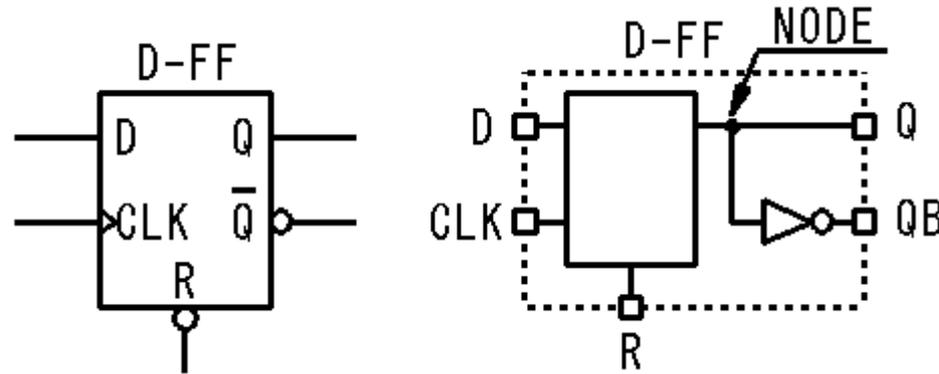
- 例えば、2MHzの水晶発振子を使うと、1秒間に2M回(=2²¹=2,097,152回)カウントアップされる。
- 2の位だけみると、2回に1回の割合でカウントアップされている(=1MHz=1024kHz)。
- 4の位だけみると、4回に1回の割合でカウントアップされている(=512kHz)。
- こうして周波数を減らすことを「分周」という。

00000
00001
00010
00011
00100
00101
00110

実際に分周する

D-フリップフロップ

- 分周に便利なのが、Dフリップフロップという仕組み。



- DとQBをつなぐ($D=QB$)と、CLKが1になった瞬間にD($=QB$)は元あった状態を変えます。
- 電源をつけたとき、 $D=QB=0$ です。
 - CLKが1になると $QB=1$,次にCLKが0になっても $QB=1$ のまま
 - 次にCLKが1になったら $QB=0$,次にCLKが0になっても $QB=0$ 。それが繰り返し
- 厳密には $CLK=\uparrow \Rightarrow D=Q \neq QB, CLK \neq \uparrow \Rightarrow DC$ 。

⇒実例

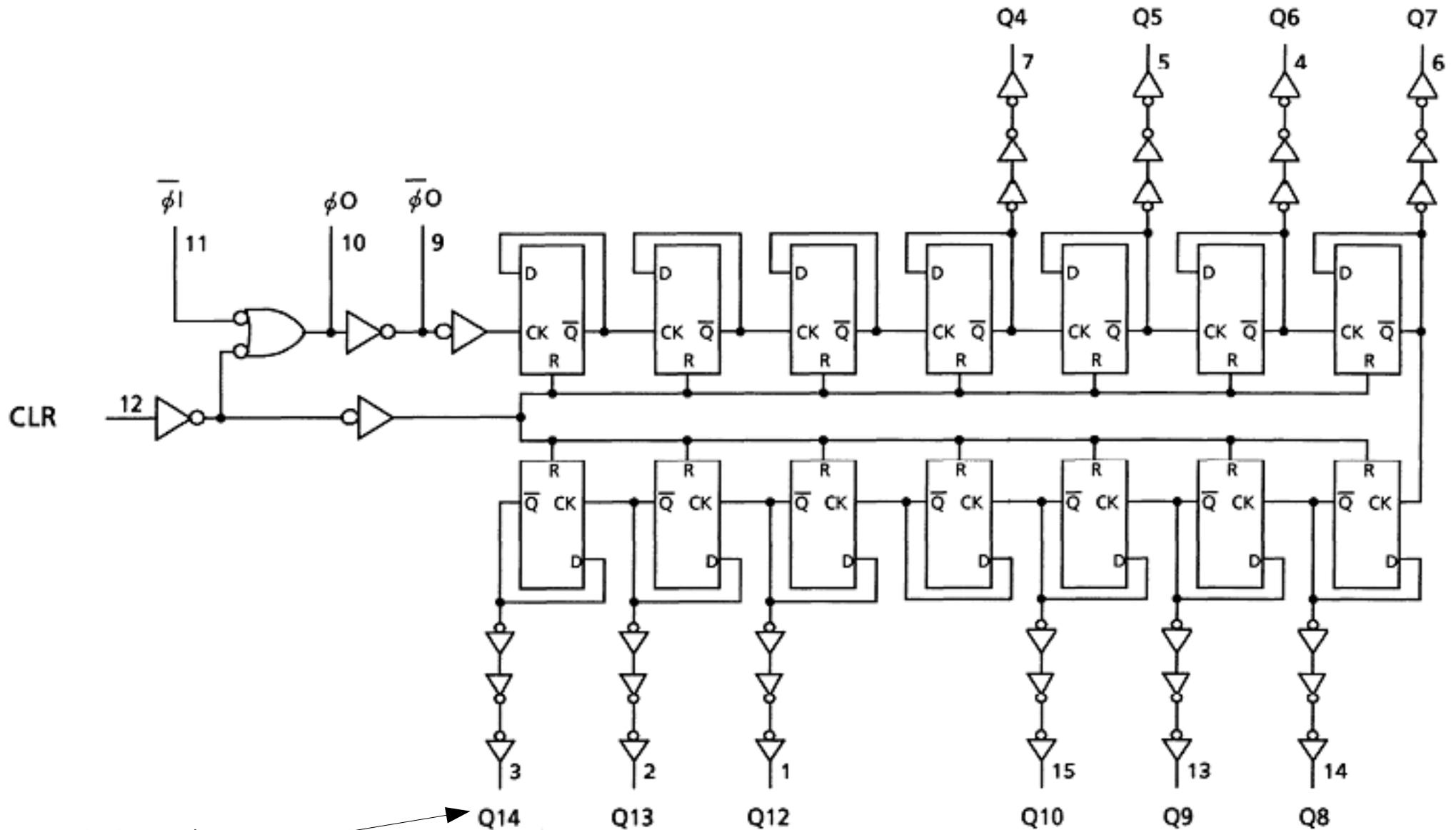
フリップフロップの分周実例

- (検証)DとQBをつなぐと、CLKが1になった瞬間にQBは元あった状態を変えます。
- この結果、QBは一回分の分周を行っていることになります。
- もうひとつ用意してこのQBを次のCLKに入れたらどうなる?
→さらに分周可能
- n個のフリップフロップを繋げれば $1/2^n$ に分周できるようになる。

↓
↓
↓
↓
↓
↓
↓
↓
↓
↓
↓

CLK	D	Q	QB
0	0	1	0
1	1	0	1
0	1	0	1
1	0	1	0
0	0	1	0
1	1	0	1
0	1	0	1
1	0	1	0
0	0	1	0
1	1	0	1

D-フリップフロップをたくさんつなぐ



たとえば、ここ。
Q14は14個のFFを使うので
 $1/2^{14}$ に分周します。

出典：TOSHIBA TC74HC4060

結果、

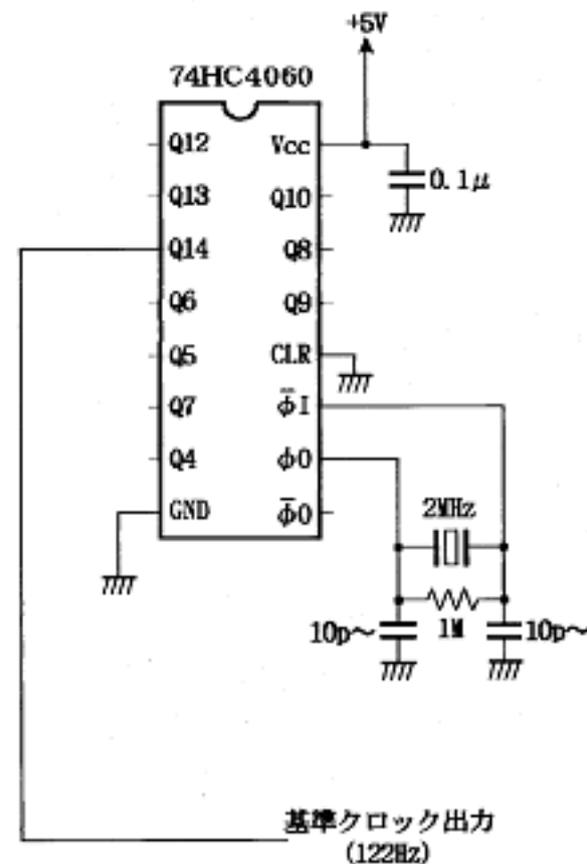
分周すると、

- TC74HC4060を使って2MHzを14回分周すると？
- $2^{21}/2^{14} = 2^7 = 128\text{Hz}$ くらいまで下げられる。これくらいなら使える。

愛知教育大学「CORE」の資料⇒

パルスはできました

基準クロック生成部



基準クロック出力
(122Hz)

調光用パルス生成

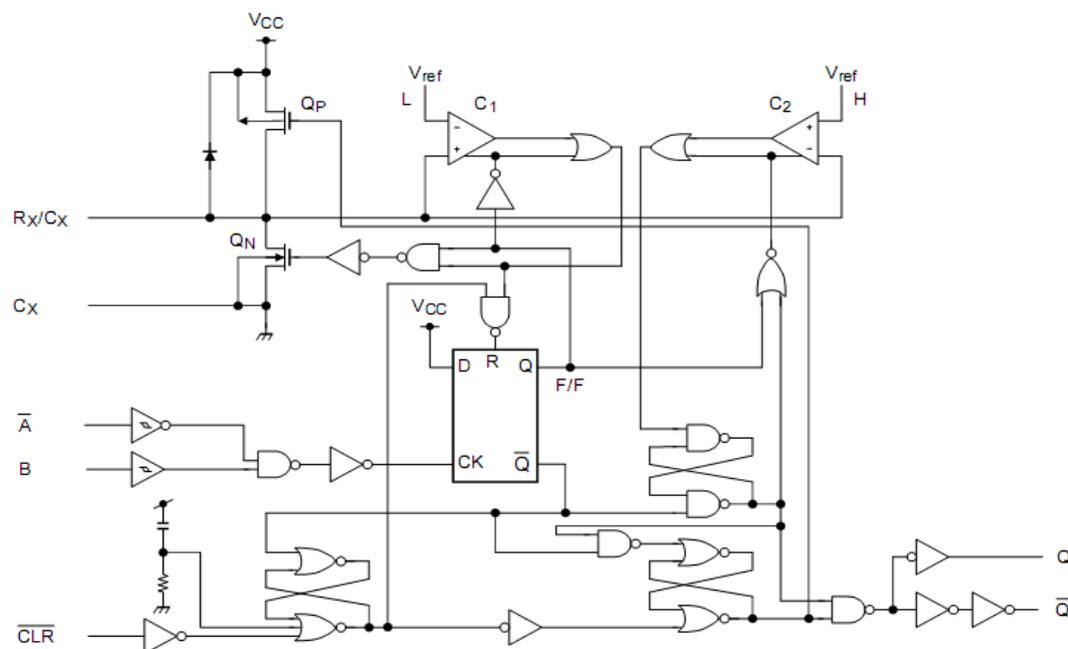
- とりあえず、128Hzのパルス波を作るのに成功しました。お疲れ様です。
- 次は、明るさを変えるために、Duty比を変換する方法について勉強します。
 - 私も触ったことがなくて未知の領域ですが…
 - 愛知教育大学の資料にはDuty比を上げれば暗くなるとあるのですが、逆の気もします。実験したい。

Duty比を変えるには

- 「**単安定マルチバイブレータ**」を使います。
- 愛知教育大学さんにならって**TC74HC423**を土台に作ってみます。
- 単安定マルチバイブレータの原理は私が資料を解読するだけでも1週間はかかりそうなので、動作だけやりましょう。

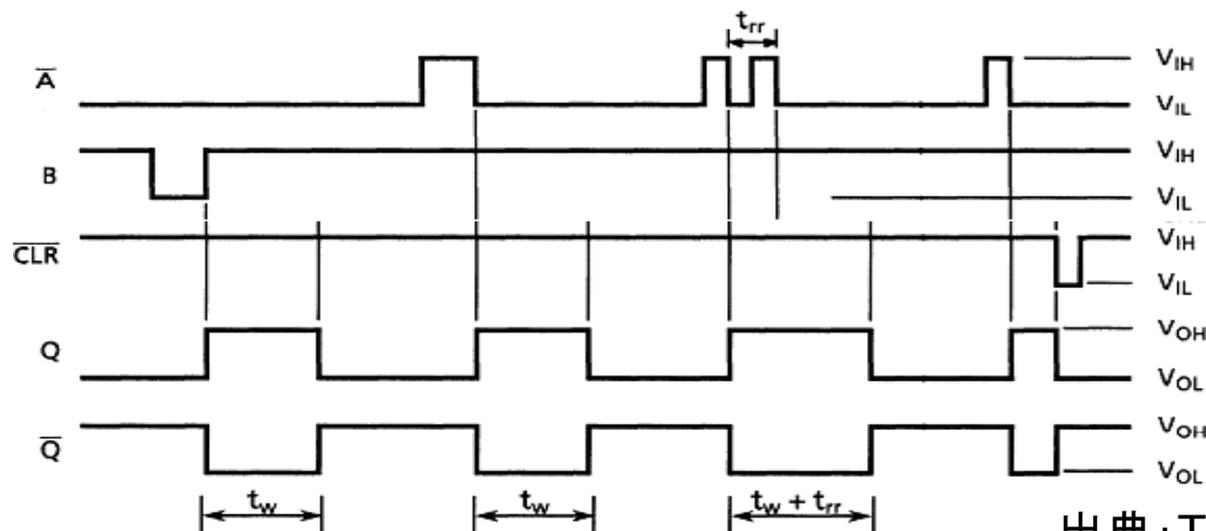
挑戦したい人はどうぞ。
このスパゲティを。→

単安定マルチバイブレータのステップ



単安定マルチバイブレータの動作

- タイミング図は以下のとおりです。
- $AB=0$ ($A=1$) になったら $Q=1$ になります。
- 回路定数により t_w が決定し、一度 $Q=1$ となったら t_w の間 $Q=1$ が継続します。
- $Q=1$ の間にもう一度 $AB=0$ となったら再度 $Q=1$ が t_w のあいだ $Q=1$ が継続します。



回路定数は

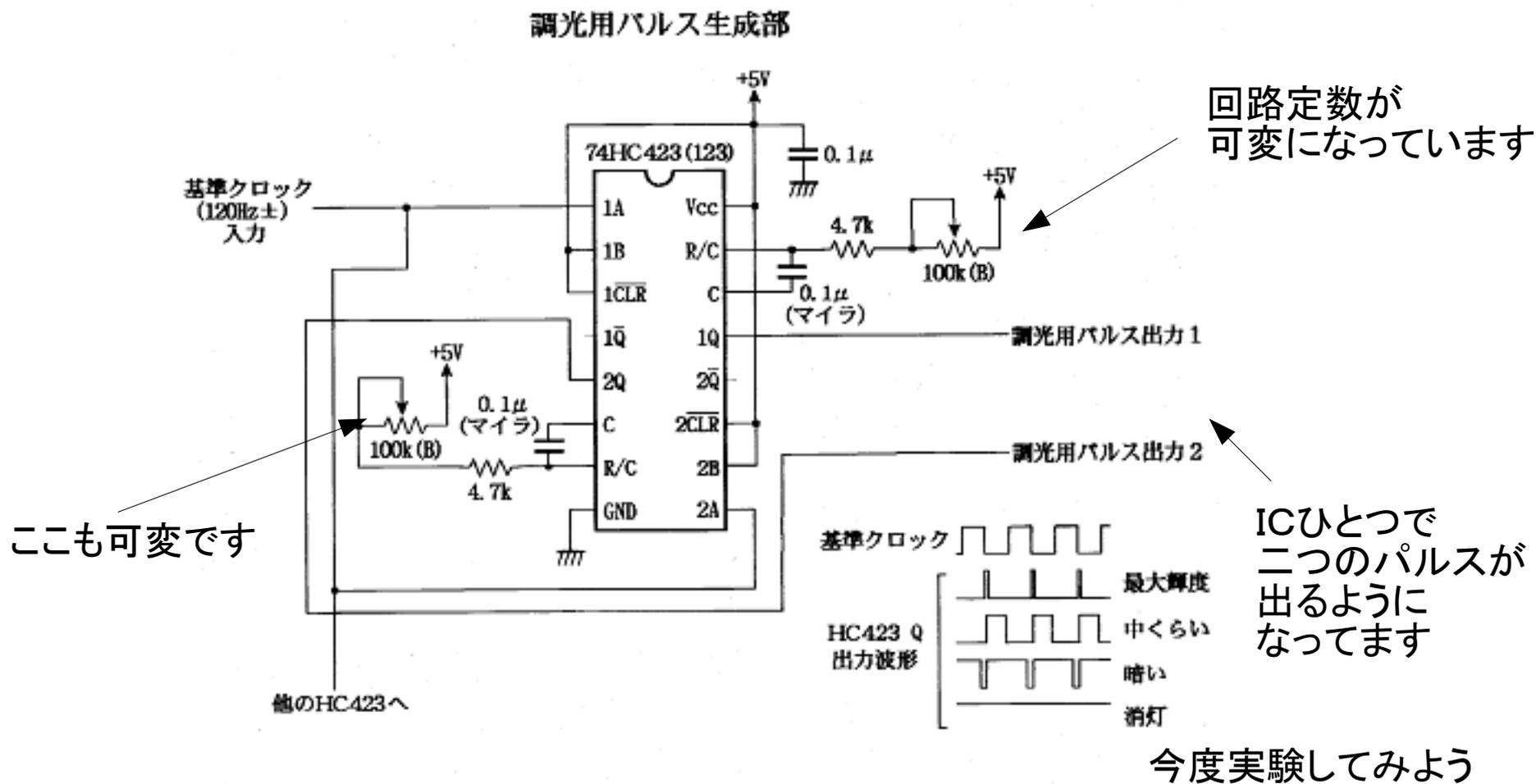
出典: TOSHIBA TC74HC460

回路定数とは

- 回路定数によって t_w が変化すると言いました。
- 回路定数はこのICを使って回路を組んだ中にある抵抗とコンデンサによって変わります。
- 今はDuty比を可変にしたいので、抵抗かコンデンサの値を可変にできればよいことになります。
- **可変コンデンサ**(Variable Capacitor)の変化量はたかが知れています。可変抵抗を使います。
 - 可変コンデンサって懐かしい響き...
物理でやった覚えが。

調光パルス

- 愛知教育大学さんの資料とほぼ同じで大丈夫だと思います。



やってみんとわからん...

- 先にも言ったとおり、これは実験しましょう
 - でないと私も動くのか、わかりません
 - 論理回路ってシミュレータできないんです、や、できるんだけど、操作がよくわからん。
- あと、これは純粹なパルス信号だけなんで、明かりを灯せる電圧までトランジスタで増幅する必要があります。
- 次は色付けについて。
- 実験は6月の頭くらいですかね...